

Лекція 25.03.2020 р. Гіпербарична оксигенація

1. Історія розвитку оксигенотерапії

Дія на організм людини гіпербаричного кисню, тобто кисню під підвищеним тиском, є одним із сучасних засобів інтенсивної терапії різних видів патології, у виникненні й розвитку яких певну роль відіграє гіпоксія чи анаеробна інфекція.

Клінічне використання методу має довгу історію. Перші відомості про застосування підвищеного тиску повітря в медицині належать до середини XVII ст. У 1662 р. англійський лікар Henslow користувався великою діжкою з повітродувними міхами і клапанами, що дозволяли стискувати або розріджувати повітря в камері. Безсумнівно, одержати значний ефект від