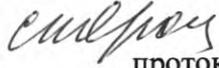


МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ
Національний медичний університет ім. О.О.Богомольця

ЗАТВЕРДЖЕНО
на методичній нараді
кафедри анестезіології та інтенсивної терапії
завідувач кафедри
 доцент Ярославська С.М.
протокол № 1 "26" серпня 2024 р.

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

для студентів

<i>Навчальна дисципліна</i>	<i>Анестезіологія та інтенсивна терапія</i>
<i>Модуль №</i>	<i>1</i>
<i>Змістовний модуль №</i>	<i>1</i>
<i>Тема заняття</i>	<i>Анестезіологія</i>
<i>Курс</i>	<i>5</i>
<i>Факультет</i>	<i>Медичні факультети №1, №2 ФПЛЗСУ Медико-психологічний факультети</i>
<i>Спеціальність</i>	<i>222 «Медицина» 228 «Педіатрія» 225 «Медична психологія»</i>

Київ – 2024

Методичні рекомендації складено на основі типової навчальної програми співробітниками кафедри анестезіології та інтенсивної терапії Національного медичного університету імені О.О. Богомольця: асист., к.мед.н. Стрепетова О.В., асист., к.мед.н. М.Ю. Мамоновою, доц., к.мед.н. С.М. Ярославською, асист. С.О. Середою, проф., д.мед.н. С.О. Дубровим, асист. М.В. Денисюком, асист. О.П. Гаврилюком.

Методичні рекомендації схвалено на засіданні кафедри анестезіології та інтенсивної терапії (протокол № 1 від 26 серпня 2024 р.)

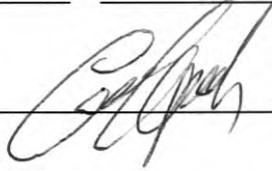
В.о. завідувача кафедри анестезіології
та інтенсивної терапії
канд. мед. наук, доцент



С.М. Ярославська

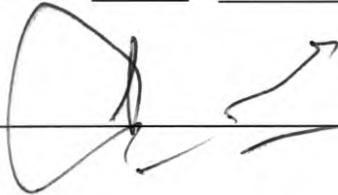
на засіданні Циклової методичної комісії з Педіатрії
(протокол № ____ від “ ____ ” _____ 2024 р.)

професор, д.мед.н. _____ Кривопустов С.П.



на засіданні Циклової методичної комісії з хірургічних дисциплін
(протокол № ____ від “ ____ ” _____ 2024 р.)

доцент, к.мед.н. _____ Стеценко О.П.



1. Вступ до анестезіології

• Історія розвитку анестезіології.

Анестезіологія (походить від грецьких слів **an** — заперечення, відсутність, **aistesis** — відчуття, та **logos** — наука) — це дисципліна, що досліджує методи усунення болю та чутливості. Це наука, яка фокусується на знеболюванні та захисті організму від надмірного впливу подразників під час хірургічних втручань. Такий захист необхідний до, під час і після операції, щоб запобігти негативному впливу операційної травми. Для цього застосовують місцеву або загальну анестезію.

Місцева анестезія забезпечує знеболення окремих ділянок тіла без втрати свідомості, тоді як загальна анестезія (наркоз) — це контрольоване порушення функцій центральної нервової системи, що призводить до втрати свідомості, пригнічення рефлексів і зниження чутливості. При глибокій анестезії також спостерігається м'язова релаксація та пригнічення життєво важливих функцій.

Основне завдання анестезіологічного забезпечення — це усунення больових відчуттів, зниження стресу та підтримка життєвих функцій організму під час хірургії. Для цього використовують різні фармакологічні засоби: загальні та місцеві анестетики, анальгетики, міорелаксанти. Останні особливо важливі для зниження м'язового напруження та забезпечення контролю над диханням за допомогою штучної вентиляції легень.

Таким чином, сучасна анестезіологія пропонує широкий арсенал методів та засобів для безпечного проведення операцій та забезпечення належного догляду у післяопераційний період, підтримуючи основні життєві функції організму.

Знеболювання має тривалу історію, яка бере свій початок ще з давніх часів, коли для полегшення болю використовували різні природні засоби, такі як вино, опій, мандрагора, дурман та інші рослини. Одним із перших джерел, де згадуються такі методи, є "Папірус Еберса" (3-2 тис. років до н.е.), що описує використання цих засобів у медичній практиці. Пізніше у Китаї, Греції та Римі почали використовувати місцеві анестетики. Наприклад, Гіппократ стверджував, що полегшення болю — це "божественна робота". У Київській Русі також застосовували різні засоби для знеболення, зокрема холод та стискання судин для короткочасних операцій. У XIX столітті завдяки відкриттю наркотичних властивостей ефіру та хлороформу почалася нова ера в анестезіології. Вперше ефір застосував лікар В. Лонг у 1842 році, а у 1846 році Г. Мортон здійснив перше публічне застосування ефіру для знеболювання під час видалення пухлини. У Росії ефірний наркоз запровадили вже у 1847 році М. І. Пирогов та інші видатні лікарі.

Місцева анестезія також активно розвивалася в XIX столітті, коли В.К. Анреп досліджував властивості кокаїну, а лікарі застосовували його в офтальмології, а також для провідникової та регіонарної анестезії. У 1905 році був синтезований новокаїн, що сприяв подальшому розвитку місцевої анестезії.

У XX столітті почали використовувати релаксанти для більш складних операцій, що призвело до впровадження інтубації трахеї та механічної вентиляції легенів (ШВЛ). Це стало основою сучасних методів загальної анестезії, зокрема ендотрахеального наркозу, який активно застосовують і сьогодні.

Таким чином, історія анестезіології пройшла довгий шлях від природних засобів до сучасних фармакологічних препаратів, які забезпечують ефективно та безпечно знеболення.

• Роль анестезіолога в сучасній медицині.

Анестезіологія є однією з ключових спеціальностей сучасної медицини, яка забезпечує безпеку та комфорт пацієнтів під час хірургічних втручань, діагностичних процедур та в критичних станах. Роль анестезіолога значно розширилася за останні десятиліття, виходячи за межі лише знеболювання, і включає комплексне управління життєво важливими функціями організму пацієнта.

На передопераційному етапі анестезіолог проводить детальну оцінку стану пацієнта, включаючи збір анамнезу, оцінку супутніх захворювань та алергічних реакцій. Це дозволяє індивідуально підібрати оптимальний метод анестезії та підготувати пацієнта до операційного стресу. Зокрема, анестезіолог пояснює пацієнту, як поводитися організм під час операції, та надає рекомендації щодо підготовки до втручання.

Під час операції анестезіолог не лише забезпечує знеболювання, але й постійно моніторує та керує життєво важливими функціями організму: диханням, серцево-судинною діяльністю, рівнем свідомості та іншими показниками. Сучасні технології дозволяють відстежувати глибину сну пацієнта та коригувати її за потреби, що гарантує безпеку та ефективність хірургічного втручання.

Після завершення операції анестезіолог контролює процес виходу пацієнта з анестезії, забезпечує адекватне знеболювання та спостерігає за відновленням життєво важливих функцій. Це включає моніторинг дихання, кровообігу, рівня свідомості та інших показників, що сприяє швидшій реабілітації та знижує ризик післяопераційних ускладнень.

У сучасній медицині анестезіологи беруть активну участь у проведенні складних діагностичних процедур, надають допомогу в інтенсивній терапії та реанімації, а також займаються лікуванням хронічного болю. Їхня експертиза є незамінною в мультидисциплінарних командах, особливо під

час складних оперативних втручань, таких як мініінвазивні кардіохірургічні операції.

Анестезіолог є невід'ємним членом медичної команди, відповідальним за безпеку та комфорт пацієнта на всіх етапах хірургічного втручання. Їхня роль виходить далеко за межі простого знеболювання, включаючи комплексне управління фізіологічними функціями та забезпечення оптимальних умов для успішного проведення операцій і швидкого відновлення пацієнтів.

• **Основи клінічної фармакології анестетиків. Фармакологічні засоби, що використовуються для проведення загальної та місцевої анестезії**

Анестетики є невід'ємною частиною сучасної медицини, забезпечуючи безболісне проведення хірургічних втручань та інших медичних процедур. Вони поділяються на засоби для загальної та місцевої анестезії, кожен з яких має свої особливості та механізми дії.

Загальна анестезія викликає тимчасову втрату свідомості та чутливості, дозволяючи проводити складні хірургічні операції без дискомфорту для пацієнта. Основні класи препаратів, що використовуються для загальної анестезії, включають:

Інгаляційні анестетики: Ці препарати вводяться через дихальні шляхи та швидко досягають центральної нервової системи. Прикладами є ізофлуран, севофлуран та десфлуран. Вони забезпечують швидке введення в анестезію та контроль її глибини.

Внутрішньовенні анестетики: Вводяться безпосередньо в кровотік, забезпечуючи швидкий початок дії. Пропофол є одним із найпоширеніших препаратів цієї групи, відомий своєю швидкою дією та коротким періодом напіввиведення, що дозволяє швидко відновлювати свідомість після припинення введення.

Місцева анестезія

Місцева анестезія блокує передачу нервових імпульсів у певній ділянці тіла, забезпечуючи знебоління без втрати свідомості. Місцеві анестетики за хімічною структурою поділяються на дві основні групи:

Ефіри: До цієї групи належать прокаїн (новокаїн) та тетракаїн. Вони мають короткий період дії та вищий ризик алергічних реакцій порівняно з амідами.

Аміди: Прикладами є лідокаїн, бупівакаїн та артикаїн. Вони характеризуються тривалішою дією та меншою ймовірністю викликати алергічні реакції. Лідокаїн є одним із найпоширеніших місцевих анестетиків завдяки своїй ефективності та безпеці.

Фармакокінетика анестетиків визначає їх абсорбцію, розподіл, метаболізм та виведення з організму. Наприклад, інгаляційні анестетики швидко абсорбуються через легені та виводяться тим самим шляхом, що дозволяє

легко контролювати їх концентрацію в організмі. Внутрішньовенні анестетики метаболізуються переважно в печінці та виводяться нирками. Фармакодинаміка описує вплив препаратів на організм. Анестетики діють на центральну та периферичну нервову систему, змінюючи передачу нервових імпульсів та знижуючи чутливість до болю. Наприклад, місцеві анестетики блокують натрієві канали в нервових волокнах, перешкоджаючи генерації та проведенню нервових імпульсів.

Вибір конкретного анестетика залежить від багатьох факторів, включаючи тип та тривалість процедури, стан здоров'я пацієнта, наявність алергій та інших супутніх захворювань. Наприклад, для коротких процедур може бути обраний лідокаїн, тоді як для триваліших втручань — бупівакаїн, який забезпечує довготривале знеболення.

Побічні ефекти та ускладнення

Хоча анестетики зазвичай є безпечними при правильному застосуванні, можливі побічні ефекти, такі як алергічні реакції, токсичність для центральної нервової системи або серцево-судинної системи. Тому важливо ретельно контролювати дозування та стежити за станом пацієнта під час та після введення анестетика.

Місцева анестезія є важливим компонентом сучасної медицини, забезпечуючи безболісність під час різних медичних процедур. Вона використовується для блокування передачі болю в окремих частинах тіла без втручання в загальну свідомість пацієнта. У 2024 році розвиток місцевих анестетиків в США та європейських країнах продовжується, зокрема через вдосконалення існуючих препаратів та застосування нових технік знеболення.

Основні види місцевих анестетиків

1. Лідокаїн — один із найбільш застосовуваних анестетиків, що має середню тривалість дії (від 30 до 60 хвилин). У 2024 році лідокаїн застосовують не тільки для локальної анестезії, але й в контексті мультимодальної аналгезії, де він комбінується з іншими методами знеболення для кращого ефекту.
2. Бупівакаїн — анестетик, що має тривалий ефект, до 4 годин. У 2024 році він широко використовується для епідуральної анестезії та при хірургічних операціях, де необхідно забезпечити тривале знеболення.
3. Ропівакаїн — ефективний аналог бупівакаїну з меншою токсичністю. Використовується для знеболення при більших хірургічних втручаннях та епідуральних анестезіях, що стало ще більш актуальним після публікацій про зниження рівня побічних ефектів.
4. Мепівакаїн — середній за тривалістю анестетик, який набуває популярності в стоматології та амбулаторних процедурах.

Новітні тенденції та інновації

У 2024 році відбувається активний розвиток нових методів анестезії та вдосконалення існуючих препаратів. Однією з важливих тенденцій є застосування мультимодальної аналгезії, яка включає комбіноване використання місцевих анестетиків з іншими анальгезуючими методами. Це дозволяє досягати кращого результату та знижувати дозування кожного з препаратів, що, в свою чергу, зменшує ризик побічних ефектів.

Нове у застосуванні місцевих анестетиків у хірургії та стоматології

У 2024 році було продовжено дослідження нових форм місцевих анестетиків для застосування в хірургії та стоматології. Одним із напрямків є вдосконалення методів доставки анестетиків, таких як використання спеціальних наночастинок, що дозволяють точніше та ефективніше доставляти препарат до зони дії.

Також, на тлі активного розвитку технологій, більшу увагу приділяють зниженню токсичності місцевих анестетиків. Наприклад, дослідження показали, що нові аналоги традиційних препаратів, як ропівакаїн, забезпечують ефективне знеболення з мінімальним ризиком побічних ефектів, що є важливим для тривалих процедур, таких як епідуральна анестезія.

Хоча розвиток місцевих анестетиків активно продовжується, дослідження все ще спрямовані на покращення їх безпеки та зниження ризиків токсичності. Зокрема, вдосконалення методів доставки препаратів, зменшення їх побічних ефектів та забезпечення більш точного дозування є важливими напрямками на найближчі роки.

У 2024 році місцеві анестетики продовжують відігравати важливу роль у медичній практиці, зокрема завдяки удосконаленню технологій доставки та розвитку мультимодальної аналгезії. Розвиток нових препаратів та методів анестезії дозволяє знижувати ризики побічних ефектів, покращувати ефективність знеболення та забезпечувати пацієнтам більш комфортні умови під час процедур.

Механізм дії

Місцеві анестетики блокують потенціалкеровані натрієві канали, що запобігає надходженню натрію в клітину і блокує передачу імпульсів. Місцеві анестетики також є антиаритмічними препаратами класу I через блокаду натрієвих каналів серця, прототипом класу IV є лідокаїн. Вони вибірково блокують канали, які часто деполаризуються (як це відбувається при тахіаритміях) і, отже, сповільнюють передачу імпульсу.

Два підкласи місцевих анестетиків класифікуються відповідно до місця, де відбувається метаболізм. Аміноаміди, такі як бупівакаїн, ропівакаїн і лідокаїн, гідролізуються в печінці, тоді як холінестерази плазми метаболізують аміноєфіри, такі як прокаїн, хлоропрокаїн і тетракаїн.

Аміноаміди стабільні в розчині, тоді як аміноєфіри нестабільні. Алергічні реакції або реакції гіперчутливості частіше виникають при застосуванні аміноєфірів, ніж аміноамідів.

Місцеві анестетики діють в неіонній формі. За наявності низького рН іонізована форма є домінуючою; це може затримати початок дії; це також пояснює, чому місцеві анестетики не ефективні в місцях запалення, де поширене кисле середовище. Тому багато лікарів додають бікарбонат натрію, щоб подолати кислотність тканин і підвищити ефективність місцевого анестетика.

До розчину місцевого анестетика часто додають адреналін, що дозволяє лікарю використовувати меншу дозу анестетика і підвищити безпеку. Крім того, адреналін діє як судинозвужувальний засіб і затримує всмоктування анестетика в периферичну артерію, таким чином збільшуючи тривалість дії. Додавання адреналіну також може покращити гемостаз, індукуючи звуження судин в області хірургічного втручання.

Однак доза адреналіну, що застосовується, не повинна перевищувати концентрацію 1 до 100 000. У деяких пацієнтів препарат може викликати аритмію, особливо у пацієнтів, які отримують галотан. Епінефрин також може погіршити життєздатність клаптя, тому хірург повинен враховувати це, визначаючи, чи потрібно його використовувати і в якій дозі. Нарешті, пацієнт не повинен впорскувати адреналін в ніс, вухо або пеніс.

Місцеві анестетики можна застосовувати місцево і підшкірно, щоб знеболити місцеві тканини. Місцеве застосування деяких засобів (наприклад, в'язкого лідокаїну) може включати пероральний прийом з розсмоктуванням і спльовуванням, а також полоскання горла і ковтання для анестезії глотки. Пероральне застосування може також включати такі засоби, як бензокаїн, що наноситься на ясна або афтозний стоматит. Ці місцеві анестетики можна також вводити навколо периферичних нервів і в невраксичний простір для знеболювання великих нервів або дерматологічних утворень. Лідокаїн також вводять внутрішньовенно для забезпечення хірургічної анестезії кінцівки, наприклад, блокади Біра, або як серцевий антиаритмічний засіб.

Місцеві анестетики мають значний ризик системної токсичності при внутрішньосудинному або пероральному введенні в надмірних дозах. Симптоми зазвичай проявляються спочатку в центральній нервовій системі (металевий присмак, слухові зміни, оніміння, нечіткість зору, збудження, судоми), потім з'являються серцево-судинні ефекти (гіпотензія, артеріальна гіпотензія, гіпотензія, гіпотензія).

2. Анатомія та фізіологія для анестезіолога

Анатомія та фізіологія мають ключове значення для анестезіолога, оскільки вони допомагають забезпечити безпечне введення анестетиків і контроль за життєво важливими функціями організму під час операцій.

Анатомія в анестезіології є важливою складовою для забезпечення безпеки пацієнтів під час проведення анестезії. Ретельне розуміння анатомічних особливостей дозволяє анестезіологам ефективно здійснювати інтубацію, контролювати дихальні шляхи та адаптувати стратегію анестезії до фізіологічних змін організму.

Особливу увагу анестезіологи приділяють анатомії дихальної системи. Верхні і нижні дихальні шляхи, зокрема носоглотка, гортань та трахея, є критичними для забезпечення вільного доступу до дихальних шляхів під час анестезії. Варіабельність анатомії дихальних шляхів у різних пацієнтів робить особливо важливим врахування індивідуальних анатомічних особливостей під час виконання інтубації. Крім того, важливо враховувати, як м'язи язика і гортані можуть закривати дихальні шляхи, особливо в стані анестезії, коли знижений тонус м'язів.

Серцево-судинна система також є важливим аспектом для анестезіолога. Розуміння анатомії серця та великих судин допомагає контролювати гемодинаміку під час анестезії, що особливо важливо при зміні центральної гемодинаміки, спричиненій анестезією чи хірургічними втручаннями. Моніторинг венозної і артеріальної інфузії необхідний для підтримки оптимального кровообігу та адаптації організму до змін, що виникають у результаті анестезії.

Анатомічні знання також критичні для ефективної роботи з центральною нервовою системою. Анестезіологи повинні добре розуміти анатомічні особливості головного і спинного мозку, що необхідно для проведення регіонарної анестезії, такої як епідуральна чи спінальна анестезія. Важливим є також знання механізмів передачі болю через спинний мозок, що дозволяє ефективно блокувати ці шляхи для досягнення знеболювання. Крім того, анестезіолог повинен враховувати анатомію органів і тканин, які впливають на метаболізм анестетиків, таких як печінка та нирки. Ці органи беруть участь у метаболізмі та виведенні анестезіологічних препаратів, що вимагає точного розрахунку дозувань, особливо в пацієнтів з порушеннями їх функцій. М'язи і жирові тканини також важливі для розподілу анестетиків, оскільки рівень жирової тканини може змінювати фармакокінетику препаратів.

Особливо варто звернути увагу на анатомічні зміни в організмі дітей та літніх пацієнтів. У дітей анатомія дихальних шляхів має суттєві відмінності, що потребує більш уважного підходу під час інтубації, оскільки діти мають більш м'які дихальні шляхи і менший діаметр трахеї. У літніх пацієнтів спостерігаються зміни, такі як атрофія м'язів і зниження еластичності тканин, що ускладнює проведення анестезії та вимагає особливого підходу.

Розуміння анатомії на рівні всього організму має важливе значення для анестезіолога. Знання фізіологічних змін, які відбуваються під час анестезії, таких як зміни в кисневому обміні, циркуляції та терморегуляції, дає змогу коригувати анестезіологічну стратегію, враховуючи фізіологічний стан пацієнта. Це дозволяє забезпечити безпеку пацієнтів та мінімізувати ризики ускладнень під час анестезії.

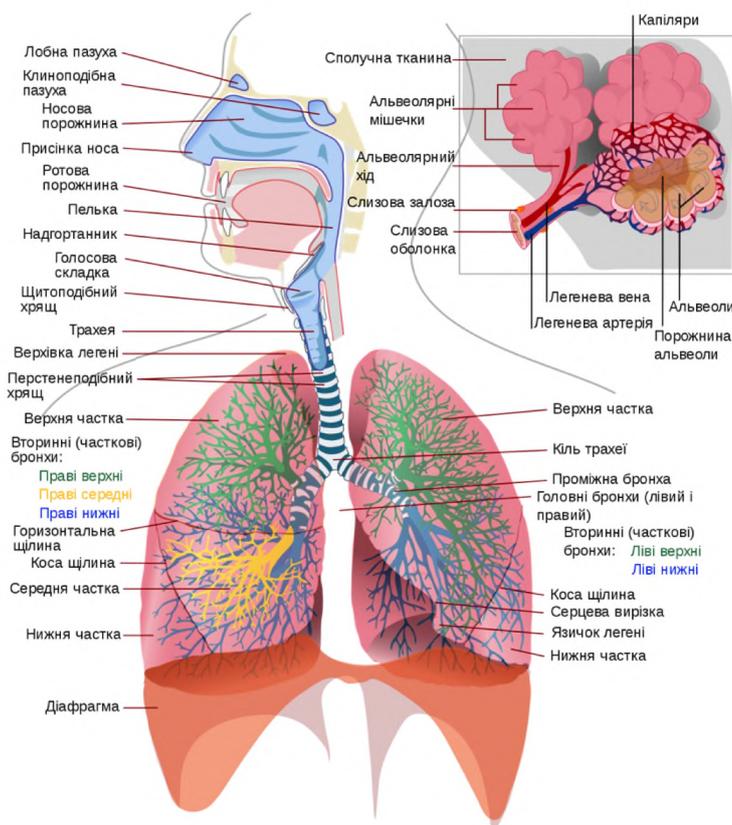
Анатомія для анестезіолога:

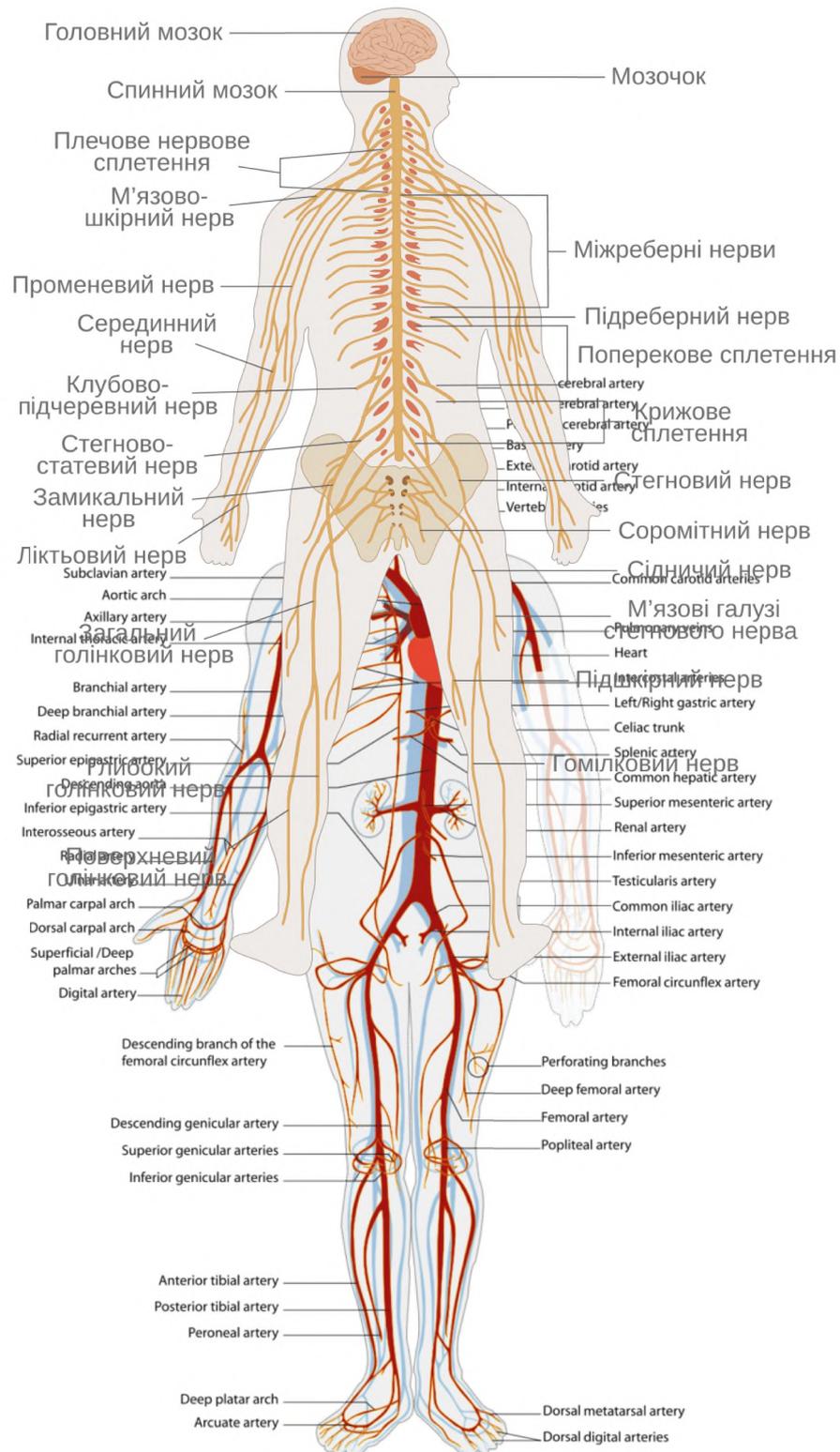
- **Дихальні шляхи:**

Анестезіологи повинні знати будову дихальних шляхів (ніс, ротова порожнина, трахея, бронхи) для безпечної інтубації та забезпечення вентиляції легень. Важливо знати анатомічні особливості, які можуть ускладнити процедуру, наприклад, аномалії гортані або набряк тканин.

- **Серцево-судинна система:**

- Знання про будову та функціонування серця, артерій, вен дозволяє контролювати артеріальний тиск і забезпечувати адекватну перфузію органів під час операцій. Важливо також розуміти роботу вен, щоб правильно вводити препарати через периферичні чи центральні катетери.





- Центральна та периферична нервова система:** Анестезіологу важливо знати, як працює центральна нервова система (головний і спинний мозок) для розуміння дії загальних анестетиків, а також периферична система для проведення місцевої анестезії.

Фізіологія для анестезіолога:

- **Дихання:** Розуміння фізіології дихання, таких процесів як вентиляція та перфузія, допомагає контролювати рівні кисню та вуглекислого газу в організмі під час операцій. Анестетики можуть пригнічувати дихальну функцію, тому важливо забезпечити підтримку вентиляції.
- **Серцево-судинна діяльність:** Знання про регуляцію серцевого ритму, об'єм серцевого викиду та судинний опір дозволяє анестезіологу контролювати гемодинаміку пацієнта під час операцій, особливо в умовах критичних станів.
- **Нервова система:** Анестетики впливають на центральну та периферичну нервову систему. Розуміння механізмів передачі нервових імпульсів та дії на іонні канали допомагає вибрати оптимальну анестезію і зменшити побічні ефекти.

Таким чином, ґрунтовні знання анатомії та фізіології є основою для ефективної та безпечної роботи анестезіолога під час оперативних втручань.

- **Основи фізіології дихальної, серцево-судинної системи, нирок і печінки.**

Огляд дихального процесу

Циклопедичний медичний словник Табера визначає дихання як «обмін газами між організмом і середовищем, в якому він живе».² У людському організмі ми можемо класифікувати дихання на зовнішнє і внутрішнє.³ Зовнішній процес дихання передбачає перенесення кисню (O_2) і вуглекислого газу (CO_2), що відбувається в легенях між атмосферою і легенеvim кровообігом. Внутрішній процес дихання - це аналогічний процес, який відбувається на клітинному рівні. Хоча обидва аспекти дихання є важливими для життя, ця стаття присвячена зовнішньому диханню та його трьом основним компонентам: вентиляції, перфузії та дифузії. Глибоке розуміння кожного з цих компонентів та їхніх потенційних порушень може допомогти лікарям ЕМД у наданні допомоги пацієнтам, які скаржаться на утруднене дихання.

Дихальна система (фізіологія)

Основною функцією дихальної системи є газообмін.⁴ Цей газообмін складається з отримання O_2 з атмосфери і видалення CO_2 з крові. Важливо враховувати, що O_2 необхідний для нормального метаболізму, а CO_2 є відпрацьованим продуктом цього метаболізму. CO_2 вдихається лише в незначній кількості, тому CO_2 , який ми видихаємо, утворюється в організмі.

Хоча CO_2 відіграє певну роль у кислотно-лужному балансі, він повинен виводитися з організму у відповідних кількостях за допомогою вентиляції.

Нейронний контроль дихання

Хоча газообмін відбувається в легенях, дихальна система контролюється центральною нервовою системою (ЦНС).⁴ Хоча ми маємо певний добровільний контроль над диханням, воно регулюється автоматично і функціонує незалежно від того, думаємо ми про це чи ні. Однак дихання може бути пригнічене на неврологічному рівні через передозування наркотиків або заспокійливих засобів, а також через травму стовбура мозку.⁴

Відділи ЦНС, які контролюють дихання, розташовані в стовбурі головного мозку, а саме в довгастому та проміжному мозку. Ці компоненти відповідають за нервові імпульси, які передаються через стегновий та інші рухові нерви до діафрагми та міжреберних м'язів, контролюючи наш основний дихальний ритм. У стовбурі мозку також розташовані центральні хеморецептори. Ці спеціалізовані клітини сигналізують організму регулювати вентиляцію, опосередковано спираючись на рівень артеріального CO_2 (PaCO_2). Це відповідає за наш основний дихальний імпульс. Периферичні хеморецептори, які розташовані за межами стовбура мозку в сонних і аортальних артеріях, слугують резервним дихальним механізмом організму, реагуючи на низький рівень O_2 . Цей вторинний механізм часто називають у пацієнтів з ХОЗЛ «гіпоксичним приводом», оскільки він бере на себе основну дихальну стимуляцію після того, як центральні хеморецептори стають нечутливими до хронічно підвищеного PaCO_2 .

Вентиляція

Найбільш легко спостережуваним компонентом дихання є акт дихання, «під час якого легені забезпечуються повітрям через вдих, а CO_2 видаляється через видих».² Цей процес переміщення повітря в легені і з них відомий як вентиляція.¹ Хоча це може здатися спрощеним процесом, здатність повітря надходити в альвеоли і виходити з них залежить від ряду факторів, включаючи цілісність і еластичність легеневої тканини, а також опір повітряному потоку в дихальних шляхах.³

Приблизно 10-12 разів на хвилину у дорослої людини діафрагма і м'язи грудної клітки отримують імпульси від мозку, що сигналізують їм про скорочення.

Це скорочення переміщує діафрагму вниз, а грудну клітку вгору і назовні, що збільшує об'єм грудної порожнини і створює негативний тиск у легенях. Це призводить до того, що повітря з середовища з вищим тиском поза тілом надходить у середовище з нижчим тиском у легенях. Це активна фаза

вентиляції, відома як вдих.⁴ Повітря продовжує надходити через дихальні шляхи в легені, поки відбувається вирівнювання тиску.⁵ Після повного розширення легень рецептори розтягування подають сигнал стовбуру мозку, і вдих припиняється. Потім починається пасивна фаза вентиляції, відома як видих. Діафрагма і грудні м'язи розслабляються, а легені скорочуються, що зменшує об'єм і збільшує тиск у грудній порожнині. Повітря, що знаходиться в легенях, виходить назад в атмосферу з нижчим тиском поза тілом.⁴ Оскільки видих - це пасивний процес, він зазвичай займає вдвічі більше часу, ніж активний процес вдиху.³

Завдяки цьому процесу вдиху і видиху середньостатистична людина щохвилини пропускає через легені від 5 до 10 літрів повітря.³ Кількість повітря, що потрапляє в легені під час кожного вдиху (приблизно 500 мл у дорослої людини), називається дихальним об'ємом (ДО), тоді як загальний об'єм протягом хвилини (частота дихання \times ДО) називається хвилиним об'ємом (ХО). Через відсутність газообміну, який відбувається в провідних дихальних шляхах (від рота до кінцевих бронхіол), частина кожного вдиху є неефективною для газообміну. Цей анатомічний мертвий простір (V_D) становить приблизно 150 мл у середньостатистичної дорослої людини і повинен бути віднятий від V_E , щоб визначити об'єм повітря, який досягає альвеол (V_A) і може бути використаний для газообміну. У таблиці 1 показано, як V_E впливають зміни частоти дихання та V_E . Хоча постачальник послуг ЕМД не вимірює ці об'єми, важливо розуміти концепцію, що лежить в їх основі.

Як зазначалося раніше, CO_2 утворюється в організмі, і роль вентиляції полягає в тому, щоб позбавити організм від цього продукту життєдіяльності. Саме з цієї причини вентиляцію найкраще оцінювати за допомогою показника CO_2 (P_aCO_2 або $P_{ET}CO_2$).¹ Якщо дихання зупиняється (апноє) або якщо V_E знижується (гіповентиляція), CO_2 накопичується в крові і швидко досягає токсичного рівня (гіперкапноє), що призводить до ацидозу. І навпаки, якщо V_E збільшується (гіпервентиляція), надмірне виведення CO_2 (гіпокапнія) призведе до алкалозу. Саме таким чином наша дихальна система впливає на рН організму, а також може слугувати компенсаторним механізмом, що компенсує метаболічні порушення.

Перфузія

Другим компонентом дихання є перфузія. Цей процес включає циркуляцію крові через капіляри, що сприяє обміну поживними речовинами.⁶ Зовнішнє дихання вимагає адекватної доставки крові до капілярного русла легень через легеневий кровообіг. За відсутності цього кровопостачання не буде механізму транспортування O_2 .³

Дифузія

Дифузія є ще одним важливим методом транспорту в організмі і є третім компонентом дихання. Дифузія передбачає переміщення речовини в розчині (рідині або повітрі) з областей з вищою концентрацією в області з нижчою концентрацією.⁷ У випадку дихання дифузія передбачає розподіл O_2 з атмосфери через стінки легеневих капілярів у кров'яне русло. У той же час, CO_2 дифундує з кровотоку в альвеоли. Цей процес дифузії залежить від характеристик кожного окремого газу, швидкості перфузії та цілісності альвеолярно-капілярної мембрани.¹

Більшість надавачів ЕМД знайомі з тим, що наша атмосфера містить приблизно 21% O_2 . На рівні моря за нормальних умов барометричний (тобто атмосферний) тиск становить 760 мм рт. ст. Відповідно до закону Дальтона, цей тиск складається з парціальних тисків окремих газів, що входять до складу нашої атмосфери: в першу чергу азоту (N_2) і O_2 .³ У цій ситуації парціальний тиск O_2 становить 159 мм рт. ст. (21% від 760 мм рт. ст.). На той час, коли O_2 дифундує в кровообіг людини, його парціальний тиск (P_{aO_2}) знижується до 80-100 мм рт.ст.¹ Хоча відсотковий вміст O_2 в нашій атмосфері залишається постійним, ми можемо посилити процес дифузії за допомогою комбінації додаткової подачі O_2 і зміни тиску в дихальних шляхах (наприклад, CPAP) або зміни комбінації барометричного тиску і концентрації O_2 (наприклад, у гіпербаричній камері).

Порушення ефективного дихання (патофізіологія)

У здорової людини дихальний цикл є безшумним, автоматичним і легким.⁴ Багато захворювань впливають на дихальну систему і перешкоджають її здатності засвоювати O_2 і поживні речовини, необхідні для нормального клітинного метаболізму. Інші обмежують здатність організму позбавлятися від продуктів життєдіяльності, таких як CO_2 .⁶ Будь-яке захворювання, що погіршує роботу дихальної системи, в кінцевому підсумку призводить до порушення вентиляції, дифузії та перфузії або будь-якої комбінації цих процесів.⁶ Наше розуміння нормальних відхилень цих процесів допоможе нам розпізнати ці захворювання і спрямувати нас до відповідних коригувальних дій.

Порушення вентиляції легень

Порушення вентиляції є найпоширенішим респіраторним ускладненням, з яким ми стикаємося в польових умовах. На щастя, його найлегше усунути за допомогою маневрів BLS.⁶ Захворювання, які впливають на вентиляцію, призводять до обмеження або обструкції дихальних шляхів, що нормально проводять повітря, а також до пошкодження грудної стінки. Інші порушення вентиляції спричинені ураженням грудної стінки, аномаліями,

пов'язаними з контролем нервової системи над вентиляцією, та метаболічними порушеннями, які потребують дихальної компенсації.⁶

В ідеальному світі вентиляція та капілярний кровотік до кожної ділянки легень, відомий як вентиляційно-перфузійне співвідношення (V/Q), були б рівними.³ Зміни у співвідношенні V/Q створюють стан, відомий як невідповідність V/Q . У ситуаціях, коли частина легень не вентилюється (наприклад, ателектаз), потік крові через легеневий капілярний кровообіг не в змозі отримувати O_2 і виводити CO_2 , що призводить до зниження співвідношення V/Q (тобто легеневий капілярний кровотік перевищує вентиляцію). Ця форма невідповідності V/Q називається легневим шунтом.³

Захворювання, які вражають верхні дихальні шляхи, обмежують вентиляцію до структур нижніх дихальних шляхів. Прикладами обструкції верхніх дихальних шляхів є: сторонні тіла, травми верхніх дихальних шляхів, інфекції (наприклад, епіглотит) та утворення абсцесів у глотці.⁶ Ці ускладнення класифікуються як рестриктивні розлади.

Нижні дихальні шляхи також можуть бути непрохідними внаслідок травми, але частіше уражаються через запалення, аспірацію, надмірне накопичення слизу або скорочення гладких м'язів (бронхоконстрикція). Нижні дихальні шляхи також можуть бути уражені набряком внаслідок інфекції або опіків.⁶ Стани нижніх дихальних шляхів (наприклад, бронхоспазм) часто перешкоджають кліренсу CO_2 і називаються обструктивними розладами.

Пошкодження грудної стінки може бути наслідком хронічних (наприклад, кіфоз, сколіоз, ожиріння) або гострих (наприклад, травма, інфекція) причин. Травми грудної стінки, такі як пневмоторакс і гемоторакс, можуть порушити нормальну механіку вентиляції, спричиняючи втрату негативного тиску в плевральному просторі.^{5,6} Травми грудної стінки також можуть перешкоджати повному розширенню плевральних порожнин, як, наприклад, при діафрагмальній грижі та грудній клітці.⁶

Нервово-м'язові захворювання, такі як травма спинного мозку, правець, бічний аміотрофічний склероз (БАС), розсіяний склероз (РС) та міастенія, також можуть пригнічувати вентиляцію.⁶ Ці стани можуть пригнічувати функцію діафрагми та грудної стінки і часто знижують здатність пацієнта до відходження секретів. Захворювання, що вражають інтерстицій легень, можуть знижувати комплаєнс (тобто еластичність) і, таким чином, перешкоджати вдиху. Більшість з цих станів є постійними і прогресуючими, проте деякі (наприклад, міастенія) можуть мати епізодичний характер.

Порушення дифузії

Порушення дифузії газів у легенях може виникнути внаслідок захворювання або зміни градієнта тиску. Найпоширенішою причиною порушення дифузії є потовщення альвеолярно-капілярної мембрани, що

спостерігається при набряку легенів.⁶ Це часто спостерігається у пацієнтів з лівосторонньою серцевою недостатністю і пов'язано з підвищеним венозним тиском, який може бути наслідком поганого функціонування лівого шлуночка. Аналогічно, зміни проникності альвеолярно-капілярної мембрани, як і при вивільненні гістаміну, можуть призвести до накопичення рідини в інтерстиціальних просторах легень, що призводить до запалення плевральної тканини або, що ще важче, до респіраторного дистрес-синдрому дорослих (РДСД).⁶ Ці стани, ймовірно, потребуватимуть певної форми вентиляції з позитивним тиском.

Порушення перфузії

Гемоглобін - це компонент крові, який транспортує O_2 . Він також відіграє важливу роль у виведенні CO_2 . Будь-які зміни в адекватному кровотоці через легеневий кровообіг обмежують нормальний газообмін.⁶ Такі зміни призводять до збільшення співвідношення V/Q (тобто вентиляція більша, ніж легеневий капілярний кровотік). Ця форма невідповідності V/Q називається вентиляцією мертвого простору.⁸

Захворювання, які обмежують об'єм циркулюючої крові або пригнічують потік крові через легеневий кровообіг, включають шок, кровотечу та зневоднення.⁶ У пацієнтів, які зазнають тромбоемболії легеневої артерії, блокування відділу легеневої артерії перешкоджає перфузії сегментів легень, розташованих дистальніше від обструкції. Як наслідок, вентиляція уражених сегментів легень втрачається, і деоксигенована кров повертається до серця через легеневий кровообіг.

Оцінка стану

Як і у випадку з будь-яким пацієнтом, спочатку слід виявити та усунути безпосередню загрозу життю. Потім слід зібрати анамнез і провести фізикальне обстеження. У процесі збору анамнезу у пацієнта з респіраторними захворюваннями слід використовувати стандартні пневмонічні опитувальники OPQRST та SAMPLE.⁹ Зверніть особливу увагу на деталі попередньої історії хвороби пацієнта, поточні ліки та початок поточного стану, оскільки вони часто дають життєво важливу інформацію, яка допоможе визначити поточне джерело дихальних розладів пацієнта.

Фізичне обстеження

При першій нагоді поговоріть з пацієнтом, оскільки це дасть вам інформацію про психічний стан пацієнта та його здатність до вентиляції легень. Як тільки ви зможете візуалізувати пацієнта, зверніть увагу на його положення та роботу дихання. Зверніть увагу не тільки на наявність використання допоміжних м'язів, але й на те, які саме допоміжні м'язи використовує пацієнт. Під час дистресу додаткові м'язи залучаються для допомоги у вдиху або видиху.³ Визначення того, які з цих м'язів

використовує пацієнт, може допомогти диференціювати рестриктивні та обструктивні стани. Додаткові ознаки, які можна виявити під час огляду (наприклад, бочкоподібна грудна клітка та «булавовидні» пальці), можуть розповісти вам про анамнез пацієнта, але не слід вважати, що анамнез є причиною поточного дистресу пацієнта. Причиною може бути гострий початок іншого захворювання.

Перед аускультатією дихальних шумів покладіть руки на грудну клітку пацієнта і відчуйте рівномірне розширення грудної клітки. Одночасно зверніть увагу на колір, температуру та стан шкіри пацієнта над серцевиною. Це може відрізнитися від периферійних даних, з якими ви зіткнулися при первинній перевірці променевого пульсу пацієнта. Нерівномірне розширення грудної клітки пацієнта може свідчити про недостатню вентиляцію на ураженому боці, що може бути причиною встановлення легеневого шунта. Помітна відсутність двостороннього розширення свідчить про рестриктивний розлад або пошкодження грудної стінки, і в цьому випадку може знадобитися допомога пацієнту за допомогою вентиляції з позитивним тиском. Гіперінфляція грудної клітки з одного боку, з парадоксальним підняттям і опусканням, повинна викликати підозру на пневмоторакс. Оцініть гемодинамічний статус пацієнта і дійте відповідно до локального протоколу. Двостороння гіперінфляція вказує на потенційний обструктивний розлад із затримкою повітря та можливу потребу в застосуванні бронхолітика.

Хоча деякі джерела пропонують використовувати пальпацію як наступний етап обстеження, може бути важко оцінити делікатну акустику в долікарняних умовах.⁹ Те ж саме можна сказати і про аускультатію. Хоча аускультатія - це не той етап, який варто пропускати, не варто втягуватися в боротьбу хрипів проти ронків. Обидва ці звуки описують рідину різної в'язкості в дихальних шляхах, а оскільки ви, ймовірно, піддавалися впливу гучних звуків, що передували виклику (наприклад, улюблений патерн вашого партнера - плач/зоїк), цілком можливо, що ваш слух притупився.¹⁰ Незважаючи на це, ці дихальні звуки, які ми узагальнено називаємо хрипами, можна точніше описати як тонкі або грубі, вдиху або видиху, а також за місцем їхнього розташування. Хрипи унікальні своїм високим музичним звучанням, і їх навряд чи можна сплутати з потріскуванням. Хрипи свідчать про бронхоспазм і зазвичай вказують на необхідність застосування бронходилататорів. Однак бронхоспазм може бути пов'язаний з набряком легенів (тобто серцевими хрипами). Дехто заперечує проти призначення бронхолітиків у таких випадках через побоювання збільшення навантаження на^{серце}¹¹; однак можна також стверджувати, що застосування СРАР (основний метод лікування набряку легень) може призвести до баротравми, якщо його використовувати за наявності підвищеного опору дихальних шляхів, пов'язаного з бронхоспазмом. Бажано використовувати будь-які додаткові діагностичні

інструменти, які є у вашому розпорядженні, щоб допомогти у визначенні специфічного дихального компромісу пацієнта, і дотримуватися місцевих протоколів лікування, щоб втрутитися у разі виявлення будь-яких дихальних розладів, які ви виявите.

Інструменти оцінки

На додаток до фізикальної оцінки, є два основні інструменти, які надавачі ЕМД можуть використовувати для оцінки дихального статусу пацієнта: пульсоксиметрія (SpO_2) і капнографія ($PETCO_2$). Важливо, щоб лікар отримував вимірювання як SpO_2 , так і $PETCO_2$ у пацієнта, який дихає, щоб розрізнити порушення оксигенації та вентиляції або виявити порушення обох цих процесів. Ідентифікація конкретної області компромісу може спрямувати надавача ЕМД до відповідного втручання.

Вимірювання SpO_2 проводиться за допомогою пульсоксиметра, який пропускає дві довжини хвиль світла через тканини пацієнта (наприклад, палець або мочку вуха), щоб оцінити відсоток артеріального гемоглобіну, зв'язаного з O_2 .¹

Нещодавно відбулися дебати про те, яким має бути відповідне значення SpO_2 , і наука нарешті починає перевершувати анекдоти ЕМД щодо введення додаткового кисню. Американська асоціація серця тепер рекомендує титрувати додатковий кисень для досягнення $SpO_2 \geq 94\%$. У ситуаціях, коли пульсоксиметр недоступний, можна використовувати додатковий кисень. Русійськими силами цих змін є відсутність наукового обґрунтування широкого використання додаткового кисню, а також визнання потенційної небезпеки гіпоксії. Навіть при короткій тривалості застосування, високий потік O_2 може призвести до потовщення альвеолярно-капілярної мембрани, за грудинного болю в грудях та проліферації вільних радикалів.¹ Крім того, вимивання N_2 може спричинити стан, відомий як абсорбційний ателектаз, який призводить до колапсу альвеол. Цей стан може перешкоджати подальшій вентиляції ураженої ділянки легень до тих пір, поки не буде застосовано позитивний тиск.¹

Незважаючи на ці нещодавні дослідження, старі звички вмирають важко. Для лікарів ЕМД все ще є звичайною практикою вводити додатковий кисень пацієнту, який скаржиться на утруднене дихання, але при цьому показує 100% насичення киснем. Хоча «лікувати пацієнта, а не монітор» - це, безумовно, гарна порада, варто також враховувати наявність або відсутність фізичних ознак, що вказують на гіпоксію (наприклад, ціаноз, дратівливість).

Важливо розуміти, що у пацієнта, який скаржиться на утруднене дихання, але отримує кисень, швидше за все, є порушення в іншому аспекті дихання (наприклад, вентиляції), а не проблема з оксигенацією. Обов'язково розгляньте інші можливі причини (наприклад, підвищене вироблення CO_2 ,

що призводить до втоми), замість того, щоб давати кисень пацієнту, який його не потребує.

У той час як SpO_2 по суті є мірою оксигенації, $PETCO_2$ забезпечує міру вентиляції.¹² Вимірювання $PETCO_2$ можуть включати неперервні форми хвиль на додаток до кількісних значень. Ці показники можуть бути отримані за допомогою вбудованого контуру для інтубованого пацієнта або за допомогою контуру у вигляді носової канюлі для неінтубованих пацієнтів. При оцінці значень $PETCO_2$ показники більше 45 мм рт.ст. вказують на гіповентиляцію, тоді як показники нижче 35 мм рт.ст. - на гіпервентиляцію. Такі показники, які зберігаються, незважаючи на втручання, свідчать про метаболічні або неврологічні розлади, що лежать в основі захворювання. Оцінка форми хвилі капнографії, якщо вона доступна, може дати ключ до таких станів, як бронхоспазм і тромбоемболія легеневої артерії.¹ Хоча ґрунтовний урок з аналізу форми хвилі $PETCO_2$ виходить за рамки цієї статті, існує багато ресурсів, які допоможуть отримати знання з цієї тематики.

Хоча ці інструменти оцінки отримали широке визнання, вони не позбавлені обмежень. Завжди підтверджуйте точність показань пульсу, перш ніж приймати показники SpO_2 як достовірні.⁹ Також перевірте наявність пульсуючого компонента (наприклад, форми хвилі), якщо це можливо, оскільки це також підтвердить перфузію тканин в місці моніторингу.¹

Фактори, які знижують точність показань SpO_2 , включають вплив на пацієнта чадного газу, темного лаку для нігтів або пігменту шкіри, рух, навколишнє світло і погану перфузію. Важливо також враховувати, що пацієнт повинен мати адекватний рівень гемоглобіну, щоб значення SpO_2 було достовірним. Пацієнти з анемією (наприклад, внаслідок крововтрати) можуть мати високий рівень сатурації, незважаючи на гіпоксію.

Судини серцево-судинної системи - це серце, артерії, капіляри та вени.

Це транспортна система, в якій кров пересувається серцем по замкненому контуру через судини.

Це забезпечує безперервну циркуляцію рідини по всьому тілу:

- Як засіб доставки та виведення речовин;
- Забезпечує всі живі клітини організму матеріалами, необхідними для їх нормальної життєдіяльності (наприклад, киснем і поживними речовинами)
- Виводить продукти клітинного метаболізму (CO_2 та інші метаболіти).
- Ці речовини не надходять і не виводяться з кровотоку безпосередньо; їхнє проходження відбувається опосередковано, через інтерстиціальну (позаклітинну) рідину.

Регуляція серцево-судинної системи відбувається за допомогою незліченної кількості стимулів, включаючи зміну об'єму крові, гормонів, електролітів, осмолярності,

ліків, надниркових залоз, нирок та багато іншого. Парасимпатична і симпатична нервові системи також відіграють ключову роль у регуляції серцево-судинної системи.

Серцево-судинна система є ключовою для забезпечення всіх клітин організму необхідними речовинами та підтримання гомеостазу. Основні її функції включають:

- **Транспортування кисню та поживних речовин** до клітин.
- **Виведення продуктів обміну**, таких як вуглекислий газ та метаболіти.
- **Регуляція температури тіла** шляхом перерозподілу крові.
- **Захисні функції** завдяки транспортуванню імунних клітин.
- **Гормональна регуляція**, оскільки гормони переміщуються через кров.

Серцево-судинна система складається з серця, кровоносних судин і крові, що циркулює в них. Вона включає **велике і мале коло кровообігу**.

Будова серця і його функціонування

Серце — це м'язовий орган, що складається з чотирьох камер: правого і лівого передсердь та правого і лівого шлуночків. Воно працює за допомогою ритмічних скорочень, які перекачують кров через кровоносні судини.

Передсердя отримують кров: праве передсердя приймає венозну кров з великого кола кровообігу, а ліве — артеріальну кров з малого кола (легень).

Шлуночки перекачують кров: правий шлуночок — у мале коло (легені), а лівий — у велике коло (до всіх органів і тканин тіла).

Кола кровообігу

Велике коло кровообігу починається в лівому шлуночку серця, звідки артеріальна кров надходить у аорту і розходить по артеріях до всіх органів. У капілярах відбувається обмін газів і речовин, після чого венозна кров повертається у праве передсердя через вени.

Мале коло кровообігу забезпечує оксигенацію крові. Воно починається в правому шлуночку, звідки венозна кров надходить до легенів, де збагачується киснем і повертається до лівого передсердя.

Кровоносні судини

Судини поділяються на:

Артерії, які переносять кров від серця до органів. Вони мають товсті стінки і високий тиск.

Вени, що повертають кров до серця. Вони мають тонші стінки і низький тиск, оснащені клапанами, що запобігають зворотному току крові.

Каніляри — це найдрібніші судини, де відбувається обмін кисню, вуглекислого газу, поживних речовин і відходів між кров'ю і тканинами.

Фізіологія серцевого циклу

Серцевий цикл складається з трьох основних фаз:

Систола передсердь — передсердя скорочуються, перекачуючи кров у шлуночки.

Систола шлуночків — шлуночки скорочуються, виштовхуючи кров у велике та мале кола кровообігу.

Діастола — фаза розслаблення, під час якої кров з вен наповнює передсердя.

Серце працює як насос завдяки автоматизму серцевого м'яза, який координується системою провідності серця. Ця система включає синусовий вузол, який генерує електричні імпульси для скорочення.

Регуляція серцево-судинної системи

Серцево-судинна система контролюється нервовими і гуморальними механізмами:

Симпатична нервова система підвищує частоту серцевих скорочень та силу скорочень під час стресу або фізичної активності.

Парасимпатична нервова система знижує частоту серцевих скорочень у стані спокою.

Гуморальна регуляція здійснюється за допомогою гормонів, таких як адреналін, який підвищує серцевий ритм, та ангіотензин, який підвищує артеріальний тиск.

Фактори, що впливають на серцево-судинну систему

На роботу серцево-судинної системи впливають численні фактори:

Фізична активність: Збільшує потребу тканин у кисні, що змушує серце працювати інтенсивніше.

Стрес: Підвищує викид адреналіну, що збільшує частоту серцевих скорочень.

Захворювання: Гіпертонія, атеросклероз, ішемічна хвороба серця та інші патології негативно впливають на роботу серцево-судинної системи.

Патології серцево-судинної системи

Артеріальна гіпертензія: Підвищений артеріальний тиск, що може призвести до серцевих захворювань, інсульту, ниркової недостатності.

Атеросклероз: Захворювання, яке викликає звуження артерій через відкладення холестеринових бляшок, що може призвести до ішемії або інфаркту.

Серцева недостатність: Стан, при якому серце не може перекачувати достатню кількість крові, щоб забезпечити потреби організму.

Інфаркт міокарда: Некроз частини серцевого м'яза через недостатній кровообіг.

Профілактика захворювань серцево-судинної системи

Профілактичні заходи включають:

- Здорове харчування, багате на фрукти, овочі, омега-3 жирні кислоти.
- Регулярна фізична активність.
- Відмова від шкідливих звичок (куріння, надмірного вживання алкоголю).
- Контроль артеріального тиску та рівня холестерину.

Нирки та печінка — це два найважливіших органи, що виконують ключові функції у підтримці гомеостазу організму. Вони беруть участь у детоксикації, регуляції об'єму крові, підтримці кислотно-лужного балансу, метаболізмі та виробництві важливих біологічних речовин.

Печінка: найбільша залоза людського організму, яка виконує більше 500 різних функцій. Вона відповідальна за фільтрацію крові, метаболізм поживних речовин, знешкодження токсинів та виробництво жовчі.

Нирки: парні органи, основне завдання яких полягає у фільтрації крові для утворення сечі, виведенні метаболічних відходів та регуляції водно-сольового обміну.

Фізіологія нирок

Будова нирок

Нирки мають бобовидну форму і розташовані по обидва боки хребта у поперековій ділянці. Їхня внутрішня будова складається з таких ключових структур:

Корковий шар: містить нефрони, функціональні одиниці нирок, які фільтрують кров.

Мозковий шар: утворений нирковими пірамідами, що сприяють виведенню сечі.

Ниркова миска: збирає сечу перед її переходом до сечоводів.

Нефрон: основна структурна одиниця

Кожна нирка містить приблизно 1-1,5 мільйонів нефронів, які складаються з:

Клубочків — капілярної мережі, де відбувається фільтрація плазми крові.

Канальців — структури, через які проходить фільтрат, де відбувається реабсорбція води, іонів та поживних речовин, а також секреція продуктів метаболізму.

Функції нирок

Фільтрація крові: Нирки щодня фільтрують до 180 літрів плазми крові, утворюючи приблизно 1,5-2 літри сечі. Фільтрація відбувається в клубочках нефронів, де частинки, менші за 8 нм, проходять крізь мембрану, формуючи первинну сечу.

Реабсорбція: У проксимальних і дистальних канальцях нефрону відбувається зворотнє всмоктування (реабсорбція) води, глюкози, амінокислот, натрію та інших поживних речовин, які необхідні організму.

Секреція: Нирки також виділяють іони водню, калію, креатинін та інші продукти обміну, які виводяться із сечею.

Регуляція водно-сольового балансу: Нирки підтримують баланс натрію, калію, кальцію та фосфатів, контролюючи об'єм та осмолярність рідин організму.

Контроль артеріального тиску: Нирки регулюють об'єм крові та виділяють ренін — фермент, який активує систему ренін-ангіотензин-альдостерон для контролю тиску.

Ендокринна функція: Нирки виробляють еритропоетин, який стимулює вироблення еритроцитів у кістковому мозку, і активують вітамін D.

Кліренс та сечоутворення

Кліренс — це здатність нирок очищати кров від певних речовин. Сечоутворення проходить три основні етапи: фільтрація в клубочках, реабсорбція та секреція в канальцях.

Фізіологія печінки

Будова печінки

Печінка — це найбільший внутрішній орган, що займає правий верхній квадрант черевної порожнини. Вона складається з двох часток — правої та лівої — і підрозділяється на функціональні часточки.

Гепатоцити: основні клітини печінки

Гепатоцити є основними клітинами печінки, які виконують основні функції цього органа:

Детоксикація: Гепатоцити нейтралізують токсини, лікарські препарати та продукти обміну, перетворюючи їх на безпечні для організму речовини.

Синтез білків: Печінка виробляє альбумін, фактори згортання крові, ліпопротеїни та інші важливі білки.

Виробництво жовчі: Гепатоцити виробляють жовч, яка зберігається в жовчному міхурі і сприяє перетравленню жирів.

Основні функції печінки

Метаболізм:

- **Вуглеводний метаболізм:** Печінка регулює рівень глюкози в крові за допомогою глікогенолізу (розщеплення глікогену) та глюконеогенезу (синтезу глюкози).
- **Ліпідний метаболізм:** Гепатоцити розщеплюють жири, синтезують холестерин і тригліцериди.
- **Білковий метаболізм:** Печінка розщеплює амінокислоти та синтезує важливі білки.

Детоксикація: Печінка очищає кров від токсинів, лікарських засобів та продуктів обміну, перетворюючи їх у нешкідливі речовини або такі, що можуть бути виведені з сечею або жовчю.

Жовчоутворення: Печінка виробляє жовч, яка зберігається у жовчному міхурі і сприяє перетравленню та всмоктуванню жирів.

Зберігання: Печінка є резервуаром для вітамінів (А, D, Е, К), заліза та глікогену.

Імунна функція: Печінка містить клітини Купфера, які знищують старі еритроцити, бактерії та інші патогени.

Регуляція функцій печінки

Функції печінки регулюються нервовою системою та гормонами, такими як інсулін, глюкагон та кортизол, які контролюють метаболічні процеси. Також печінка реагує на зміни в складі крові, наприклад, на рівень поживних речовин та токсинів.

Патології нирок і печінки (продовження)

Гломерулонефрит: Це запалення ниркових клубочків (гломерул), яке може призвести до порушення фільтраційної функції нирок. Воно може виникати як наслідок інфекцій, аутоімунних захворювань або в результаті тривалої гіпертензії.

Гепатит А, В, С: Це вірусні інфекції, що вражають печінку. Гепатит А передається через заражену їжу або воду, в той час як гепатити В і С передаються через кров або рідини організму. Вони можуть призводити до хронічних уражень печінки та розвитку цирозу.

Гостра печінкова недостатність: Це стан, при якому печінка швидко втрачає свої функції внаслідок важких отруень, інфекцій або травм. Пацієнти з таким станом потребують невідкладної медичної допомоги.

Жирова дистрофія печінки (стеатоз): Виникає через накопичення жиру в гепатоцитах і може бути спричинена алкоголізмом, ожирінням, метаболічним синдромом чи іншими причинами. У важких випадках може перерости у цироз або рак печінки.

Механізми регуляції функцій нирок і печінки

Регуляція функцій нирок

Гормональна регуляція: Основну роль в регуляції функцій нирок відіграють такі гормони, як ренін, альдостерон, вазопресин та натрійуретичний пептид. Вони контролюють артеріальний тиск, реабсорбцію води та електролітів, а також об'єм циркулюючої крові.

Нервова регуляція: Симпатична нервова система впливає на тонус судин, що забезпечують кровотік у нирках, тим самим регулюючи швидкість фільтрації.

Регуляція функцій печінки

Гормональна регуляція: Печінка відповідає на дію таких гормонів, як інсулін, глюкагон, кортизол та адреналін. Ці гормони регулюють обмін речовин: вуглеводний, ліпідний та білковий.

Нервова регуляція: Симпатична та парасимпатична нервова система впливають на функції печінки, зокрема на виробництво жовчі та швидкість метаболічних процесів.

Фізіологічна адаптація печінки та нирок до стресів

Нирки та печінка мають значний резерв функціональної здатності, що дозволяє їм адаптуватися до підвищених навантажень, таких як токсичний стрес, фізична активність або захворювання. Однак, у випадку тривалого або інтенсивного впливу шкідливих факторів, ці органи можуть зазнати незворотних змін.

Адаптація нирок

При підвищеній концентрації продуктів обміну або нестачі рідини в організмі нирки здатні збільшити реабсорбцію води та зменшити виділення сечі. Це дозволяє підтримувати баланс води в організмі навіть за умов обмеженого споживання рідини.

Адаптація печінки

Печінка здатна швидко метаболізувати та нейтралізувати токсини. При підвищеній потребі в енергії (наприклад, під час фізичних навантажень) вона активує процеси глюконеогенезу, забезпечуючи стабільний рівень глюкози в крові.

Взаємодія системи нирок і печінки

Нирки та печінка тісно взаємодіють, забезпечуючи рівновагу внутрішнього середовища організму. Вони доповнюють одна одну у виведенні токсинів і продуктів обміну:

Нирки відповідають за виведення азотистих продуктів обміну (сечовина, креатинін), які утворюються в результаті метаболізму білків.

Печінка метаболізує жиророзчинні токсини, перетворюючи їх на водорозчинні, що дозволяє їх виведення через нирки або кишечник.

• Нервова система: периферична та центральна нервова система, больові шляхи.

Нервова система людини складається з двох головних частин: центральної (ЦНС) та периферичної (ПНС) нервової системи. Ці системи працюють разом, забезпечуючи управління всіма процесами в організмі, від руху та чуття до регуляції органів і підтримки життєво важливих функцій.

Центральна нервова система (ЦНС)

Центральна нервова система складається з головного та спинного мозку. Вона є «центром управління» всіх дій організму, отримуючи та обробляючи інформацію з різних органів чуття і координуючи відповідні реакції.

Головний мозок

Головний мозок, який є основною частиною ЦНС, складається з різних ділянок, кожна з яких має власні функції. **Кора головного мозку** відповідає за свідомість, пам'ять, мислення та навчання. **Підкіркові структури**, такі як таламус, гіпоталамус та базальні ганглії, керують складними автоматичними функціями, як-от регуляція температури тіла, сну, емоцій, гормонального фону, рухової активності та збереження рівноваги.

Спинний мозок

Спинний мозок виконує роль інформаційного «шосе», що з'єднує мозок з периферичними частинами тіла. Він також має власні рефлекторні дуги, що забезпечують швидкі реакції на подразники (наприклад, відсмикування руки від гарячої поверхні).

Периферична нервова система (ПНС)

Периферична нервова система – це сукупність нервів, які відходять від головного і спинного мозку і досягають усіх частин тіла. ПНС передає інформацію між органами та тканинами і ЦНС, забезпечуючи чуттєві та рухові функції.

Соматична нервова система

Соматична частина ПНС контролює добровільні рухи м'язів і передачу сенсорної інформації до ЦНС. Вона керує взаємодією із зовнішнім середовищем, обробляючи сигнали від шкіри, м'язів та органів чуття.

Автономна нервова система

Автономна (або вегетативна) нервова система регулює неусвідомлені функції тіла, як-от роботу серця, травлення та дихання. Вона поділяється на симпатичну та парасимпатичну системи, які працюють у тісній взаємодії для підтримки гомеостазу. Симпатична система відповідає за реакції на стресові ситуації (мобілізація енергії), тоді як парасимпатична система контролює процеси відновлення та релаксації.

Больові шляхи

Больові шляхи передають сигнали від джерела болю до центральної нервової системи, забезпечуючи швидке реагування на пошкодження або загрозу для організму.

Ноцицепція

Ноцицепція – це процес сприйняття болю. Спеціалізовані рецептори, які називаються **ноцицепторами**, розташовані у шкірі, суглобах, м'язах та інших тканинах, реагують на потенційно шкідливі подразники. Ці рецептори активуються в разі пошкодження тканин або при наявності запалення. Коли ноцицептори виявляють пошкодження, вони посилають електричні імпульси через сенсорні нервові волокна до спинного мозку, а далі – до головного мозку.

Снінальний шлях болю

У спинному мозку нервові імпульси передаються по специфічних шляхах, таких як **спіноталамічний тракт**, який транспортує сигнали болю до таламуса у головному мозку. Таламус розподіляє ці сигнали до кори головного мозку для подальшої обробки та усвідомлення болю.

Центральна обробка болю

Після того, як больові сигнали досягли кори головного мозку, відбувається їх свідоме сприйняття та оцінка. Різні ділянки мозку, такі як лімбічна система, асоційовані з емоційною реакцією на біль, що визначає суб'єктивне відчуття болю (гострий або хронічний, слабкий або інтенсивний).

Ці шляхи, однак, можуть бути змінені в процесі тривалого болю. В таких випадках формується **нейропластичність**, що може змінити сприйняття болю, знижуючи або посилюючи його залежно від різних чинників.

Механізми контролю болю

Організм має власні механізми для зменшення больових сигналів. Одним із таких механізмів є **гальмівна система**, в якій участь беруть ендogenous опіоїди (ендорфіни та енкефаліни), які блокують передачу больових сигналів на рівні спинного мозку. Також важливу роль у контролі болю відіграють психологічні фактори, включаючи емоційний стан та відчуття загрози, які можуть модифікувати сприйняття болю на рівні головного мозку.

Таким чином, нервова система є надзвичайно складною та багатогранною, забезпечуючи координацію всіх процесів в організмі. Больові шляхи – важлива частина цієї системи, оскільки вони не лише сигналізують про пошкодження, але й допомагають регулювати захисні реакції організму.

3. Типи анестезії

Види анестезії

Метод знеболювання підбирається індивідуально залежно від зони впливу, обсягу оперативного втручання та загального стану пацієнта. Лікарі-анестезіологи виділяють такі види анестезії:

- загальна
- регіонарна
- місцева

Місцева анестезія дозволяє знеболити невелику ділянку тіла, у момент проведення процедури пацієнт перебуває у свідомості. Метод часто застосовується у косметології та стоматології, а також у пластичній хірургії за невеликих операцій (наприклад, під час отопластики). Різновидами місцевого знеболювання є аплікаційна, інфільтраційна та провідникова анестезія.

Аплікаційний метод знеболювання полягає у нанесенні анестетика у вигляді крему або мазі на шкірні покриви та слизові оболонки. Аплікаційна анестезія часто застосовується у косметології, наприклад, за виконання біоревіталізації або мезотерапії.

Інфільтраційна анестезія — ін'єкційне введення препарату у шкіру або слизову оболонку. Метод використовується в стоматології в разі потреби знеболити верхню щелепу. Тканини нижньої щелепи більш щільні, тому для проведення стоматологічних процедур у цій зоні виконують провідникову анестезію (препарат вводять поруч із нервом). Варіантами

даної методики є мандібулярна (блокує нижньощелепний нерв) та торусальна (блокує нижньощелепний і щічний нерви) анестезії.

За виконання регіонарної анестезії препарат вводиться близько до нерва або спинного мозку, тим самим блокуючи чутливість у певних частинах тіла, наприклад, у кінцівках, нижній частині живота та паху. Різновидом даного виду знеболення є спінальна та епідуральна анестезія.

Епідуральна анестезія

За виконання епідурального знеболювання лікар-анестезіолог вводить лікарський препарат у поперековий відділ хребта, де розташовані спинномозкові корінці нервових закінчень органів малого таза. Найчастіше епідуральна анестезія застосовується під час пологів, оскільки дозволяє зменшити хворобливі відчуття під час сутичок. Епідуральна анестезія також може використовуватися під час абдомінопластики (корекції форми передньої черевної стінки), гістеректомії (видаленні матки) та простатектомії (видаленні простати).

Негативні наслідки після епідуральної анестезії виникають рідко, можливе порушення сечовипускання та зниження артеріального тиску. Для того, щоб запобігти виникненню ускладнень, лікар виключає наявність протипоказань.

Спінальна анестезія

Спінальна анестезія — метод знеболювання, за якого анестетик вводиться в субарахноїдальний простір (область навколо спинного мозку) та блокує передачу імпульсів на рівні корінців спинномозкових нервів. Спінальна анестезія застосовується в хірургії під час виконання гінекологічних та урологічних операцій, а також за оперативних втручань на нижніх кінцівках.

Після спінальної анестезії можлива поява болю в нижній частині спини. Для того, щоб зменшити хворобливі відчуття, необхідно дотримуватися постільного режиму та уникати фізичної активності кілька днів після спинномозкової анестезії.

Загальна анестезія

За виконання загальної анестезії (наркозу) відбувається втрата чутливості, розслаблення скелетної мускулатури (міорелаксація) та зниження рефлексів. Під час наркозу людина непритомна, лікар-анестезіолог контролює частоту серцевих скорочень та артеріальний тиск пацієнта, а також стежить за його температурою тіла. Показання для застосування загальної анестезії:

- алергічні реакції на препарати для місцевої анестезії;
- тривала хірургічна операція;

- операції, що супроводжуються значною крововтратою.

Наркоз використовують за лапароскопії (малоінвазивної операції на органах малого таза або черевної порожнини), оперативних втручань на грудній клітці та видалення новоутворень молочної залози. Також під загальною анестезією проводяться пластичні операції: збільшення та пластика грудей, ринопластика, підтяжка обличчя.

Загальна анестезія в хірургії може виконуватися за допомогою інгаляційного введення препаратів (за допомогою маски або інтубації трахеї), внутрішньовенних ін'єкцій або шляхом поєднання цих двох способів (комбінований наркоз).

Наркоз не можна проводити за повного шлунку, тому останній прийом їжі має бути мінімум за шість годин до процедури. Загальна анестезія також протипоказана під час наркотичного або алкогольного сп'яніння.

Відносні (тимчасові) протипоказання до наркозу:

- вади серця, виражені порушення серцевого ритму;
- високий артеріальний тиск;
- захворювання легень (астма і хронічна обструктивна хвороба легень);
- цукровий діабет.

У разі наявності у людини супутніх захворювань потрібна консультація вузькопрофільних спеціалістів (кардіолога, ендокринолога, пульмонолога). За стабільного стану пацієнта можлива загальна анестезія.

Для виконання наркозу в приватній хірургії «ОН Клінік» застосовують препарати, що забезпечують плавне введення (індукцію) та вихід із наркозу. Залежно від ступеня порушення роботи нервової системи виділяють такі стадії наркозу:

1. Аналгезія — поступове пригнічення і втрата свідомості. Тактильна і температурна чутливість збережені, больова — знижена.
2. Збудження — почастишання пульсу та дихання, підвищення артеріального тиску. З'являються слезотеча і повільні рухи очей.
3. Хірургічний наркоз — рух очей припиняється, тиск і пульс стабілізується, м'язи розслаблені.
4. Пробудження — настає після припинення надходження анестетика і характеризується поступовим відновленням рефлексів, м'язового тону, чутливості та свідомості.

Після наркозу людина може відчувати слабкість та хотіти спати, тому важливо повноцінно відпочити та уникати сильних фізичних навантажень.

4. Моніторинг під час анестезії

СПОСОБИ МОНІТОРИНГУ

Клінічний моніторинг - Клінічний моніторинг з використанням візуального огляду, аускультатії та пальпації є основним фактором, що визначає безпеку пацієнта. Зміни клінічних ознак можуть бути малопомітними і часто передують відхиленням у параметрах, що

вимірюються пристроями моніторингу. Пристрої моніторингу не замінюють клінічне спостереження; скоріше, вони підсилюють і кількісно оцінюють клінічну інформацію.

Моніторинг дихальної системи

Оксигенація

Ціаноз - Клінічна оцінка гіпоксемії за періоральним ціанозом відома своєю ненадійністю. На виявлення ціанозу може впливати багато факторів, таких як природний пігмент шкіри, освітлення в приміщенні, варіації між спостерігачами та концентрація гемоглобіну. Приблизно 5 г/дл неоксигенованого гемоглобіну в капілярах генерує темно-синій колір, який клінічно оцінюється як ціаноз. Однак цей поріг може виникати при різних рівнях насичення артеріальної крові киснем і вмісту гемоглобіну в артеріальній крові, як показано на рисунку.

Пульсоксиметрія - Пульсоксиметрія є кількісним методом оцінки оксигенації, який слід використовувати, коли це можливо, під час усіх анестезій, і є частиною передопераційного безпечного хірургічного контрольованого списку Всесвітньої організації охорони здоров'я .

Якщо пульсоксиметрія не може бути використана під час індукції анестезії (наприклад, у маленьких дітей, у дорослих, які не бажають співпрацювати), монітор слід підключити, як тільки пацієнт втрачає свідомість, а причину затримки слід записати в історії анестезії. Важливо, щоб пульсовий тон зі змінною висотою тону і низькопороговий сигнал тривоги були чутні анестезіологу.

Принципи пульсоксиметрії, обладнання, точність і джерела помилок обговорюються окремо.

В операційній пульсоксиметри зазвичай розміщують на пальці або мочці вуха у дорослих і на стопі/гомілковостопному суглобі або зап'ясті/долоні у немовлят, щоб просвічувати світло через тканину і виявляти його на іншій стороні.

Новіші налобні датчики використовують технологію відбиття для вимірювання розсіяного, а не пропущеного світла. Час реакції на зміну насичення киснем у датчиків для лоба і вух швидший, ніж у пальцевих датчиків.

Більшість пульсоксиметрів відображають плетизмографічну (плетизмографічну) форму хвилі. Практична мета відображення плетизмограми полягає у перевірці правильності розміщення та функціонування датчика. У комерційно доступних пульсоксиметрах форма сигналу обробляється лише для визначення частоти серцевих скорочень. Більшість моніторів пульсоксиметрів відображають індикатор якості сигналу; хороший сигнал вказує на те, що пульсоксиметр працює.

Форма пульсової хвилі нагадує форму внутрішньоартеріальної хвилі, і розширений аналіз може аналогічно надати додаткову клінічну

інформацію. Один спеціалізований монітор має алгоритм для безперервного вимірювання змін пульсового об'єму для визначення індексу плетизмографічної варіабельності (PVI). PVI є мірою динамічних змін перфузійного індексу протягом дихальних циклів, з метою прогнозування реакції на рідину.

Корисність PVI для прогнозування інтраопераційної реакції на рідину не є очевидною. Мета-аналіз 10 невеликих досліджень, в яких порівнювали PVI з показником серцевого викиду або ударного об'єму, що базуються на оцінці реакції на рідину, показав, що PVI досить точно прогнозує реакцію на рідину у дорослих пацієнтів, які перебувають на ШВЛ. PVI не є надійним у пацієнтів з фібриляцією передсердь або аритміями, і на нього впливають зміни периферичної перфузії (наприклад, застосування вазоконструкторів або холодні кінцівки).

Дихальні зміни пульсового об'єму за допомогою звичайних пульсоксиметрів рідко помітні і є грубим і пізнім індикатором масивної гіповолемії.

Аналізатор кисню, що вдихається - під час кожної загальної анестезії з використанням наркозного апарату слід використовувати аналізатор кисню, щоб переконатися, що не подається гіпоксична суміш газів. Аналізатор калібрується під впливом повітря (21% кисню [O₂]) і 100% O₂, і перед кожною анестезією повинен показувати 21% при відкритому доступі до кімнатного повітря. Аналізатори O₂ зазвичай мають низькорівневу сигналізацію, яка автоматично активується при вмиканні наркозного апарату. Датчик слід розміщувати на вдиху або видиху дихального контуру, а не на потоці свіжого газу, щоб забезпечити вимірювання фактично поданої концентрації, а не набраної концентрації.

Більшість сучасних газових аналізаторів для анестезії включають методи, що дозволяють одночасно вимірювати концентрацію щонайменше O₂, вуглекислого газу (CO₂) та інгаляційного агента. Зазвичай використовується недисперсійна інфрачервона спектроскопія, а газоаналізатори, які вимірюють кисень, використовують допоміжні технології, такі як парамагнітні датчики або датчики на паливних елементах у поєднанні з інфрачервоним датчиком.

Вентиляція - Адекватність вентиляції слід постійно контролювати у всіх пацієнтів під час анестезії, включаючи спостереження за клінічними ознаками, такими як екскурсія грудної клітки, аускультация дихальних шумів (за допомогою прекардіального або стравохідного стетоскопа) та рух мішка-резервуара. Пацієнтів, які дихають спонтанно, слід обстежити на наявність ознак обструкції дихальних шляхів, включаючи втягнення трахеї,

парадоксальні рухи грудної клітки, хрипіння або звуки у верхніх дихальних шляхах.

Під час анестезії без седації (тобто регіональної або місцевої анестезії без седації) клінічне спостереження може бути достатнім для моніторингу вентиляції.

Капнографія - більшість анестезіологічних апаратів здатні проводити капнографію видиху, яка являє собою графік, що показує частоту дихання і концентрацію вуглекислого газу в часі, а також кінцеву концентрацію вуглекислого газу (ETCO₂). Капнографію слід використовувати для оцінки адекватності вентиляції у всіх пацієнтів, які перебувають під седацією або загальною анестезією, якщо це можливо. Капнографію також слід використовувати для підтвердження правильності встановлення ендотрахеальної трубки або надгортанної повітроводи.

Принципи роботи моніторів вуглекислого газу, що видихається, обговорюються окремо.

Більшість аналізаторів CO₂, що використовуються в операційних, відбирають газ за допомогою механізму бічного потоку. Це означає, що датчик CO₂ є частиною наркозного апарату, а газ аспірується через трубки для відбору проб, підключені до дихального контуру пацієнта. Трубка для відбору проб може мати довжину шість або більше футів, і може бути кількасекундна затримка перед появою сліду CO₂ після вдиху.

Фази нормальної капнограми показані на рисунку (рис. 3). Безперервна форма хвилі дозволяє візуально оцінити стан дихальних шляхів та вентиляції пацієнта. Зміни форми капнограми можуть бути наслідком факторів, пов'язаних з пацієнтом (наприклад, мала або велика обструкція дихальних шляхів, вроджене захворювання легень або зусилля вентиляції), несправності обладнання (наприклад, витік дихального контуру) або хірургічних маніпуляцій. Приклади нормальних та аномальних капнограм показані на рисунку .

Загалом, коли під час ШВЛ зберігається **синусоїдальна капнограма**

-Раптове падіння ETCO₂ свідчить про раптове падіння перфузії легень, викликане або перешкодою для кровотоку через легені (тромб, повітря або жир), або зменшенням серцевого викиду.

-Стійке підвищення ETCO₂ вказує на гіповентиляцію або дуже рідко на злоякісну гіпертермію, якщо вона пов'язана з підвищенням температури.

Кореляція PaCO₂ - ETCO₂ є неінвазивною оцінкою концентрації CO₂ або парціального тиску в артеріальній крові (PaCO₂) [11]. Це базується на припущенні, що кінцевий припливний газ є переважно альвеолярним газом, а альвеолярний натяг CO₂ (PACO₂) практично ідентичний легеневому кінцево-капілярному натягу, який, у свою чергу, ідентичний PaCO₂. Градієнт PACO₂-PETCO₂ у здорового пацієнта з нормальними легенями становить менше 5 мм рт.ст. і являє собою розведення альвеолярного газу

газом, що не містить CO₂, з неперфузованих альвеол (альвеолярний мертвий простір) . Різниця збільшується, якщо існує невідповідність між вентиляцією та перфузією (V/Q) легень, як це спостерігається у пацієнтів із захворюваннями легень, тромбоемболією легеневої артерії, станами низького серцевого викиду та гіпотензією , але також може варіабельно збільшуватися через похилий вік та при хірургічному позиціонуванні . З цієї причини PaCO₂ слід вимірювати, коли необхідний ретельний контроль вентиляції (наприклад, у пацієнтів з підвищеним внутрішньочерепним тиском).

У пацієнтів з обструктивними захворюваннями легень і висхідним плато ET_{CO2} вдих може відбуватися до справжнього кінця видиху, що призводить до хибно низького ET_{CO2} (на додаток до схильності до динамічної гіперінфляції) . Зменшення частоти дихання (або короткочасна зупинка ШВЛ) має забезпечити повний видих і точний показник ET_{CO2}.

Вимірювання легеневої механіки - Більшість новітніх наркозних апаратів забезпечують можливість безперервного моніторингу об'ємів вдиху і видиху, тиску і потоку, а також відображення об'ємних петель тиску і об'ємних петель потоку. Використання цих параметрів для оптимізації налаштувань апарату ШВЛ та моніторингу змін легеневої механіки обговорюється окремо.

Тиск у дихальних шляхах - В ідеалі тиск у дихальних шляхах слід вимірювати в трахеї. Однак з практичних міркувань тиск вимірюється на наркозному апараті за допомогою датчиків тиску. Найчастіше використовується недорогий п'єзорезистивний датчик, в основі якого лежить чутлива до тиску мембрана, опір якої змінюється, коли вона деформується у відповідь на перепад тиску. Датчики тиску повинні обнулятися на початку кожного дня в рамках перевірки перед використанням. Неточності або навіть несправності можуть виникати, коли волога конденсується в трубці датчика тиску. Оскільки датчики приховані в апараті, витік у дихальній системі через тріщину датчика може бути неочевидним для лікаря .

Потік газу - двома основними методами вимірювання потоку на сучасних анестезіологічних робочих станціях є анемометри з гарячим дротом та датчики зі змінним отвором.

-Анемометри з гарячим дротом - газ протікає повз і охолоджує тонкий дріт, який нагрівається для підтримання постійної температури. Тому необхідний струм нагріву залежить від потоку газу. Зміни складу (густини) газу впливають на точність цієї конструкції витратомірів.

-Датчик потоку зі змінним отвором/диференціальний тиск - різниця тиску через отвір змінного розміру використовується для визначення потоку газу.

Дихальний об'єм - програмне забезпечення наркозного апарату обчислює дихальний об'єм шляхом інтегрування потоку відносно часу (потік = об'єм/час).

Сигнали відключення - більшість наркозних апаратів автоматично встановлюють граничні значення змін частоти дихання і тиску, які слугують сигналами відключення. Звуковий сигнал лунає, якщо ці межі перевищено. Сигнали тривоги можуть бути змінені вручну відповідно до клінічних обставин.

Моніторинг системи кровообігу - Адекватність функції кровообігу оцінюється як за допомогою клінічного спостереження, так і за допомогою фізіологічних моніторів. Оцінка кольору і температури шкіри, якості пульсу, що прощупується, і тонів серця за допомогою стравохідного або прекордального стетоскопа є цінними клінічними параметрами, які необхідно доповнити вимірюванням артеріального тиску, частоти серцевих скорочень, електрокардіографією (ЕКГ), а в деяких випадках - розширеним серцево-судинним моніторингом. Для оцінки перфузії органів може також використовуватися показник сечовиділення.

В операційній повинно підтримуватися достатнє освітлення, щоб можна було спостерігати за відкритими частинами тіла.

Артеріальний тиск - артеріальний тиск (АТ) і частоту серцевих скорочень слід вимірювати щонайменше кожні п'ять хвилин під час анестезії, а за клінічними показаннями - частіше. На практиці частота серцевих скорочень безперервно контролюється за допомогою ЕКГ та пульсоксиметра, а також за допомогою кривої артеріального тиску, якщо проводиться інвазивний моніторинг артеріального тиску.

Важливо виміряти АТ у стані неспання до індукції анестезії. Однак АТ, виміряний у передопераційній палаті та в операційній безпосередньо перед анестезією, часто вищий, ніж той, який слід вважати базовим для пацієнта [16]. За можливості, базовий рівень АТ слід встановити шляхом опитування пацієнта або перегляду попередньої медичної документації, особливо для пацієнтів з гіпертензією.

Неінвазивний моніторинг артеріального тиску - стандартним пристроєм для інтраопераційного неінвазивного моніторингу АТ є автоматичний офісний тонометр. Сфігмоманометр повинен бути доступним для ситуацій, в яких неможливо отримати осцилометричні показники.

Технологія - Осцилометричні прилади для вимірювання артеріального тиску працюють шляхом вимірювання величини коливань тиску, спричинених потоком крові. Манжета надувається насосом до рівня, достатнього для перекриття артеріального кровотоку в кінцівці, а потім поступово відпускається, як правило, зі швидкістю від 2 до 4 мм рт.ст. за секунду. Датчик у пристрої реєструє зміни коливань або амплітуди імпульсів тиску, що створюються кровотоком під час зняття оклюзії. Дуже

слабкі коливання кровотоку починають виявлятися, коли тиск в манжеті збігається з систолічним артеріальним тиском (САТ). У міру зняття тиску амплітуда пульсуючих коливань збільшується до максимуму, що відповідає середньому артеріальному тиску (САТ), і в кінцевому підсумку вирівнюється на рівні тиску, який вказує на діастолічний тиск. Осцилометричні прилади для вимірювання артеріального тиску налаштовані на «тайм-аут» (тобто, не відображають показання) через 120 секунд, якщо вимірювання не може бути виконано.

Розмір та розміщення манжети - для найбільш точного вимірювання артеріального тиску слід використовувати манжету відповідного розміру. Довжина манжети повинна становити 80%, а ширина - 46% окружності плеча.

У більшості пацієнтів це означає, що манжета покриває дві третини відстані між ліктем і плечем. Манжету слід розміщувати на оголеній шкірі передпліччя, щільно притискаючи її середньою частиною (іноді позначеною) над плечовою артерією.

За необхідності манжету для вимірювання артеріального тиску можна розмістити на передпліччі, щиколотці, литці або стегні. Розмір манжети слід обирати такий самий, як і для руки (тобто відповідно до окружності кінцівки). Манжета на гомілковостопний суглоб повинна бути розміщена якомога дистальніше, так, щоб середина манжети знаходилася одразу за медіальною кісточкою. Для вимірювання на литці або стегні середню частину манжети слід розташовувати ззаду.

Точність - Систолічний та діастолічний артеріальний тиск за допомогою осцилометричних приладів розраховується за власними алгоритмами, які відрізняються у різних виробників, тому їх точність залежить від використовуваного алгоритму. Осцилометричні методи мають тенденцію до переоцінки САТ і недооцінки ДАТ, тоді як вони точніше оцінюють середній артеріальний тиск (оскільки він відповідає максимальній амплітуді пульсаційних коливань) .

Хоча точність неінвазивного вимірювання артеріального тиску (ДМАТ) є відмінною в широкому діапазоні артеріального тиску, його точність при дуже низькому або дуже високому артеріальному тиску залишається сумнівною, порівняно з аускультативним та інвазивним вимірюванням артеріального тиску . Наприклад, осцилометричні автоматизовані вимірювання стабільно вищі, ніж аускультативні вимірювання у травмованих пацієнтів з систолічним артеріальним тиском менше 110 мм рт.ст. .

Аналіз 27 022 одночасно виміряних пар інвазивного артеріального і неінвазивного артеріального тиску (ДАТ) показав, що в гіпотензивних

станах ДАТ значно переоцінював систолічний артеріальний тиск, і ця різниця збільшувалася в міру того, як пацієнти ставали більш гіпотензивними. Середні показники артеріального тиску мали кращу узгодженість.

Окрім похибок, притаманних технології, найпоширенішим джерелом помилок при використанні неінвазивного вимірювання артеріального тиску є невідповідний розмір манжети. Занадто великі манжети дають помилково низькі осцилометричні показники, а замалі - завищені.

Інші фактори, які можуть призвести до помилок або перешкоджати вимірюванню артеріального тиску за допомогою неінвазивної манжети, включають наступні:

будь-які рухи, такі як тремтіння, тремор, судоми або згинання рук

-Тяжка гіпотензія

-аритмії, такі як фібриляція передсердь або часті передчасні удари

-витік повітря, перегин або зміна манжети чи трубки

-швидке повторне надування манжети, що може спричинити венозний застій.

Артеріальний тиск, виміряний в інших місцях, може не корелювати з показниками, виміряними на передпліччі. Дослідження порівняльних вимірювань на руці та гомілковостопному суглобі або литці показали суперечливі та широко варіабельні результати, і були проведені в гетерогенних популяціях пацієнтів. Якщо манжета повинна бути розміщена на нозі, то, якщо можливо, спочатку слід виконати базове вимірювання на руці для порівняння.

Вимірювання систолічного, діастолічного та середнього артеріального тиску з манжетою на передпліччі, як правило, вищі, ніж при вимірюванні на плечі.

Вимірювання артеріального тиску слід коригувати з урахуванням положення пацієнта, особливо якщо пацієнт знаходиться в положенні круто піднятою головою, круто опущеною головою або сидячи. Гідростатичні ефекти спричиняють збільшення вимірювань у залежних кінцівках і зменшення вимірювань у піднятих кінцівках. Ця різниця може мати важливі клінічні наслідки. Наприклад, пацієнт у положенні сидячи з нормальним середнім артеріальним тиском, виміряним на руці, може мати неприпустимо низький середній артеріальний тиск у мозку.

Безперервний неінвазивний моніторинг артеріального тиску - для безперервного неінвазивного моніторингу артеріального тиску існує декілька пристроїв.

Пацієнтам, у яких ми використовуємо внутрішньоартеріальний моніторинг, ми надягаємо неінвазивну манжету для порівняння вимірювань і як

резервний варіант у разі виникнення технічних проблем. Ми вимірюємо неінвазивний тиск після встановлення артеріального катетера, обнулення та вирівнювання датчика, очікуючи, що середній тиск буде подібним, і вносимо корективи за необхідності. Потім ми встановлюємо неінвазивну манжету на циклічний режим з 30-хвилинними інтервалами.

Електрокардіограма - під час анестезії слід безперервно контролювати ЕКГ. Це надійний монітор частоти серцевих скорочень, ритму і системи серцевої провідності; здатність стандартної три- або п'ятиканальної ЕКГ виявляти інтраопераційну ішемію серця обмежена. Аномалії ЕКГ також можуть свідчити про порушення електролітного балансу. Компоненти ЕКГ та основи інтерпретації обговорюються окремо.

Відведення ЕКГ - Стандартне десятиелектродне, дванадцятивідведене ЕКГ, яке використовується в інших клінічних умовах, зазвичай непрактичне в операційній. Замість цього зазвичай застосовують три або п'ять відведень. За можливості, слід використовувати п'ятиканальну систему для відведення двох каналів та покращення чутливості виявлення ішемії.

П'ятиелектродна система - п'ятиелектродна система включає чотири відведення від кінцівок (тобто, права рука, ліва рука, права нога, ліва нога) і одне прекордіальне відведення, і дозволяє проводити моніторинг семи відведень (I, II, III, aVR, aVL, aVF, і одне прекордіальне відведення). Бажане прекордіальне відведення можна вибрати, розмістивши прекордіальний електрод в будь-якому положенні від V1 до V6.

Для безперервного моніторингу ЕКГ в операційній (і в інших частинах лікарні) відведення від кінцівок зазвичай розміщують на тулубі. Відведення для рук розміщують в інфраключичних ямках біля плечей, а відведення для лівої ноги - під грудною кліткою по передній пахвовій лінії. Праве ніжне відведення - це заземлення, яке може бути розміщене в будь-якому місці і часто розміщується на правій стороні грудної клітки або живота.

Більшість моніторів дозволяють вибирати і відображати кілька відведень одночасно. Зазвичай ми обираємо відведення II та V5.

Триелектродна система - триелектродна система дозволяє проводити моніторинг по одному біполярному відведенню між двома електродами, в той час як третій слугує заземленням. Електроди розміщуються в підключичних ямках зліва і справа, а лівий ніжковий електрод розміщується на лівій стороні живота під грудною кліткою. Три відведення можуть бути індивідуально обрані за допомогою монітора. Система з трьома відведеннями може використовуватися для моніторингу частоти серцевих скорочень і виявлення наявності зубця Р або фібриляції шлуночків, але не може діагностувати більш складні аритмії або аномалії провідної системи, для яких необхідне справжнє відведення V1 (наприклад, для розрізнення блокади правої і лівої ніжки пучка Гіса).

Система з трьома відведеннями може бути модифікована для наближення до стандартних прекардіальних відведень шляхом зміни стандартного положення електродів. Така модифікація може бути необхідною, якщо п'ятивідвідна система недоступна або не може бути використана через місце проведення операції, хоча п'ятивідвідна система є стандартом лікування для моніторингу ішемії. Трьохелектродна ЕКГ дозволяє ідентифікувати ішемію та інфаркт міокарда лише в тих ділянках міокарда, які представлені у вибраних відведеннях, і багато періопераційних ішемічних подій будуть пропущені при використанні триелектродних записів.

Для моніторингу передньої ішемії можна використовувати три модифіковані відведення. Для кожного з цих відведень на моніторі вибирається відведення від кінцівки I, а електроди розміщуються наступним чином:

-CS5 - електрод правої руки (RA) розміщується під правою ключицею, електрод лівої руки (LA) розміщується в позиції V5, а електрод лівої ноги (LL) розміщується в будь-якому місці з лівого боку.

CM5 - Електрод RA розміщується над надпліччям, електрод LA розміщується в позиції V5, а електрод LL може бути розміщений в будь-якому місці зліва.

-CC5 - Електрод RA розміщується в середині грудної клітки по правій передній пахвовій лінії, електрод LA розміщується в точках V5, а електрод LL розміщується в будь-якому місці зліва.

CB5 - Електрод RA розміщується над центром правої лопатки, електрод LA розміщується в позиції V5, а електрод LL розміщується в будь-якому місці з правого боку. Відведення CB5 можна використовувати для моніторингу дисритмій, оскільки воно дає чіткий зубець P.

Модифіковане грудне відведення I (MCL1) забезпечує зубець P і морфологію QRS, достатню для виявлення деяких дисритмій. Електрод LA розміщують нижче лівої ключиці, електрод LL - у відведеннях від V2R до V3R (тобто у відведеннях V2 і V3 на правій стороні грудної клітки), а електрод RA - у будь-якому місці правої сторони. Кінцеве відведення III вибирається на моніторі.

Виявлення ішемії - для оптимального виявлення ішемії слід контролювати більше одного відведення, включаючи точно розміщений прекардіальний електрод. Зміни, видимі на моніторі ЕКГ, можуть бути малопомітними і важко піддаватися кількісній оцінці. Підозра на ішемію повинна бути підтверджена роздруківкою паперової копії ЕКГ, що можливо з більшістю анестезіологічних моніторів. Детальний періопераційний аналіз ЕКГ завжди слід проводити на роздруківках ЕКГ, оскільки монітори не надають сітки для адекватного аналізу. У пацієнтів з високим ризиком перед індукцією анестезії слід роздрукувати базову смужку ЕКГ для подальшого порівняння, якщо це необхідно.

Більшість інтраопераційних ішемій проявляється депресією сегмента ST]. ЕКГ-критерії діагностики ішемії обговорюються окремо.

Комбінації відведень - відведення II зазвичай моніторять для виявлення ритму, оскільки зубець Р у відведенні II зазвичай очевидний і вертикальний, а також для виявлення нижніх ішемічних змін. Крім того, слід контролювати бічне прекардіальне відведення. В одному дослідженні у пацієнтів високого ризику, які перенесли некардіохірургічне втручання, проводили моніторинг змін сегмента ST за допомогою комбінацій відведень ЕКГ, порівняно з безперервним одночасним 12-канальним моніторингом ЕКГ .

Чутливість для одного відведення була найвищою для V5 (75%). Комбінація відведення II з відведенням V5 підвищувала чутливість виявлення ішемії до 80%, а чутливість трьох комбінацій відведень була найвищою (96%) для відведень II, V4 і V5. В іншому дослідженні відведення V4 було найбільш чутливим відведенням при ізольованому моніторингу для виявлення тривалої післяопераційної ішемії та інфаркту .

Аналіз сегмента ST - Більшість анестезіологічних моніторів дозволяють проводити аналіз сегмента ST в режимі реального часу з відстеженням трендів. Зазвичай за замовчуванням для аналізу сегмента ST пристрій вимірює відхилення сегмента ST від ізоелектричного через 60 або 80 мс після точки J на ЕКГ (тобто, J+60). Серед прекардіальних відведень (від V3 до V5) моніторинг відведення з найбільш ізоелектричним сегментом ST на передопераційній ЕКГ може підвищити корисність аналізу сегмента ST .

Точка вимірювання і точка J можуть бути відрегульовані вручну для підвищення точності аналізу сегмента ST у пацієнтів з аномальними ЕКГ. У пацієнтів без ізоелектричних сегментів ST межі тривоги повинні бути налаштовані таким чином, щоб врахувати відхилення від базової лінії пацієнта. Ряд станів можуть впливати на сегмент ST і знижувати корисність аналізу сегмента ST для виявлення ішемії, наприклад, блокада лівої ніжки пучка Гіса, синдром Вольфа-Паркінсона-Уайта, гіпокаліємія, дигіталіс і гіпертрофія лівого шлуночка.

Джерела артефакту ЕКГ - На ЕКГ-зображення в операційній може впливати низка факторів. Деякі з них можуть бути змінені для покращення ЕКГ, тоді як інші - ні. До них відносяться наступні:

Електроди можуть втратити контакт зі шкірою через недостатню підготовку шкіри перед розміщенням, натягнення дроту, розчин для підготовки шкіри, іригатор або кров, що просочилася під провідник.

Базова лінія ЕКГ може зміщуватися через тремтіння, тремор, дихання або рухи тіла, пов'язані з хірургічним втручанням. Блукання базової лінії також може бути наслідком поганого контакту електродів або розміщення

електродів над кістковими виступами. Вибір фільтра моніторингу, а не діагностичного фільтра на моніторі ЕКГ може зменшити блукання.

Під час електрохірургічного втручання слід ЕКГ може бути знищений. Такі перешкоди можна звести до мінімуму, розмістивши заземлювач на нозі, якщо це доречно. Питання безпеки, пов'язані з електрохірургією, обговорюються окремо.

На електрокардіограму можуть впливати електричні перешкоди від пристроїв в операційній. Якщо можливо, підключіть пристрої до розеток, віддалених від наркозного апарату, або до окремих електричних ланцюгів, щоб усунути цей тип перешкод.

Амплітуда ЕКГ може бути зменшена у пацієнтів з ожирінням, оскільки збільшена товщина грудної стінки може послабити передачу сигналу.

Режими моніторингу - Більшість моніторів ЕКГ дозволяють лікарю вибирати між щонайменше двома режимами моніторингу, які встановлюють фільтри для різних частот сигналу для зменшення електричних перешкод, на додаток до режиму виявлення кардіостимулятора.

Смуги частот для режимів моніторингу та діагностики залежать від виробника і відрізняються для дорослих та новонароджених.

Режим монітора - Режим монітора особливо корисний для моніторингу ритму, в якому шум може відволікати, а інтерпретація сегмента ST є відносно менш важливою. Фільтри високих і низьких частот встановлюються для смуги пропускання між 0,5 і 40 Гц для дорослих. Недоліком цього режиму є те, що піки кардіостимулятора іноді відфільтровуються і не відображаються на моніторі. Цей режим може допомогти зменшити блукання базової лінії.

Діагностичний режим - Діагностичний режим корисний для аналізу сегмента ST. Смуга пропускання для дорослих зазвичай становить від 0,05 до 100 Гц.

Виявлення кардіостимулятора - Виробники моніторів можуть використовувати різноманітні як апаратні, так і програмні методи для фільтрації шуму та посилення піку кардіостимулятора [38].

Інші монітори кровообігу - Клінічне застосування розширеного моніторингу серцево-судинної системи обговорюється окремо, в актуальних темах щодо клінічних сценаріїв, в яких вони часто використовуються.

Ультразвук можна використовувати для виявлення пульсу, який важко промацати, наприклад, у пацієнтів з ожирінням, дітей або пацієнтів у стані

шоку. Безперервний ультразвуковий моніторинг периферичних пульсів не є широко доступним.

Центральні венозні катетери - моніторинг центрального венозного тиску (ЦВТ) більше не використовується рутинно для управління інтраопераційною заміною рідини. ЦВТ є неточним сурогатом переднавантаження серця і не виявляє і не прогнозує набряк легенів, що свідчить про гіперволемію.

Центральні венозні катетери можуть бути встановлені для безпечного внутрішньосудинного доступу, введення концентрованих вазопресорів та/або для встановлення катетера легеневої артерії.

Катетери легеневої артерії - У деяких пацієнтів може бути встановлений катетер легеневої артерії (КА) для отримання динамічної інформації щодо тиску в легеневій артерії (ТЛА), серцевого викиду (СВ) та насичення змішаної венозної крові киснем (SVO₂). Рутинне використання катетерів легеневої артерії втратило популярність через брак доказів їхньої користі для зниження смертності у хірургічних пацієнтів.

Техніку встановлення, показання та протипоказання, а також інтерпретацію даних, отриманих за допомогою ДВМ, детально обговорюють окремо.

Інтраопераційна черезстравохідна ехокардіографія (ЧСЕхоКГ) - ЧСЕхоКГ передбачає введення мініатюрного ультразвукового датчика в стравохід для візуалізації серця. У порівнянні з трансторакальною ехокардіографією, ТЕхоКГ забезпечує кращий огляд задніх структур серця і полегшує безперервний моніторинг. Інтраопераційна ТЕЕ детально обговорюється окремо.

Інші монітори гемодинаміки (ГД) - для інтраопераційного моніторингу ГД доступний ряд неінвазивних пристроїв, включаючи доплерівські технології, аналіз контуру пульсу (форми артеріальної хвилі) і торакальні імпедансні пристрої.

Доплерівські методи дозволяють досягти точності, подібної до точності катетерів легеневої артерії з терморозчиненням. Аналіз контуру пульсу (форма артеріальної хвилі) та пристрої грудного імпедансу вивчалися не так ретельно, але більшість досліджень вказують на те, що вони є менш точними.

Ці пристрої надають оцінку серцевого викиду, ударного об'єму і часу систолічного потоку в реальному часі. Тенденції цих змінних, а також дихальні зміни ударного об'єму і пульсового тиску можуть бути використані для управління інтраопераційною інфузійною терапією.

-Черезстравохідна доплерографія - Черезстравохідна доплерографія (ЧСД) вимірює швидкість кровотоку в низхідній грудній аорті за допомогою гнучкого зонда, який містить доплерівський датчик на своєму наконечнику.

ТЕД вимагає навчання, а результати залежать від досвіду користувача і точного позиціонування датчика. Положення датчика може потребувати

частого коригування, особливо якщо положення пацієнта змінюється під час операції. Пристрій можна використовувати лише для седативних або анестезованих пацієнтів, і, як правило, його не продовжують використовувати у післяанестезіологічному відділенні. У деяких пацієнтів TED може бути менш точним. Наприклад, розрахунки припускають, що приблизно 70 відсотків серцевого викиду потрапляє в низхідну аорту, що може бути неточним у пацієнтів з гіповолемією, кровотік яких перенаправляється до мозкового кровообігу.

-Аналізатори контуру пульсу (форми сигналу артеріального пульсу) - ці пристрої оцінюють серцевий викид шляхом аналізу форми сигналу від внутрішньоартеріального катетера.

-Монітори грудного імпедансу - ці прилади не дуже широко використовуються в операційній. Вони використовують принцип, згідно з яким кількість крові в грудній клітці змінюється з кожним серцебиттям, що викликає відповідну зміну електричної провідності грудної клітки.

-Плетизмографічна форма хвилі - Плетизмографічна (плетизмографічна) форма хвилі, що відображається пульсоксиметром, аналізується деякими моніторами для прогнозування реакції на рідину.

Моніторинг температури - ми погоджуємося зі стандартами Американського товариства анестезіологів щодо моніторингу температури, в яких зазначено, що кожному пацієнту слід проводити моніторинг температури, коли передбачається, очікується або підозрюється клінічно значуща зміна температури тіла. На практиці це означає, що температуру слід вимірювати у більшості пацієнтів, яким проводять загальну анестезію тривалістю понад 30 хвилин або великі хірургічні втручання з нейраксиальною анестезією. Температуру пацієнта слід контролювати для виявлення змін (зазвичай гіпотермії), для керівництва тепловим менеджментом і для виявлення злоякісної гіпертермії. Температуру тіла слід контролювати інтраопераційно, коли це можливо; оптимальне місце моніторингу залежить від хірургічної процедури та типу анестезії.

Місця моніторингу температури - температуру ядра моніторять у ділянках з високою перфузією, де температура однорідна і висока порівняно з іншими ділянками. Температуру ядра контролюють за допомогою носоглоткового (із введенням зонда на 10-20 см), дистального відділу стравоходу, барабанної перетинки або легеневої артерії. Носоглоткові або стравохідні датчики використовуються рутинно під час загальної анестезії. Альтернативні місця моніторингу температури можуть знадобитися під час деяких процедур (наприклад, хірургічних втручань у ротовій порожнині або стравоході), для пацієнтів з регіональною анестезією або під час загальної анестезії з маскою для обличчя або надгортанним повітропроводом для управління дихальними шляхами. За межами Сполучених Штатів термометр з двома сенсорами прикладають до чола. Кілька досліджень

показали, що цей тип монітора добре корелює з іншими методами вимірювання температури тіла під час анестезії .

Температура в пахвовій западині, сечовому міхурі та прямій кишці може бути достатньою для оцінки температури ядра, хоча в кожній точці можливі артефакти.

Пахвова температура є найточнішою, коли датчик розташовується над пахвовою артерією, а рука знаходиться на боці пацієнта . В одному дослідженні новий бездротовий пристрій для моніторингу температури, прикріплений до виголеної шкіри над пахвовою артерією, наближався до одночасно вимірної температури ядра під час загальної анестезії для некардіальної хірургії, із середньою різницею (стравохідна мінус пахвова) $0,14\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0,26\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Температура сечового міхура корелює з ректальною температурою, а на точність впливає потік сечі .

Ректальна температура може точно відобразити температуру тіла , але змінюється повільно під час швидких змін температури тіла і може не підвищуватися швидко під час злоякісних гіпертермічних кризів . Ректальну температуру рідко вимірюють через ризик перфорації прямої кишки датчиком.

Обладнання - Більшість температурних датчиків, що використовуються в анестезії носоглотки, стравоходу та пахвових ділянок, є терморезисторами, тобто напівпровідниками, електричний опір яких зменшується зі зростанням температури. Зазвичай вони покриті гладким пластиковим шаром для полегшення атравматичного введення і є одноразовими. Температурні датчики, вбудовані в катетери Фолея, використовуються для моніторингу температури сечового міхура.

Зонди барабанної перетинки - це термопари з м'яким наконечником, які вводяться в слуховий прохід і прилягають до барабанної перетинки. Ці пристрої відрізняються від інфрачервоних сканерів барабанної перетинки і є набагато точнішими за них, а також забезпечують безперервне вимірювання температури тіла в реальному часі .

Інфрачервоні сканери скроневої артерії та барабанної перетинки, які все частіше використовуються у післяопераційних відділеннях, недостатньо точні для моніторингу під час анестезії .

Вимірювання температури під час серцево-легеневого шунтування обговорюється окремо.

Інші монітори - інтраопераційне використання церебральної оксиметрії, транскраніальної доплерографії та моніторингу яремної венозної цибулини обговорюються окремо.

Стандартне обладнання моніторів включає вимірювання кінцевого рівня вуглекислого газу (ETCO₂), концентрації вдихуваного кисню, а також

сигналізацію про низьку концентрацію кисню та відключення апарату ШВЛ.

Монітори дихання

-Пульсоксиметри забезпечують об'єктивне вимірювання оксигенації та відображають плетизмографічну форму хвилі, яка обробляється для визначення частоти серцевих скорочень. Аналізатор кисню вдиху повинен використовуватися під час кожної анестезії, в якій використовується наркозний апарат.

-Вентиляція під час анестезії оцінюється клінічно (тобто шляхом спостереження за екскурсією грудної клітки, аускультатії дихальних шумів, рухом резервуарного мішка) і за допомогою капнографії. Капнографія може бути використана для виявлення клінічних змін (наприклад, малих або великих обструкцій дихальних шляхів, внутрішніх захворювань легень або вентиляційних зусиль) та/або несправності обладнання (наприклад, витoku дихального контуру або перегину ендотрахеальної трубки).

Моніторинг серцево-судинної системи

-Стандартним пристроєм для інтраопераційного неінвазивного моніторингу артеріального тиску є автоматичний офісний тонометр. Найпоширенішим джерелом помилки вимірювання є використання манжети неправильного розміру. Довжина манжети повинна становити 80%, а ширина - 46% окружності плеча. Прямий або інвазивний моніторинг артеріального тиску може використовуватися для анестезії пацієнтів з високим ризиком та/або хірургічних процедур з високим ризиком.

-Під час анестезії бажано використовувати п'ять відведень електрокардіограми. Відведення II і V5 зазвичай моніторять одночасно, щоб оптимізувати виявлення як ритму, так і ішемії.

Катетери легеневої артерії, черезстравохідна ехокардіографія (ЧСЕХОКГ) та інші неінвазивні монітори гемодинаміки можуть використовуватися для моніторингу серцево-судинної функції в окремих пацієнтів.

Моніторинг температури - температуру пацієнта слід контролювати під час кожної анестезії. За можливості слід контролювати температуру тіла за допомогою носоглоткового, дистального відділу стравоходу або рідше барабанної перетинки чи легеневої артерії. При використанні пахвового температурного датчика його слід розміщувати над пахвовою артерією, тримаючи руку на боці пацієнта для найбільш точного вимірювання.

5. Фармакологія анестетиків

Фармакологія анестетиків є критично важливою складовою анестезіології, яка визначає ефективність і безпеку анестезії для пацієнтів. Анестетики

використовуються для досягнення необхідного рівня анестезії — від знеболення до глибокого знепритомнення, що є необхідним для проведення хірургічних втручань. Вони можуть бути поділені на кілька категорій залежно від способу введення і механізму дії. Однією з основних категорій є загальні анестетики, які застосовуються для індукції і підтримки глибокого знеболення і втрати свідомості. Ці препарати можуть бути інгаляційними, такими як севофлуран, ізофлуран та десфлуран, або неінгаляційними, до яких відносяться пропофол, кетамін та тіопентал натрію.

Інгаляційні анестетики вводяться через дихальні шляхи і, як правило, мають низьку токсичність для органів, що робить їх основним вибором для тривалих операцій. Наприклад, севофлуран володіє швидким початком і відновленням після анестезії, що дозволяє зменшити час післяопераційного відновлення. Десфлуран відомий своєю швидкою кінетикою інгаляції, що робить його ідеальним для короткотривалих хірургічних процедур, а ізофлуран, хоч і використовується рідше, стабільно підтримує анестезію впродовж тривалих операцій, хоча може викликати аритмії.

Неінгаляційні анестетики, зокрема пропофол, кетамін та тіопентал натрію, застосовуються для індукції анестезії та підтримки знеболення в разі, коли інгаляційні анестетики не можуть бути використані або не є оптимальними. Пропофол є найбільш поширеним серед них, оскільки він швидко індукує анестезію і має короткий період виведення, що дозволяє пацієнтові швидко прокинутися після процедури. Кетамін володіє додатковими властивостями, такими як анальгезія і збереження дихання, що робить його особливо корисним при травматичних операціях або у пацієнтів з ризиком дихальних ускладнень.

Місцеві анестетики, на відміну від загальних, застосовуються для знеболення в обмежених ділянках тіла, при цьому пацієнт зберігає свідомість. Місцеві анестетики блокують нервові імпульси на рівні периферичних нервів, запобігаючи передачі болю в мозок. До основних представників місцевих анестетиків відносяться лідокаїн, бупівакаїн та ропівакаїн. Лідокаїн є найбільш популярним завдяки своїй швидкій дії і короткому періоду виведення, що робить його ідеальним для процедур, які потребують швидкого початку анестезії. Бупівакаїн застосовується для довготривалих процедур, таких як епідуральна анестезія, оскільки він має більшу тривалість дії, але має вищий ризик токсичних реакцій, особливо при передозуванні. Ропівакаїн є більш безпечним аналогом бупівакаїну, з меншою ймовірністю серцево-судинних ускладнень, але також володіє довготривалим ефектом.

Для покращення ефективності анестезії часто використовуються допоміжні препарати, звані ад'ювантами. До них належать опіоїди, седативні препарати та антихолінестеразні препарати. Опіоїди, такі як фентаніл та морфін, використовуються для зниження болю під час операцій, часто в

поєднанні з іншими анестетиками, щоб забезпечити більш ефективне знеболення. Седативні препарати, зокрема мідозалам, діазепам, допомагають знизити тривожність пацієнта перед операцією та забезпечити належну медикаментозну підтримку. Антихолінестеразні препарати, такі як неостигмін, допомагають швидко відновити м'язову активність після застосування міорелаксантів.

Анестетики діють через різноманітні механізми. Інгаляційні препарати, як севофлуран і десфлуран, впливають на рецептори гамма-аміномасляної кислоти (ГАМК), що призводить до гіперполяризації нейронів і блокування передачі нервових імпульсів. Пропофол також активує ГАМК-рецептори, тоді як кетамін блокує NMDA-рецептори, що відповідають за передачу болю і стресу. Місцеві анестетики, такі як лідокаїн і бупівакаїн, блокують натрієві канали на рівні периферичних нервів, що перешкоджає проведенню нервових імпульсів.

Проте, як і будь-які препарати, анестетики можуть спричинити побічні ефекти. До них відносяться гіпотензія, аритмії, пригнічення дихання, а також токсичні реакції, що можуть виникати при перевищенні доз, особливо у випадку місцевих анестетиків. Наприклад, бупівакаїн може спричинити серйозні серцево-судинні ускладнення при передозуванні. Пропофол може викликати гіпотензію і пригнічення дихання, що вимагає ретельного моніторингу стану пацієнта під час і після операції.

Знання фармакології анестетиків є основою безпечної анестезії, оскільки правильне застосування препаратів дозволяє мінімізувати ризики та забезпечити пацієнтові максимальний комфорт та безпеку під час хірургічного втручання.

6. Інтубація та штучна вентиляція легень

Інтубація та штучна вентиляція легень (ШВЛ) є важливими процедурами в анестезії та реанімації, які забезпечують прохідність дихальних шляхів і нормалізацію газообміну. Ці методи використовуються у випадках, коли пацієнт не може самостійно дихати через різні причини, такі як важкі травми, важкі захворювання легень, а також під час хірургічних втручань, що потребують анестезії.

Інтубація

Інтубація — це процедура, при якій в дихальні шляхи пацієнта вводиться інтубаційна трубка, що забезпечує механічний прохід повітря до легень.

Показання для інтубації

- Важкі дихальні розлади.
- Потреба в анестезії для хірургічного втручання.
- Ризик аспірації (наприклад, у пацієнтів з порушеннями свідомості).
- Дихальна недостатність, що не піддається корекції.

Інтубація є важливою медичною процедурою, що передбачає введення інтубаційної трубки в трахею пацієнта для забезпечення прохідності

дихальних шляхів і підтримки вентиляції легень. Техніка проведення інтубації вимагає ретельної підготовки та виконання, оскільки помилки можуть призвести до серйозних ускладнень.

Перед початком процедури необхідно провести оцінку стану пацієнта, зокрема з'ясувати його медичну історію, наявність алергій та загальний стан свідомості. Також слід підготувати все необхідне обладнання: інтубаційну трубку, ларингоскоп, кисневий мішок, анестетики та засоби для седації. Використання анестезії та седації допомагає зменшити дискомфорт пацієнта під час процедури, особливо якщо пацієнт свідомий.

Під час інтубації пацієнта укладають на спину з легким підвищенням голови. Це покращує доступ до дихальних шляхів. Після цього слід використовувати ларингоскоп для візуалізації гортані та голосової щілини, що дозволяє точно ввести трубку в трахею. Інтубаційна трубка повинна бути введена на певну глибину, щоб уникнути помилок. Після введення трубки важливо перевірити, чи вона знаходиться в правильному положенні, прослуховуючи дихання пацієнта з обох сторін грудної клітки та використовуючи капнографію для контролю вуглекислого газу.

Після успішної інтубації трубку слід закріпити спеціальними фіксаторами, щоб уникнути випадкового витягування. Моніторинг життєвих показників пацієнта, таких як частота серцебиття, артеріальний тиск і сатурація киснем, є обов'язковим. У разі потреби пацієнту може бути надана штучна вентиляція легень.

Хоча інтубація є стандартною процедурою в багатьох клінічних ситуаціях, вона пов'язана з певними ризиками, такими як травми дихальних шляхів або неправильне розташування трубки, що може призвести до аспірації. Важливо, щоб процедура проводилася кваліфікованим медичним працівником, оскільки своєчасне та точне виконання може зберегти життя пацієнта в критичних випадках.

Штучна вентиляція легень

ШВЛ — це процес, при якому використовуються механічні або ручні апарати для забезпечення дихання пацієнта.

Показання для ШВЛ

- Важка дихальна недостатність.
- Інтубація пацієнта з потребою в підтримці дихання.
- Аспіраційна пневмонія.

Типи ШВЛ

Механічна вентиляція: Використання апаратів для автоматизації процесу дихання. Механічні вентилятори можуть використовуватися в режимах об'ємної або тискової вентиляції.

Респіраторний драйв: Нормальна частота дихання становить 12-20 дихальних рухів за хвилину. Респіраторний драйв (імпульс дихального центру, що стимулює вдих) контролюється концентрацією іонів водню в спинномозковій рідині і модифікується рецепторами по всьому організму. Підвищений внутрішньочерепний тиск, введення опіоїдів та інших лікарських препаратів можуть викликати пригнічення дихального центру і, відповідно, зменшення респіраторного драйву, що призводить до недостатньої для підтримки адекватного рівня насичення киснем і виведення вуглекислого газу (CO₂) вентиляції.1-3

Дихальні зусилля: Дихальні зусилля – це механічна робота, необхідна для підтримки належної оксигенації та вентиляції. Біль, ацидоз та гіперметаболічні стани призводять до підвищення дихальних зусиль. Це не обов'язково патологічний стан, але інтенсивні дихальні зусилля можуть вказувати на те, що у пацієнта підвищене утворення CO₂, і йому може знадобитись респіраторна підтримка. Тахіпноє (пришвидшене дихання), що виникає внаслідок шоку, може призвести до виснаження дихальних м'язів, що в кінцевому результаті може вимагати проведення штучної вентиляції легень.1-3

Податливість (комплаєнс) легень: Намагання легень повернутися до вихідного об'єму з "роздутого" стану – хороше концептуальне пояснення податливості. COMPLAENS легень впливає на всі функції дихальної системи. Викликати зміни податливості легень можуть як внутрішні, так і зовнішні чинники. Наприклад, ателектаз або кров в альвеолах можуть спричинити зниження комплаєнсу легень. Прикладами зовнішніх причин зниження податливості легень є ожиріння, вагітність, опіки та травми грудної клітки. Зниження комплаєнсу легень з будь-якої причини може призвести до гіпоксії і гіперкапнії. Фентаніл також може спричинити ригідність грудної клітки, що призводить до порушення податливості легень.1-3

Дихальний об'єм (ДО, англ. TV/Vt): Це об'єм повітря, яке обмінюється за один дихальний цикл. Зменшення дихального об'єму може бути результатом зовнішньої компресії (наприклад, пневмотораксу, гемотораксу, напруженого пневмотораксу) внаслідок зменшення робочого об'єму легень. Динамічна гіперінфляція, також відома як "накопичення вдихуваного повітря", спричинена нездатністю повністю видихнути і може призвести до "автоматичного підвищення позитивного тиску в кінці видиху (авто-ПТКВ)". Це може бути пов'язано з недостатнім часом для видиху, обструкцією дихальних шляхів або і з тим, і з іншим. Цей стан спричиняє зменшення дихального об'єму та може призвести до гемодинамічних порушень.1-3

Оксигенація: Успішне зв'язування кисню з гемоглобіном на клітинному

рівні в альвеолах впливає на значення SaO_2 (насичення, або сатурація, артеріальної крові киснем) і SpO_2 (показник сатурації крові киснем при пульсоксиметрії). Успішний альвеолярний газообмін забезпечує ефективне аеробне дихання на клітинному рівні в усіх тканинах організму зі збереженою перфузією.

Дифузія/обмін: Процес, під час якого вуглекислий газ (CO_2) обмінюється на кисень (O_2) в легневих капілярах для транспорту до тканин організму. Патологічні стани, такі як набряк легень, пневмонія і гострий респіраторний дистрес-синдром (ГРДС), можуть порушувати дифузію кисню через альвеолярну мембрану, що призводить до зниження насичення гемоглобіну киснем.1-3

Частка вдихуваного кисню (FiO_2): Звичайне атмосферне повітря містить 21% кисню, або $FiO_2=0.21$. Збільшуючи відсоток кисню, який доставляється пацієнту (додатковий кисень), ви потенційно можете збільшити насичення артеріальної крові киснем і вміст кисню в крові.1-3

Мертвий простір: Будь-яка частина дихальних шляхів, у якій не відбувається газообмін, наприклад глотка, гортань, трахея, бронхи і трубки апарата ШВЛ.

Гіпоксія: Дефіцит O_2 в тканинах, достатньо значний, щоб викликати порушення функції. Існує чотири типи гіпоксії, які необхідно враховувати при проведенні вентиляції легень:1-3

Гіпоксична гіпоксія: виникає, коли в навколишньому середовищі недостатньо доступного O_2 , або коли зниження атмосферного тиску перешкоджає дифузії O_2 з легенів у кров. Найчастіше це відбувається під час польотів у негерметичних літаках на великій висоті (>3 000 м). Це можна коригувати за допомогою додаткового кисню.

Гемічна гіпоксія: Зниження здатності крові переносити кисень через недостатню кількість еритроцитів (наприклад: кровотеча, анемія) або ушкодження еритроцитів, вплив монооксиду вуглецю (отруєння $[CO]$ і т.д.). У такому випадку необхідно впливати на основну причину.

Циркуляторна (застійна) гіпоксія: Виникає на рівні кровообігу. Здатність крові переносити O_2 достатня, але циркуляція недостатня (наприклад, при великих значеннях сили гравітації, при серцевій недостатності, оклюзії кровоносних судин). У такому випадку необхідно впливати на основну причину.

Тканинна гіпоксія: Виникає в результаті порушення використання O_2 тканинами організму. При вдиханні або пероральному вживанні алкоголю, наркотиків або інших отруйних речовин (наприклад, ціаніду) вони доставляються в тканини з кров'ю, де отруюють тканини, перешкоджаючи використанню доступного O_2 . Для лікування тканинної гіпоксії необхідно усунути основний причинний фактор.1-3

Вентиляція

Хвилиний об'єм дихання (ХОД, англ. minute ventilation, VE): Дихальний об'єм, помножений на частоту дихання (в нормі 60 мл/кг/хв), зазвичай виражається в літрах. Організм регулює концентрацію вуглекислого газу за допомогою зміни ХОД. Збільшення вуглекислого газу веде до збільшення частоти дихання та/або дихального об'єму, збільшуючи хвилиний об'єм дихання (кількість вентиляваного за 1 хвилину повітря).1-3

Піковий тиск на вдиху (ПТВ, англ. Peak Inspiratory Pressure, PIP): Найбільший тиск в легенях під час вдиху. Було показано, що тиск вище 35 мм рт.ст. викликає пошкодження легень, пов'язане з тиском (баротравму). В ідеалі тиск повинен залишатися на рівні 30 мм рт.ст. і нижче. Підвищений піковий тиск зазвичай виникає через збільшення опору в дихальній системі (наприклад: напружений пневмоторакс, нездатність до адекватного видиху, набряк).1-3

Гази артеріальної крові (ГАК): Це золотий стандарт для оцінки кислотно-лужного стану, оксигенації, вентиляції та коригування параметрів апарата ШВЛ. Якщо у вас є портативний аналізатор газів крові, це дозволить більш точно налаштувати апарат ШВЛ, ввівши цільові значення параметрів. Відомі показники ГАК значно покращать якість телемедичної консультації з ведення критичного пацієнта. Розгляньте можливість встановлення артеріальної канюлі для безперервного інвазивного вимірювання артеріального тиску та можливості аналізу ГАК, якщо це відповідає рівню підготовки медичного працівника та можливо в даній ситуації.

Нормальні	значення				ГАК:
pH					(7,35-7,45)
PaO ₂	(75-100	мм	рт.		ст.)
PaCO ₂	2	(35-45	мм	рт.	ст.)
HCO ₃		(22-26			ммоль/л)
Надлишок/дефіцит	основ	(від	-4	до	+2)
SaO ₂					(95-100%)
Показники					ГАК

pH: Показник концентрації іонів водню (тобто кислотно-лужного стану). Ацидоз (низький рівень pH) призводить у пацієнтів з травмами до коагулопатій, а також до розвитку потенційно смертельних серцевих аритмій.

PaO₂: Показник розчиненого в крові кисню, а також адекватності газообміну на клітинному рівні.

PaCO₂: Показник розчиненого в крові вуглекислого газу, а також адекватності газообміну на клітинному рівні.

HCO₃: Вміст бікарбонату в крові, служить буфером для кислот.

Надлишок основ: Дає уявлення про метаболічний компонент аналізу газів крові; швидше за все, не змінить керування апаратом ШВЛ у польових

умовах, але може надати інформацію для телемедичної консультації щодо адекватності ресусцитації.

SaO₂: Відсоток кисню, зв'язаного з гемоглобіном в артеріальній крові, тісно корелює зі значенням SpO₂.

Рівень CO₂ наприкінці видиху (End Tidal CO₂, ET_{CO2}): Значення вмісту вуглекислого газу наприкінці видиху. Нормальні значення становлять 35-45 мм рт.ст. Гази, які видихаються, аналізуються або за допомогою монітора життєвих показників, або за допомогою портативних капнометрів (наприклад, EMMA). Кількісний капнограф або капнометр є клінічним стандартом при наданні допомоги пацієнтам, яким проводиться інвазивна ШВЛ.

Тиск плато (ТП, англ. Plateau Pressure, PPLAT): Тиск у дрібних дихальних шляхах і альвеолах під час ШВЛ з позитивним тиском. Він вимірюється під час інспіраторної паузи (на висоті вдиху) апаратом ШВЛ. Пацієнт на штучній вентиляції легень з тиском плато більше 35 см має підвищений ризик баротравми.

Режими з цільовим контролем об'єму: Об'єм постійний, вдих припиняється при досягненні заданого ДО. Піковий тиск в дихальних шляхах є змінним і збільшується в міру необхідності для забезпечення встановленого ДО. Зазвичай представлений у вигляді кривої потоку прямокутної форми.

Режими з цільовим контролем тиску: Об'єм змінний, вдих припиняється, коли потік повітря падає нижче порогового рівня. Піковий тиск в дихальних шляхах фіксований, визначається заданим рівнем тиску. Зазвичай представлений у вигляді кривої потоку низхідної форми.

Дихальний об'єм (ДО, V_t): Це об'єм газу, що обмінюється під час дихального циклу; зазвичай, виражається в мілілітрах. ДО найчастіше встановлюють у межах 4-8 мл/кг ідеальної маси тіла (ІМТ), щоб запобігти надмірному розтягуванню легень та баротравмі.

Частота (f): Це частота дихання за хвилину (пацієнта або апарата ШВЛ). Відома як частота дихання (ЧД, RR).

Хвилиний об'єм вентиляції (V_e): Середній об'єм газу, що надходить або виходить з легень за хвилину, зазвичай виражається у літрах за хвилину.

Добуток ДО і ЧД. Нормальний V_e становить 5-10 л/хв.

Час вдиху (I) і видиху (E) та співвідношення I:E: Це період часу, протягом якого доставляється ДО. Встановлення більш короткого часу вдиху (I) призводить до вищої швидкості потоку повітря при вентиляції з контролем об'єму. Середній час вдиху дорослої людини становить від 0,7 до 1 секунди.

Співвідношення I:E зазвичай становить 1:2.

Позитивний тиск у кінці видиху (ПТКВ, англ. Positive end-expiratory pressure, PEEP): Це значення позитивного тиску, який підтримується в альвеолах у кінці видиху. Він виражається в сантиметрах водного стовпчика (см вод.ст.). Мета ПТКВ – збільшити кількість повітря в легенях наприкінці видиху, зменшуючи спадання альвеол. Нормальний

фізіологічний ПТКВ становить 5 см вод.ст. Підтримка тиску (ПТ, англ. Pressure Support, PS): Забезпечує подачу потоку повітря при заданому тиску, як правило, для подолання опору дихальних шляхів і дихального контура апарата ШВЛ. ПТ також може використовуватися для підтримки пацієнта зі спонтанним диханням, як наприклад, при Bi-РАР. Швидкість потоку: Це швидкість, з якою газ надходить до пацієнта, виражена в літрах на хвилину. Коли швидкість потоку встановлена вище, швидкість подачі газу збільшується, а час вдиху скорочується. Піковий тиск на вдиху (ПТВ, англ. Peak Inspiratory Pressure, PIP): Загальний тиск, необхідний для доставки ДО, що залежить від різних факторів, а саме опору дихальних шляхів, піддатливості легень і грудної стінки. Він виражається в сантиметрах водного стовпчика (см вод.ст.). Чутливість (або чутливість тригера): Зусилля або негативний тиск, необхідний пацієнту для запуску дихального циклу апаратом ШВЛ; зазвичай, встановлюється таким чином, щоб для запуску дихального циклу апаратом було потрібно мінімальне зусилля (від -1 до -2 см вод. ст.).
Режими роботи апарата ШВЛ

Режими з цільовим контролем об'єму

Режими з цільовим контролем об'єму: Допоміжна/контрольована за об'ємом вентиляція (Volume Assist/Control, V-AC), допоміжна/контрольована вентиляція (Assist Control, AC) або вентиляція з контролем об'єму (Volume Control Ventilation, VCV): Забезпечує задану кількість примусових вдихів за хвилину. Пацієнт може також самостійно дихати на додаток до примусових вдихів, при цьому отримуючи повний заданий дихальний об'єм. Тиск в дихальних шляхах може змінюватися під час подачі повітря.1-3 Синхронізована періодична примусова вентиляція з контролем об'єму (Volume Synchronized Intermittent Mandatory Ventilation, V-SIMV) поєднує в собі примусові (апаратні) вдихи і підтримувальні вдихи. Апарат ШВЛ забезпечує задану кількість примусових вдихів за хвилину. Будь-які вдихи, що перевищують встановлену частоту дихання, будуть підтримуватися фіксованою величиною тиску.1-3

Режими з цільовим контролем тиску: Вентиляція з підтримкою тиску (Pressure Support Ventilation, PSV) підтримує кожен вдих пацієнта із заданою величиною тиску. Примусові вдихи апарат не здійснює, тому пацієнт повинен мати збережене спонтанне дихання.

Допоміжна/контрольована вентиляція з контролем тиску (Pressure Assist control, P-AC), або вентиляція з контролем тиску (Pressure Control Ventilation, PCV), забезпечує задану кількість примусових вдихів з

контролем тиску, під час яких пацієнт отримує дихальну суміш під фіксованим тиском протягом заданого часу вдиху. Кожен вдих понад задану частоту дихання буде здійснений під таким же контрольованим тиском. Дихальний об'єм, що доставляється, залежатиме від величини тиску, податливості легень та опору дихальних шляхів пацієнта. Адаптивна підтримуюча вентиляція (Adaptive Support Ventilation, ASV): (доступна тільки на Hamilton T1) ASV забезпечує "розумний" режим вентиляції з безперервною регуляцією частоти дихання, дихального об'єму і часу вдиху залежно від механіки легень та дихальних зусиль пацієнта. Це схоже на режим "Auto-Flow" або інші подібні налаштування на апаратах різних виробників.

Постійний позитивний тиск у дихальних шляхах (Continuous Positive Airway Pressure, CPAP).

Контроль об'єму з регулюванням тиску (Pressure Regulated Volume Control, PRVC) (є лише на апараті "Impact 731").

Регульовані параметри апарата ШВЛ

Дихальний об'єм (V_t): об'єм газу, що вдихається/видихається протягом дихального циклу і, зазвичай, виражається в мілілітрах. V_t зазвичай встановлюється в межах 4-8 мл/кг ІМТ, щоб запобігти надмірному розтягуванню легень та баротравмі. 4-8

Ідеальна маса тіла (ІМТ): вага, стосовно якої розраховується дихальний об'єм (замість використання фактичної маси тіла). Це дозволяє вентилувати пацієнтів згідно з легенево-протективною стратегією. Коротку довідкову таблицю можна знайти в додатку А. ІМТ можна розрахувати вручну наступним чином:

Чоловіки: $\{(зріст \text{ в дюймах} - 60) \times 2,2\} + 50$ (наприклад, $72 \text{ дюйма} - 60 = 12$; $12 \times 2,2 = 26,4$; $26,4 + 50 = \text{маса тіла } 76,4 \text{ кг}$)

Жінки: $\{(зріст \text{ в дюймах} - 60) \times 2,2\} + 45$ (наприклад, $65 \text{ дюймів} - 60 = 5$; $5 \times 2,2 = 11$; $11 + 45 = \text{маса тіла } 56 \text{ кг}$)

[Для розрахунку ідеальної маси тіла, використовуючи зріст в см, можна скористатись формулами ARDSnet:

чоловіки: $50 + (0,91 \times [зріст \text{ у см} - 152,4])$

жінки: $45,5 + (0,91 \times [зріст \text{ у см} - 152,4])$ або спрощений варіант для обох статей - $22 \times \text{зріст}^2$ - прим. Ред.]

Хвилинна вентиляція (VE): середній об'єм газу, що надходить або виходить з легень за хвилину, зазвичай виражається в літрах за хвилину. Також називається хвилинним об'ємом вентиляції. Хвилинна вентиляція - це добуток V_t і RR (ЧД, частоти дихання). Нормальна VE становить 5-10 л/хв. 4-8

Співвідношення I:E: Дивіться визначення I:E. I:E може потребувати додаткового налаштування, якщо пацієнту необхідно мати триваліший час видиху. 4-8 Наприклад, пацієнт з астмою може потребувати співвідношення

I:E 1:3, 1:4 або 1:5, тобто більше часу на видих. Швидкість потоку: Це швидкість, з якою газ надходить до пацієнта, виражена в літрах на хвилину. Коли швидкість потоку встановлена на вищих значеннях, швидкість подачі газу збільшується, а час вдиху скорочується.4-8

Піковий тиск на вдиху (Peak Inspiratory Pressure, PIP): Загальний тиск, необхідний для доставки V_t ; залежить від різних факторів, а саме опору дихальних шляхів, податливості легень і грудної стінки. Він виражається в сантиметрах водного стовпчика (см вод.ст.).

Чутливість (або чутливість тригера): Зусилля або негативний тиск, необхідний пацієнту для запуску дихального циклу апаратом ШВЛ; зазвичай встановлюється таким чином, щоб для ініціації дихального циклу вимагалось мінімальне (від -1 до -2 см рт.ст.) зусилля.1,3 Це, зазвичай, спостерігається при допоміжних режимах роботи апарата ШВЛ.

Сигнали попередження про зміну тиску: Сигнали попередження про зміну тиску повідомляють медичних працівників про значення тиску, яке виходить за межі належного діапазону і може завдати шкоди пацієнтові у вигляді баротравми (надлишковий тиск) або недостатньої вентиляції (порушення цілісності дихального контура або недостатній тиск). Тиск визначається шляхом підключення пацієнта до апарата ШВЛ на ~ 1-2 хвилини та визначення власного пікового тиску на вдиху. (Позначка "PEAK" на апараті ШВЛ "754" (вгорі праворуч); позначка "reak" на апараті ШВЛ "Hamilton T1" (вгорі ліворуч); позначка як "PIP" на "ZOLL EMV+" (731) (праворуч по центру). Стандартні налаштування сигналів повинні бути такими:

Сигнал попередження про високий тиск: на 10 см вод.ст. вище пікового тиску в дихальних шляхах.

Сигнал попередження про низький тиск: на 5 см вод.ст. нижче пікового тиску в дихальних шляхах.

Оцінювання

Раннє визначення потреби в штучній вентиляції легень має вирішальне значення для ефективного застосування апарата ШВЛ. Клінічна підозра є дуже важливою для адекватного передбачення прогресування дихальної недостатності у пацієнта. Дихальну недостатність, що вимагає вентиляції легень, може бути виявлено на ранній стадії при оцінці пораненого за алгоритмом MARCH: M - масивна кровотеча, A - прохідність дихальних шляхів, R - дихання, C - кровообіг і H - гіпотермія. Нездатність забезпечити адекватну оксигенацію, вентиляцію та захист дихальних шляхів є показами до проведення ШВЛ. Хоча використання апарата ШВЛ на місці отримання поранення є рідкістю, медик, який надає допомогу, може почати вживати заходів, необхідних для підготовки до використання апарата ШВЛ (наприклад, додатковий кисень, позиціонування, забезпечення прохідності

дихальних

шляхів).

ПРИМІТКА: Пацієнти з апное, з адекватним кровообігом та відкритими дихальними шляхами, потребують негайної штучної вентиляції легень (наприклад, маска з мішком типу Амбу).

Хоча визначення газів артеріальної крові є стандартом ведення пацієнтів з дихальною недостатністю, воно рідко є доступним в бойових умовах. Використання пульсоксиметрії (SpO₂) та капнографії/капнометрії (ETCO₂) може забезпечити швидку оцінку респіраторного статусу пацієнта (необхідні пристрої легко доступні в системах медичної логістики).

Значення SpO₂ <90% вказують на потенційні проблеми з оксигенацією; однак, ці показники можуть бути неточними через погану перфузію та вплив висоти над рівнем моря.

Значення ETCO₂ > 45 мм рт.ст. вказують на гіповентиляцію, особливо при відсутності тахіпное. Значення ETCO₂ <35 мм рт.ст. вказують на гіпервентиляцію і повинні бути скориговані найменш інвазивним способом. Подумайте про психологічну підготовку до механічної респіраторної підтримки.

У пацієнтів з низьким рівнем ETCO₂ і гіпервентиляцією слід зберігати високий індекс підозри щодо сепсису або метаболічного ацидозу іншого генезу.

Нездатність пораненого підтримувати належні значення SpO₂ або ETCO₂ за допомогою менш інвазивних заходів (допоміжні засоби для підтримки прохідності дихальних шляхів, додатковий рівень O₂ і т.д.) вказує на необхідність підвищення рівня підтримки. Якщо у вас є портативний аналізатор газів артеріальної крові, патологічні показники ГАК також вказуватимуть на необхідність респіраторної підтримки.

ПОПЕРЕДЖЕННЯ: Перед проведенням ШВЛ та/або застосуванням інвазивних методів забезпечення прохідності дихальних шляхів (наприклад, ендотрахеальної трубки (ЕТТ, надгортанних повітроводів) пацієнти повинні отримати адекватну седацію (і міорелаксацію, якщо це доречно/потрібно). Детальні рекомендації щодо застосування та підтримки такої седації можна знайти в Настановах з клінічної практики "Знеболення та седація під час тривалої допомоги в польових умовах".

Застосування

штучної

вентиляції

Якщо під час обстеження виявлено дихальну недостатність, яку можна компенсувати респіраторною підтримкою, своєчасний початок штучної вентиляції легень може покращити результати лікування поранених. Респіраторна підтримка може бути як базовою, наприклад, із використанням маски з мішком типу Амбу, так і складною, як-от за допомогою портативного апарата ШВЛ (наприклад, "Hamilton T1" або "Zoll EMV+").9,15

УВАГА: Дихальну підтримку за допомогою маски з мішком типу Амбу слід проводити в якості тимчасового заходу до тих пір, доки не буде доступним апарат ШВЛ. Вентиляція маскою з мішком типу Амбу забезпечує нерегулярні VT і частоту дихання, що призводить до неточних показників газів крові.

ПРИМІТКА: Для ефективної вентиляції багатьом пацієнтам може знадобитися посилена седація (і міорелаксація). У недостатньо седованих пацієнтів можуть частіше виникати сигнали попередження про високий тиск, оскільки їх частота і глибина дихання може перевищувати налаштовані на апараті ШВЛ, збільшуючи свій хвилинний об'єм та внутрішньогрудний тиск.

Початкові налаштування апарата ШВЛ

*Перед першим використанням переконайтеся, що апарат ШВЛ (у відповідних ситуаціях) попередньо налаштовано на використання параметрів за вибором користувача. Деякі апарати ШВЛ можуть бути налаштовані таким чином, щоб забезпечувати час вдиху (I-Time) замість співвідношення I:E. Якщо попередньо не налаштувати та не зберегти потрібні параметри, це може призвести до затримки у використанні апарата ШВЛ.

РЕЖИМ: AC або ASV (Тільки для Hamilton T1)
 BPM (ЧАСТОТА ДИХАННЯ ЗА ХВИЛИНУ, ЧД): 14/хв (діапазон 10-30)
 ДИХАЛЬНИЙ ОБ'ЄМ: 6 мл/кг ІМТ (діапазон 4-8 мл/кг)
 Коротка довідка (Чоловіки): (Детальна довідка в додатку А)

66"/168	см	=	~380	мл	[мін:	255	/	макс:	510]
69"/175	см	=	~420	мл	[мін:	283	/	макс:	566]
72"/183	см	=	~465	мл	[мін:	310	/	макс:	621]
75"/190	см	=	~505	мл	[мін:	338	/	макс:	676]
FIO ₂ : 21 - 100% (0.21-1.0) (низькопоточковий O ₂ зі швидкістю 3 л/хв (літри на хвилину) = ~ 40% FiO ₂ [швидкість потоку в концентраторі кисню Saros])									
Співвідношення					I:E: 1:2				

ПКТВ: 5 [Діапазон 5-20 см вод.ст.]
Підтримка тиску: 5 [Діапазон 5-20 см вод.ст.] Розгляньте можливість збільшення тиску, якщо у пацієнта набряк дихальних шляхів, або він вентильюється через ендотрахеальну трубку меншого діаметру.
Початкові налаштування апарата ШВЛ

ПРИМІТКА: Початкові налаштування апарата ШВЛ базуються на ідеальній масі тіла пацієнта і його клінічному стані. Однак, для початку лікування необхідні "базові", або стандартні відправні точки.

Встановіть апарат ШВЛ в режим допоміжної/контрольованої за об'ємом вентиляції (V-AC).
Налаштуйте параметри апарата за типом вентиляції. Дихальний об'єм = 4-6 мл/кг маси тіла (для середньостатистичного дорослого чоловіка цей показник становить 500 мл).
Встановіть частоту дихання для підтримки відповідної хвилинної вентиляції (VE) на рівні 4-8 л/хв (ДО x ЧД = VE).
Для хвилинної вентиляції 6L і VT 500 встановіть частоту дихання 12/хв.
Постійна капнометрія або капнографія є стандартом при веденні пацієнта з інвазивним забезпеченням прохідності дихальних шляхів. Вона повинна використовуватися для моніторингу вентиляції та як інструмент для збільшення або зменшення частоти дихання. ЕТСО₂ особливо важливий для спостереження за пацієнтами з ЧМТ.
Встановіть відповідний ПТКВ/РЕЕР. Почніть з мінімуму - 5 см вод.ст - і поступово збільшуйте за необхідності. У пацієнтів з гіпоксією рекомендується починати з 10 см вод.ст.
Встановіть FIO₂. Залежно від клінічного стану, пацієнту може знадобитися високий рівень FiO₂. Почніть зі 100% і поступово зменшуйте, використовуючи показники газів артеріальної крові та SpO₂. Не покладайтеся лише на SpO₂ (якщо це можливо).
Встановіть співвідношення вдиху та видиху (I:E) 1:2 для більшості пацієнтів. Змінюйте налаштування відповідно до клінічного стану пацієнта.
Потреба в кисні може бути приблизно розрахована за допомогою множення хвилинної вентиляції на FiO₂, для визначення необхідної швидкості потоку (літрів за хвилину) чистого O₂, (наприклад, VE 6 л/хв при 50% FiO₂ (0,5) = 3 л/хв необхідного балонного або генерованого O₂).
ПРИМІТКА: Повний балон типу D містить приблизно 425 літрів O₂ при 2200 фунтів на квадратний дюйм (154,68 кг/см²) (тобто для вказаної вище потреби у 3 літри на хвилину, цього об'єму вистачить приблизно на 141 хвилину). У розрахунках повинні враховуватися розбіжності в заповненні резервуара, витік газу, мертвий простір і т.д. (при плануванні помножте розраховану потребу на 1,5).

Можливі проблеми та їх вирішення

Порушення або втрата прохідності дихальних шляхів: Якщо в пацієнта почне падати сатурація або виникнуть проблеми з диханням, потрібно негайно відключити апарат ШВЛ та проводити вентиляцію вручну з використанням мішка типу Амбу (якщо можливо, з клапаном ПТКВ) та 100% O₂, одночасно корегуючи порушення шляхом застосування алгоритму D.O.P.E.7

Displacement/Зміщення ЕТТ: Потрібно перевірити, чи ендотрахеальна трубка (ЕТТ) розташована правильно, пацієнт не екстубований/ трубка під час транспортування не змістилась. Якщо ЕТТ просунулась вглиб, потрібно підтягнути її до попереднього положення (на початкову довжину) та провести вентиляцію мішком Амбу; якщо трубка вийшла з трахеї, НЕ НАМАГАЙТЕСЯ ВВЕСТИ ЇЇ ВГЛИБ без ларингоскопії або без застосування бужа для перевірки положення в трахеї. При просуванні бужа потрібно відчутти пальцями кільця трахеї або місце зупинки/опору в місці біфуркації трахеї. У разі виникнення сумнівів потрібно вийняти ендотрахеальну трубку та вентилувати мішком типу Амбу з маскою. Якщо потік повітря є достатнім, слід продовжувати виконувати вентиляцію легень пацієнта за допомогою мішка Амбу. Після стабілізації потрібно розглянути використання альтернативних розширених методів забезпечення прохідності дихальних шляхів (надгортанні повітроводи або крикотиреоїдотомія).

**Якщо ЕТТ вільно рухається, подумайте про розрив балона ендотрахеальної трубки, перевіривши це за допомогою манжетного манометра.9

Obstructions/Обструкція: Оцініть наявність виділень в ендотрахеальній трубці. За потреби проведіть відсмоктування.

Pressure/Тиск: Переконайтеся, що не розвинувся напружений пневмоторакс/гемоторакс (якщо у пацієнта є плевральний дренаж, перевірте, чи він належно функціонує, чи дренажна трубка прохідна (не перегнута/перетиснута). Якщо є підозра на напружений пневмо-/гемоторакс, потрібно негайно виконати голковий торакоцентез. За наявності циркулярного опіку оцініть необхідність проведення есхаротомії. Розгляньте застосування додаткової міорелаксації та седації у випадку, якщо пацієнт не толерує ШВЛ.7,9

Equipment/Обладнання: Переконайтеся, що апарат ШВЛ не вийшов з ладу, а кисневий балон не порожній. Якщо апарат ШВЛ знаходиться в робочому стані, перевірте прохідність і якість з'єднання усіх трубок, приєднаних до пацієнта (ЕТТ, трубки датчика тиску, трубки для видиху).7 Одночасний аналіз хвильової капнографії під час дій за алгоритмом D.O.P.E. може допомогти виявити причину порушень.

Сигнали попередження про високий тиск / Сигнали попередження про піковий тиск у дихальних шляхах (Піковий тиск >35 см вод.ст.): Усуньте порушення, що спричиняють підвищений опір в дихальних шляхах та зменшення податливості легеневої тканини, включаючи пневмоторакс або набряк легень. Перевірте апарат ШВЛ, щоб переконатись, що він доставляє встановлений дихальний об'єм. Перевірте, щоб не було перегнутих/перетиснутих трубок.

Витоки повітря, що зумовлюють сигнали попередження про низький тиск/втрату об'єму: Огляньте та за наявності усуньте витоки повітря в ендотрахеальній трубці, манжеті трахеостомічної трубки, системі вентиляції легень; ще раз перевірте апарат ШВЛ і переконайтеся, що подається рекомендований дихальний об'єм.⁹

Десинхронізація з апаратом ШВЛ: Це клінічний феномен, при якому постачання газу апаратом ШВЛ і дихальна механіка пацієнта не узгоджені між собою. Збудження і порушення дихання, що розвиваються у пацієнта на апараті ШВЛ, і який до цього, як здавалось, почувався комфортно, є важливою клінічною обставиною, що потребує ретельної оцінки та організованого підходу. У такій ситуації не завжди вимагається автоматичне повторне введення седативних препаратів — натомість пацієнта слід обстежити на наявність певних потенційно небезпечних для життя явищ, які можуть проявлятися у такий спосіб.¹⁴

Гіперінфляція легень (накопичення повітря) та авто-ПТКВ: Динамічна гіперінфляція пов'язана з позитивним тиском в альвеолах наприкінці видиху, або авто-ПТКВ. Фізіологічний вплив затримки і накопичення повітря в легенях при видиху включає зменшення переднавантаження серця внаслідок зменшення венозного повернення до серця. Це може призводити до гіпотензії, а при важкому перебігу - до безпульсової електричної активності та зупинки серця. Крім того, динамічна гіперінфляція може призводити до локальних ушкоджень - надмірного розширення та розриву альвеол. Потрібно запобігати гіперінфляції легень та усувати її шляхом зменшення дихального об'єму, зміни параметрів фаз вдиху та видиху, перемикання на інший режим та виправлення фізіологічних порушень, які підвищують опір дихальних шляхів.^{11,12} В екстреному випадку авто-ПТКВ внаслідок затримки та накопичення повітря при видиху можна полегшити, просто від'єднавши контур від ендотрахеальної трубки на 3-5 секунд, після чого знову під'єднавши його.

Зміни респіраторного статусу

Оцініть попередні втручання, що проводилися пацієнту.

Оцініть наступні показники респіраторного статусу пацієнта:
Частота дихання
Ритм
Глибина
Дихальні зусилля
Оцініть показники на моніторі:
Оксигенація (SpO₂)
ETCO₂ (при розширених методах забезпечення прохідності дихальних шляхів)
Моніторинг серцевої діяльності (якщо можливо)
Правило п'ятирок (прості налаштування апарата ШВЛ для дорослих)

Регулятор 1 — Увімкніть для калібрації. Ви повинні калібрувати апарат ШВЛ при кожному увімкненні. Поверніть регулятор праворуч. Світлодіодний дисплей висвітлить «Cal-Mode», а потім «Cal-OK»; повертайте регулятор ліворуч, повз "Постійний позитивний тиск у дихальних шляхах" ("CPAP") до режиму "Синхронізована періодична примусова вентиляція" ("SIMV") або "Допоміжно-контрольована вентиляція" ("Assist Control").
Регулятор 2 — «Ventilatory Rate» (частота ШВЛ) — встановіть на 10.
Регулятор 3 — співвідношення I:E = 1:2. Поверніть регулятор ліворуч до кінця. Цей параметр загалом підходить для всіх дорослих пацієнтів і дітей із травмами, які потребують штучної вентиляції легень. У разі супутніх хвороб, таких як хронічне обструктивне захворювання легень і астма, може вимагатися більш тривале співвідношення — відповідну оцінку слід виконати після встановлення початкових параметрів.
Регулятор 4 — Дихальний об'єм - 500 мл; за потреби відрегулюйте. Дихальний об'єм на апараті обчислюється з розрахунку 4-8 мл/кг, тому після початкового налаштування 500 мл рекомендується встановити об'єм з розрахунку $\frac{6}{6}$ мл/кг.
Регулятор 5 — Змішувач повітря/кисню. Для подачі кімнатного повітря регулятор потрібно повернути до кінця ліворуч, а для 100% O₂ – до кінця праворуч.

Ручна вентиляція: Використання мішка Амбу для вентиляції пацієнта, зазвичай в екстрених ситуаціях або до моменту підключення до механічного апарату.

Принципи механічної вентиляції

- Контроль параметрів дихання (частота, об'єм, тиск).
- Адаптація до потреб пацієнта (режими вентиляції: контролюваний, підтримуючий).
- Моніторинг стану пацієнта.

Ускладнення ШВЛ

- Аспірація.

- Пневмонія, пов'язана з механічною вентиляцією.
- Баротравма легень (ушкодження тканин легень через надмірний тиск).

7. Анестезія в різних клінічних ситуаціях

Загальна анестезія є найбільш інвазивним методом анестезії, що передбачає введення пацієнта в стан контролюваної глибокої анестезії, що виключає чутливість до болю, усуває свідомість та рефлекси. Вона застосовується при великих хірургічних втручаннях, таких як абдомінальні операції, нейрохірургія або серцево-судинні операції. Загальна анестезія є стандартом у випадках травм або гострих станів, що потребують термінового хірургічного втручання, таких як відкритий перелом або внутрішня кровотеча. Вона також використовується для планових операцій, таких як хірургічне лікування раку або великих хірургічних втручань на органах травлення.

Регіонарна анестезія передбачає блокування чутливості в певному регіоні тіла, що дозволяє знеболити ділянку, не впливаючи на свідомість пацієнта. Вона часто застосовується при операціях на кінцівках, органах малого таза або черевній порожнині. Наприклад, епідуральна анестезія використовується під час пологів, забезпечуючи знеболення без втрати свідомості, а спінальна анестезія застосовується для операцій на нижній частині тіла, таких як операції на коліні або гоміліці.

Місцева анестезія є найменш інвазивною технікою і передбачає введення анестетика безпосередньо в певну ділянку тканини, що забезпечує знеболення лише в цій зоні. Цей метод широко використовується для малотравматичних процедур, таких як накладання швів, видалення родимок або стоматологічні маніпуляції. Місцева анестезія є стандартним методом для стоматологічних процедур, таких як лікування карієсу або видалення зубів, а також для дерматологічних втручань.

Особливості анестезії значно варіюються в залежності від клінічної ситуації, стану пацієнта та його супутніх захворювань. У пацієнтів з серцево-судинними, легневими або ендокринними захворюваннями, а також у дітей чи літніх пацієнтів вибір анестезії повинен бути ретельно зважений. У пацієнтів з серцевою недостатністю або аритмією часто рекомендується застосування регіонарної анестезії для зменшення навантаження на серце. Пацієнти з хронічними обструктивними захворюваннями легень повинні уникати загальної анестезії з анестетиками, що можуть спричинити дихальну недостатність, і в таких випадках регіонарні методи анестезії можуть бути більш безпечними. У дітей анестезія потребує особливого підходу з огляду на їх фізіологічні особливості та психоемоційний стан.

У пацієнтів з респіраторними захворюваннями, такими як астма або ХОЗЛ, анестезіолог повинен враховувати функцію дихання, вибираючи методи,

які мінімально пригнічують дихальну функцію, і застосовувати премедикацію, що включає бронхолітики та кортикостероїди для запобігання загостренням. Моніторинг життєвих показників у таких пацієнтів є критично важливим для вчасного виявлення можливих ускладнень, таких як дихальна недостатність.

Анестезія в екстрених ситуаціях вимагає швидкої реакції та оцінки стану пацієнта, де зазвичай застосовується загальна анестезія, щоб оперативно забезпечити контроль свідомості та дихання. Премедикація може бути обмежена, але, якщо дозволяє ситуація, анестезіолог може використовувати седативні препарати для зниження тривоги пацієнта. У планових операціях вибір анестезії є більш обґрунтованим, і анестезіолог може застосувати додаткову премедикацію для полегшення післяопераційного болю та зниження тривоги. Після операцій важливо здійснювати ретельний моніторинг стану пацієнта, особливо в контексті серцево-судинних та респіраторних захворювань, щоб забезпечити безпеку та своєчасну реакцію на ускладнення.

Таким чином, вибір анестезії залежить від індивідуальних потреб пацієнта, типу хірургічного втручання та наявності супутніх захворювань, що вимагає високої кваліфікації анестезіолога для забезпечення максимальної безпеки та комфорту пацієнта під час процедур.

8. Премедикація

Премедикація є важливою складовою частиною анестезіології, що включає в себе підготовку пацієнта до анестезії і хірургічного втручання. Основною метою премедикації є зменшення тривоги та стресу у пацієнта, забезпечення комфортного стану перед операцією, а також оптимізація умов для проведення анестезії.

Премедикація передбачає використання фармакологічних засобів, які сприяють релаксації, зменшують больові відчуття, а також полегшують процес анестезії. Зазвичай премедикаційні препарати можуть бути призначені за кілька годин до операції або безпосередньо перед анестезією. Серед найбільш поширених препаратів, що використовуються для премедикації, можна виділити бензодіазепіни, такі як діазепам або мідозолам, які допомагають зняти тривогу і створити стан спокою. Антигістамінні препарати, наприклад, димедрол, можуть бути використані для зменшення ризику алергічних реакцій та нудоти. Опіоїдні аналгетики, такі як фентаніл, можуть бути застосовані для забезпечення знеболювання під час операції.

Премедикація в анестезії є важливою складовою передопераційної підготовки пацієнтів, що включає застосування медикаментів для забезпечення безпеки під час хірургічних втручань. Метою премедикації є зменшення тривожності пацієнта, полегшення болю, покращення умов для інтубації, а також профілактика післяопераційних ускладнень. Протягом

останніх років підходи до премедикації значно змінюються, зокрема завдяки розвитку нових фармакологічних засобів і методик.

Сучасні стандарти премедикації в анестезії ґрунтуються на індивідуальному підході до кожного пацієнта з урахуванням його фізіологічних особливостей, типу хірургічного втручання та супутніх захворювань. У цьому контексті важливим є підвищення безпеки пацієнта, зменшення стресових факторів та оптимізація використання анестезіологічних препаратів.

Мета премедикації

Основні цілі премедикації включають:

Зменшення тривожності та стресу пацієнта. Під час премедикації пацієнти часто отримують седативні засоби, що дозволяє знизити їхню тривогу і нервозність перед операцією. Це важливо для покращення психоемоційного стану та зменшення ймовірності розвитку післяопераційних психічних розладів.

Забезпечення анальгезії. Премедикація також має на меті зменшити потребу в великих дозах анестезіологічних засобів під час операції, що може зменшити побічні ефекти та ризики.

Покращення умов для інтубації. Використання медикаментів для релаксації м'язів та зменшення рефлексорних реакцій покращує умови для інтубації, що є важливим етапом в анестезії.

Профілактика аспірації. Премедикація дозволяє знизити ризик аспірації шлункового вмісту під час анестезії, що є одним із головних факторів, які можуть призвести до ускладнень.

Сучасні підходи до премедикації в США та Німеччині

У 2023 році дослідження в області премедикації показують значну увагу до індивідуалізації підходів, враховуючи конкретні потреби пацієнта. Премедикація має варіативність залежно від країни, але основні принципи залишаються спільними. Розглянемо практики премедикації в США та Німеччині.

У США премедикація здебільшого включає комбінацію седативних засобів (наприклад, бензодіазепінів), анальгезуючих препаратів (такі як опіоїди, наприклад, фентаніл), а також антигістамінних засобів, що допомагають знижувати алергічні реакції на анестезію. Бензодіазепіни, зокрема діазепам та лоразепам, часто використовуються для зменшення тривожності пацієнтів.

Особлива увага приділяється премедикації для полегшення інтубації. Для цього можуть використовуватися такі препарати, як лідокаїн та фентаніл. Лідокаїн зменшує ризик рефлексорних реакцій на введення

ендотрахеальної трубки, а фентаніл забезпечує знеболювання під час інтубації.

Дослідження показують, що застосування мультимодальної аналгезії (комбінація різних препаратів з різними механізмами дії) знижує потребу в опіоїдах і зменшує післяопераційні болі та ускладнення. Крім того, антиеметики, такі як одансетрон, використовуються для зниження ризику нудоти та блювання після операції, що є важливим елементом премедикації в США.

Премедикація в Німеччині

Німеччина слідує подібним підходам до премедикації, з деякими відмінностями в виборі препаратів. Для зниження тривожності пацієнтів у Німеччині широко застосовують седативні засоби, такі як мідозалам, які мають менше побічних ефектів порівняно з деякими іншими бензодіазепінами. У Німеччині також активно використовуються препарати для покращення післяопераційного стану пацієнта, такі як антиеметики та антипіретики, що допомагають зменшити ймовірність розвитку післяопераційної нудоти та блювання.

Враховуючи високу поширеність ускладнень післяопераційного періоду в пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями, в Німеччині застосовуються додаткові профілактичні заходи, зокрема використання β -блокаторів для стабілізації гемодинаміки. Мультимодальна аналгезія, яка є основною практикою в США, також активно використовується в Німеччині, оскільки вона дозволяє знизити необхідність у застосуванні високих доз опіоїдів, тим самим знижуючи ризик побічних ефектів.

Новітні дослідження та тенденції

2023 рік став значущим для розвитку премедикації, оскільки нові дослідження показали значний прогрес у використанні мультимодальної аналгезії, де комбінуються препарати різних класів. Наприклад, комбінація місцевих анестетиків з нестероїдними протизапальними засобами (НПЗЗ) допомагає досягти кращих результатів у знеболюванні та зменшенні післяопераційних болів.

Окрім цього, наукові дослідження активно розробляють нові препарати, що можуть покращити процес премедикації. Зокрема, йдеться про вдосконалення медикаментозних комбінацій для забезпечення максимального знеболювання при мінімальних дозах наркотичних засобів. Важливим напрямом є також дослідження препаратів для покращення післяопераційної реабілітації, таких як нові антибіотики та протизапальні засоби, що запобігають інфекціям та зменшують запальні реакції після операцій.

Премедикація залишається важливим етапом у підготовці пацієнтів до хірургічних втручань, і сучасні підходи до її проведення базуються на індивідуальному підході до кожного пацієнта. Застосування мультимодальної аналгезії, вдосконалення седативних та знеболюючих

препаратів дозволяє знижувати ризики та покращувати загальний стан пацієнтів. Новітні дослідження в США та Німеччині продовжують сприяти розвитку премедикації, що дає змогу знижувати кількість ускладнень та покращувати результативність анестезії.

- **Основи передопераційної підготовки пацієнта.**

Передопераційна підготовка пацієнта є невід'ємною частиною хірургічного процесу, що включає в себе комплексну оцінку стану здоров'я пацієнта, оптимізацію фізіологічних функцій, а також підготовку до анестезії. Цей етап є критично важливим для забезпечення успішного хірургічного втручання та мінімізації ризиків післяопераційних ускладнень. На сучасному етапі медичної практики, зважаючи на інновації в галузі медицини та анестезії, передопераційна підготовка вимагає комплексного підходу, що враховує індивідуальні особливості пацієнта.

Цілі та завдання передопераційної підготовки

Передопераційна підготовка спрямована на досягнення кількох основних цілей:

Важливо враховувати не тільки загальний стан здоров'я, але й наявність супутніх захворювань, які можуть ускладнити операцію. Лікар має провести ретельне медичне обстеження пацієнта, враховуючи його анамнез, фізичний стан та лабораторні показники.

Якщо виявлено порушення функцій органів або систем, вони мають бути кориговані до операції. Це включає лікування кардіологічних, респіраторних, ендокринних або ниркових порушень, що можуть вплинути на перебіг операції.

Підготовка до анестезії включає в себе вибір найбільш підходящої анестезії залежно від стану пацієнта, а також застосування медикаментів для премедикації — знеболювання, заспокоєння та релаксація м'язів.

Важливим аспектом є зменшення стресу та тривожності пацієнта через інформування його про операцію, післяопераційний період та надання підтримки у вигляді бесід або заспокійливих засобів.

Передопераційна підготовка починається з детального збору анамнезу пацієнта. Це дозволяє лікарю визначити наявність хронічних захворювань, алергій, попередніх операцій, а також списку медикаментів, які пацієнт приймає на момент підготовки до операції. Важливо враховувати будь-які медичні проблеми, які можуть підвищити ризики під час оперативного втручання, зокрема серцево-судинні, респіраторні захворювання або проблеми з нирками.

Лабораторні тести дозволяють оцінити загальний стан організму та виявити можливі приховані порушення. Загальні аналізи крові та сечі, біохімічні дослідження (для оцінки функції печінки, нирок) є стандартними для передопераційної підготовки. Також важливі інструментальні дослідження, такі як електрокардіограма для визначення стану серця або рентгенографія органів грудної клітки.

Оцінка анестезіологічного ризику передбачає вибір анестезії, яка буде найкращою для пацієнта залежно від його стану. Це важливо не лише для вибору типу анестезії (загальна чи регіональна анестезія), але й для визначення необхідності в премедикації — препаратів, що знижують тривогу, знеболюють та підготовляють пацієнта до анестезії.

Один з ключових аспектів передопераційної підготовки — це психологічна підтримка пацієнта. Операція є стресовим чинником для багатьох пацієнтів, тому важливо забезпечити відповідну психологічну підтримку. Інформування пацієнта про хід операції, післяопераційний період та можливі результати допомагає зменшити страхи і тривогу. У деяких випадках пацієнтам можуть бути призначені заспокійливі препарати для зниження рівня стресу.

У США передопераційна підготовка проводиться з використанням мультидисциплінарного підходу, що передбачає залучення кількох фахівців — хірурга, анестезіолога, кардіолога та інших лікарів для оцінки стану пацієнта. Тут активно використовуються новітні технології діагностики, включаючи комп'ютерну томографію, МРТ та інші інструментальні дослідження для точного визначення стану пацієнта.

Особлива увага приділяється зниженню післяопераційного болю за допомогою мультимодальної аналгезії, що включає використання різних препаратів з метою зменшення болю та прискорення відновлення.

У Німеччині передопераційна підготовка є надзвичайно ретельною і включає різні технології для підвищення точності діагностики та індивідуалізації підходу до кожного пацієнта. Для оптимізації лікування застосовуються найновіші фармакологічні засоби, а також методи зменшення стресу і тривоги за допомогою психологічних консультацій і технік релаксації.

Перспективи розвитку передопераційної підготовки

У 2023 році виявлено значний прогрес у використанні індивідуалізованих підходів до підготовки пацієнтів. Новітні дослідження дозволяють більш точно визначати ризики та оптимізувати лікування. У майбутньому важливим напрямком стане розвиток персоналізованої медицини, що дозволить ще точніше підбирати методи підготовки залежно від індивідуальних особливостей пацієнта.

Зокрема, очікується розвиток технологій для глибшої діагностики, зокрема з використанням штучного інтелекту, що дозволить ефективніше прогнозувати можливі ускладнення і ризики.

Передопераційна підготовка є ключовим етапом для забезпечення успіху хірургічного втручання. Використання сучасних технологій, інтеграція нових методів діагностики та анестезії, а також індивідуальний підхід до кожного пацієнта дозволяють знижувати ризики та покращувати післяопераційні результати. Враховуючи досягнення сучасної медицини, передопераційна підготовка набуває ще більшої важливості, адже вона допомагає створити умови для безпечного та успішного хірургічного лікування.

9. Ускладнення під час анестезії

Анестезія є важливим етапом у проведенні хірургічних втручань, що дозволяє пацієнтам пережити операції без болю та стресу. Однак, незважаючи на великі досягнення у галузі анестезіології, існують певні ризики, що можуть призвести до ускладнень під час анестезії. Ці ускладнення можуть бути як незначними, так і серйозними, що загрожують життю пацієнта. Одним із завдань анестезіологів є своєчасне виявлення цих ускладнень і надання відповідної медичної допомоги.

Одним із найпоширеніших ускладнень є респіраторні порушення, зокрема гіпоксія, коли рівень кисню в крові пацієнта знижується. Це може бути викликано різними факторами, такими як неправильне введення анестезії, обмежена прохідність дихальних шляхів або порушення в апараті для вентиляції легень. Гіпоксія може призвести до серйозних наслідків, таких як недостатнє постачання кисню до органів і тканин, що викликає їх пошкодження, зокрема мозку чи серця. Ще одне респіраторне ускладнення — це аспірація, коли вміст шлунка потрапляє в дихальні шляхи. Це може призвести до розвитку пневмонії або хімічних опіків легенів, особливо у пацієнтів з проблемами шлунково-кишкового тракту або при проведенні анестезії без належного голодування.

Кардіоваскулярні ускладнення також є важливим аспектом при проведенні анестезії. Гіпотензія — це зниження артеріального тиску, яке часто виникає через застосування анестезійних засобів, що знижують тонус судин і серцеву діяльність. Це може призвести до недостатнього кровопостачання органів і тканин, що загрожує їх нормальному функціонуванню. Іншими серйозними порушеннями є тахікардія та аритмії, які можуть виникнути внаслідок впливу анестезії на серцевий ритм, особливо у пацієнтів з серцево-судинними захворюваннями.

Нейрологічні ускладнення також можуть виникати під час анестезії. Пошкодження нервових структур може бути результатом тривалого або невірного розташування пацієнта під час операції. Такі ушкодження

можуть призвести до втрати чутливості або моторних функцій у різних частинах тіла. Постопераційна когнітивна дисфункція (ПКД), яка проявляється у вигляді порушень пам'яті, сплутаності свідомості або депресії, є ще одним серйозним ускладненням, яке часто спостерігається у літніх пацієнтів.

Алергічні реакції на анестезійні препарати є іншою категорією ускладнень. Вони можуть проявлятися у вигляді висипів, свербіжів, набряків і в окремих випадках — анафілаксії, що є гострою і небезпечною для життя реакцією організму на певні ліки. Анафілактичний шок вимагає негайної медичної допомоги, зокрема введення адреналіну та інших засобів для стабілізації стану пацієнта.

Ризик виникнення ускладнень під час анестезії залежить від кількох факторів, серед яких особливо важливими є вік пацієнта, наявність супутніх захворювань, тип операції та підготовка до анестезії. Літні пацієнти мають вищий ризик розвитку кардіоваскулярних і неврологічних ускладнень через зниження функцій організму з віком. Пацієнти з хронічними захворюваннями, зокрема серцево-судинними або респіраторними, мають більший ризик ускладнень під час анестезії. Тип хірургічного втручання також впливає на ймовірність розвитку ускладнень. Наприклад, складні операції, що вимагають тривалої анестезії, підвищують ризики.

Для зменшення ймовірності ускладнень важливо проводити ретельну передопераційну оцінку пацієнта, що включає вивчення медичного анамнезу, проведення лабораторних та інструментальних досліджень. Це дозволяє заздалегідь виявити потенційні проблеми та підготувати стратегію для їх вирішення. Додатково важливо правильно контролювати дозування анестезійних засобів і забезпечити пацієнту правильне голодування перед операцією.

Якщо ускладнення все ж таки виникли, необхідно своєчасно їх діагностувати та провести лікування. Наприклад, у разі гіпоксії пацієнту необхідно забезпечити кисневу терапію або штучну вентиляцію легень. Для лікування анафілаксії використовуються антигістамінні препарати, кортикостероїди та адреналін. Якщо у пацієнта спостерігається гіпотензія, можуть бути застосовані вазопресори та інші препарати, що підвищують артеріальний тиск.

Завдяки розвитку новітніх анестезійних препаратів та технологій, анестезія стала більш безпечною для пацієнтів. Вдосконалення методів моніторингу та краща підготовка медичних працівників дозволяють знижувати ризики і покращувати результати анестезії. Проте для забезпечення максимальної безпеки пацієнтів важливо продовжувати дослідження і вдосконалення сучасних підходів у галузі анестезії.

10. Післяопераційне ведення пацієнтів

Післяопераційний період є критичним етапом у лікуванні пацієнтів, який визначає подальший процес відновлення та ймовірність ускладнень. Ефективне післяопераційне ведення дозволяє мінімізувати ризики ускладнень, покращити загальний стан пацієнта та прискорити його повернення до активного життя. Цей процес включає в себе цілісне управління пацієнтом, яке охоплює спостереження за життєвими функціями, медикаментозну терапію, контроль за процесами відновлення та вчасне реагування на будь-які зміни в стані пацієнта.

Основою післяопераційного ведення є моніторинг життєвих функцій пацієнта. Першочергову увагу варто приділяти стабільності дихальної системи та кровообігу. Після операції багато пацієнтів перебувають у стані, коли функція дихання та серцево-судинної системи може бути порушена через використання анестезії або стрес після втручання. Тому важливо здійснювати постійний моніторинг частоти серцевих скорочень, артеріального тиску, насичення крові киснем, а також температуру тіла.

Пацієнтам, які перенесли хірургічне втручання, слід забезпечити адекватну знеболювальну терапію. Постопераційний біль може значно вплинути на стан пацієнта, спричиняти стрес, порушення сну, знижувати апетит і навіть гальмувати процес загоєння рани. Для контролю болю використовуються різні методи — від нестероїдних протизапальних засобів (НПЗЗ) до наркотичних анальгетиків, а також місцева анестезія. Вибір препарату залежить від типу операції, інтенсивності болю і загального стану пацієнта. Невід'ємною частиною післяопераційного ведення є боротьба з можливими ускладненнями, такими як інфекції, тромбоемболічні ускладнення, респіраторні порушення та порушення функцій органів. Один з найбільших ризиків після хірургічного втручання — це інфекції рани. Післяопераційна інфекція може виникнути внаслідок недостатнього дотримання асептики під час операції або через зниження імунітету пацієнта. Для попередження інфекцій зазвичай призначають антибіотики профілактично, особливо після великих та складних операцій, а також здійснюють регулярне спостереження за станом рани.

Крім того, важливу роль у післяопераційному періоді відіграє мобілізація пацієнта. Сидіння, піднімання на ноги, ходьба та інші фізичні вправи допомагають запобігти розвитку тромбозів і покращують кровообіг. Водночас пацієнти потребують індивідуального підходу, оскільки фізична активність може бути обмежена в залежності від виду операції та загального стану пацієнта.

Особливу увагу слід приділяти харчуванню пацієнтів після операції. Багато хворих після хірургічного втручання мають порушення в роботі шлунково-кишкового тракту, зниження апетиту та проблеми з травленням. Тому необхідно забезпечити пацієнту збалансовану дієту, що допомагає відновленню та покращенню загального стану. Важливо поступово вводити

їжу, починаючи з рідких страв і легких продуктів, а потім переходити до більш складних.

Післяопераційний період також включає психологічний супровід пацієнта. Стрес і тривога, пов'язані з операцією, можуть значно затримувати процес відновлення, знижувати настрій і впливати на загальне самопочуття. Психологічна підтримка та належна комунікація з пацієнтом можуть полегшити цей процес, допомогти йому адаптуватися до змін у його фізичному стані та повернутися до нормального життя.

Крім того, необхідно забезпечити належну реабілітацію після операції. В залежності від виду втручання, пацієнтам можуть бути рекомендовані фізіотерапевтичні процедури, масаж, лікувальна фізкультура та інші методи для прискорення відновлення після операції. Це особливо важливо після великих ортопедичних або нейрохірургічних втручань, а також після операцій на серці.

Післяопераційний догляд також передбачає регулярні огляди лікаря для оцінки стану пацієнта та виявлення можливих ускладнень на ранніх стадіях. Лікар повинен стежити за процесом загоєння, а також вчасно реагувати на будь-які зміни в стані хворого, включаючи підвищення температури тіла, біль, набряки або інші симптоми, що можуть вказувати на ускладнення.

Успішне післяопераційне ведення пацієнтів включає в себе комплексний підхід, що поєднує моніторинг, медикаментозну терапію, профілактику ускладнень, психологічну підтримку та реабілітацію. Важливим аспектом є раннє виявлення ускладнень і своєчасне надання медичної допомоги, що дозволяє забезпечити якнайшвидше відновлення пацієнта.

11. Етика та комунікація в анестезіології

Анестезіологія є однією з найвідповідальніших та складних галузей медицини, де необхідно поєднувати високий рівень професіоналізму, глибокі знання медичних дисциплін та людяність. Це особливо важливо в контексті етики та комунікації, адже взаємодія з пацієнтами перед, під час та після проведення анестезії є одним із визначальних чинників успішного лікування. Етичні принципи та ефективна комунікація є основою для забезпечення безпеки пацієнта та підтримки його фізичного та психологічного комфорту.

Етика в анестезіології охоплює безліч аспектів, зокрема питання інформованої згоди, конфіденційності, професійної відповідальності та поваги до пацієнта. Один з основних етичних аспектів — це отримання інформованої згоди перед проведенням анестезії. Пацієнт має право бути поінформованим про можливі ризики, побічні ефекти та варіанти анестезії, що застосовуються. Інформування пацієнта має бути чітким і зрозумілим, з врахуванням його психологічного стану. Під час консультації анестезіолог повинен враховувати не тільки фізичний стан пацієнта, але й його особисті

переконання та культурні особливості, щоб забезпечити найкраще розуміння та готовність до процедури.

Особливу увагу слід приділяти пацієнтам з особливими потребами, таким як діти, пацієнти з інвалідністю, літні люди та пацієнти з психічними розладами. Для таких категорій пацієнтів комунікація повинна бути адаптована, а медичний персонал має бути чутливим до їхніх потреб. Наприклад, для дітей важливо створити довірливу атмосферу та використати просту мову, щоб пояснити, що відбуватиметься під час анестезії. Для пацієнтів з психічними захворюваннями необхідно уважно ставитися до їхнього емоційного стану, допомагаючи зняти тривогу та страхи, пов'язані з процедурою анестезії.

Надзвичайно важливим етичним принципом є повага до автономії пацієнта. Анестезіолог поважає вибір пацієнта щодо методу анестезії, якщо це дозволяють клінічні обставини. Водночас, якщо пацієнт не може самостійно ухвалити рішення через втрату свідомості або інші медичні показання, анестезіолог повинен діяти в інтересах пацієнта, обираючи найбільш безпечний та ефективний метод анестезії.

Конфіденційність є ще одним важливим етичним аспектом у роботі анестезіолога. Усі медичні дані пацієнта, особливо пов'язані з анестезією, мають зберігатися в конфіденційності та не підлягати розголошенню без дозволу пацієнта. Пацієнт має право знати, хто має доступ до його медичних записів, і хто може брати участь у процесі анестезії.

Комунікація в анестезіології має вирішальне значення, оскільки вона дозволяє не тільки пояснити пацієнту процес анестезії, але й забезпечити його емоційну підтримку. Важливою є комунікація не тільки з пацієнтом, але й з іншими членами медичної команди. Анестезіологи повинні тісно співпрацювати з хірургами, медсестрами, реаніматологами та іншими спеціалістами для того, щоб забезпечити високий рівень безпеки та ефективності процедур. У процесі комунікації з колегами важливо дотримуватися чіткої і точної передачі інформації, щоб уникнути непорозумінь та забезпечити правильне надання медичних послуг.

Комунікація з пацієнтом починається ще до операції, під час підготовки до анестезії. Пацієнт має бути поінформований про всі етапи анестезіологічної процедури, включаючи ін'єкції, знеболення та моніторинг. Це дозволяє пацієнту почуватись спокійніше та більш підготовленим до майбутнього втручання. Важливо, щоб анестезіолог був доступний для пацієнта, уважно слухав його запитання і відповідав на них детально.

Особливо важлива комунікація після проведення анестезії. Після пробудження пацієнт часто відчуває фізичний і психологічний дискомфорт через післяопераційний біль, нудоту чи запаморочення. У цей момент пацієнту необхідна підтримка, а також коректне пояснення щодо його стану. Взаємодія з пацієнтом після анестезії повинна бути чуйною, щоб допомогти йому адаптуватися до нового стану та зменшити рівень стресу.

Етика і комунікація в анестезіології є основою надання висококваліфікованої медичної допомоги. Поважаючи автономію пацієнта, дотримуючись принципу конфіденційності та встановлюючи ефективний зв'язок як з пацієнтом, так і з іншими членами медичної команди, анестезіолог забезпечує безпеку та комфорт пацієнта в період проведення анестезії та в післяопераційному періоді. Врахування етичних принципів та ефективна комунікація є запорукою не тільки фізичного, але й психологічного добробуту пацієнта.

12. Анестезія в інтенсивній терапії та реанімації

Анестезія в інтенсивній терапії та реанімації є основою лікування пацієнтів, які знаходяться в критичному стані або потребують спеціалізованого післяопераційного спостереження. Сучасна анестезіологія активно взаємодіє з іншими спеціальностями медичної допомоги, зокрема реаніматологією, кардіологією та пульмонологією. Вона спрямована не лише на забезпечення знеболення, але й на стабілізацію життєвих функцій організму, мінімізацію ускладнень та створення сприятливих умов для відновлення після великих операцій або серйозних травм.

При проведенні анестезії в умовах інтенсивної терапії важливо враховувати стан пацієнта, зокрема його гемодинаміку, дихальну функцію, рівень кисню та вуглекислого газу в крові, а також наявність супутніх захворювань. Анестезія не лише підтримує фізіологічну рівновагу, але й безпосередньо впливає на функціонування основних систем організму. Протягом анестезії важливо контролювати:

Дихання: У багатьох пацієнтів з критичними станами може бути необхідність в інгаляційній анестезії або штучній вентиляції легень (ШВЛ). Вибір газової анестезії має вплив на рівень кисню в організмі, що критично важливо при порушеннях газообміну.

Кровообіг: Контроль за серцево-судинною системою є обов'язковим, оскільки зміни у рівнях артеріального тиску, частоти серцевих скорочень або серцевого викиду можуть погіршити стан пацієнта.

Метаболізм: Анестезія має забезпечувати оптимальний метаболічний баланс, включаючи контроль за рівнем глюкози, електролітів і кислотно-лужним станом організму.

Ці фактори визначають вибір анестезіологічних препаратів, які підбираються з урахуванням не тільки виду операції чи процедури, але й функціональних можливостей організму пацієнта.

Проблеми та ускладнення під час анестезії

В умовах інтенсивної терапії та реанімації анестезіолог повинен бути готовий до можливих ускладнень, які можуть виникнути під час проведення анестезії:

- **Гемодинамічні порушення:** Одним з основних ускладнень під час анестезії є зміна артеріального тиску, що може призвести до недостатнього кровопостачання органів та тканин. Для боротьби з цим використовують вазопресори та інші препарати для корекції гемодинаміки.
- **Респіраторні ускладнення:** До них належать порушення вентиляції, аспірація вмісту шлунку, гіпоксемія та гіперкапінія. Важливо своєчасно застосовувати підтримку дихання, включаючи механічну вентиляцію та кисневу терапію.
- **Алергічні реакції та інші побічні ефекти:** Анестезія може викликати непередбачувані алергічні реакції на анестезуючі препарати, що потребує негайної корекції за допомогою антигістамінних засобів або кортикостероїдів.

Постійний моніторинг життєвих функцій під час анестезії допомагає знизити ризики розвитку таких ускладнень.

Післяопераційний період та відновлення

Після завершення анестезії пацієнт переходить у період післяопераційного відновлення, де анестезіолог має визначити стратегію поступового виведення з анестезії. Стабільний вихід з анестезії вимагає уважного моніторингу за свідомістю пацієнта, диханням, пульсом та артеріальним тиском. Якщо пацієнт перебуває під штучною вентиляцією, важливо забезпечити належну вентиляцію легенів та уникнути розвитку легеневої гіповентиляції.

Важливим є також запобігання післяопераційним болям, для чого використовуються як системні, так і локальні анестезії, що можуть бути застосовані через ін'єкційні методи чи епідуральні катетери.

Пацієнти з певними супутніми захворюваннями або ускладненнями потребують індивідуального підходу до анестезії. Наприклад, при серцево-судинних захворюваннях необхідно коригувати об'єм рідини, використовувати кардіостимулятори та інші препарати для підтримки серцевої діяльності. Пацієнти з патологією печінки або нирок потребують корекції дозувань препаратів та додаткового моніторингу.

Анестезія в інтенсивній терапії та реанімації є складним та багатогранним процесом, який вимагає точного контролю і взаємодії різних медичних спеціалістів. Завдяки вдосконаленню методів анестезії та реанімаційної терапії пацієнти, що переживають важкі оперативні втручання чи серйозні травми, мають більше шансів на повне відновлення. Сучасна анестезія дозволяє не лише контролювати фізіологічні процеси організму під час

критичних станів, але й забезпечувати знеболення, яке зменшує рівень стресу та покращує якість життя пацієнтів у післяопераційний період.

1. Chaudhry, R., & Rehman, A. (2020). Physiology, cardiovascular. In *StatPearls* [Internet]. StatPearls Publishing. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK493197/>
2. Satish, M., & Tadi, P. (2019). Physiology, Vascular. In *StatPearls* [Internet]. StatPearls Publishing. Retrieved from <https://www.statpearls.com/kb/viewarticle/31012>
3. Barash, P. G., Cullen, B. F., & Stoelting, R. K. (2017). *Clinical Anesthesia* (8th ed.). Wolters Kluwer.
4. Miller, R. D., & Pardo, M. C. (2018). *Basics of Anesthesia* (7th ed.). Elsevier.
5. Brown, D. L., & Rooke, G. A. (n.d.). *Anesthesia: A Comprehensive Review* (4th ed.). Elsevier.
6. Hines, R. L., & Marschall, K. M. (2020). *Anesthesia and Co-Existing Disease* (5th ed.). Elsevier.
7. Orebaugh, S. L., & Gaba, T. R. (2019). *Basic Anesthesia Equipment* (4th ed.). Elsevier.
8. Preoperative Care and Assessment. (2023). *American Society of Anesthesiologists*. Retrieved from <https://www.asahq.org>
9. Möll, V. (2023). Preoperative risk assessment: Current methods and future perspectives. *Journal of Clinical Anesthesia*.
10. European Society of Anaesthesiology. (2023). Preoperative Optimization of Patients: Evidence-Based Recommendations. Retrieved from <https://www.esahq.org>
11. Williams, S., & Harrison, J. (2023). Postoperative Care and Management. *Journal of Clinical Surgery*.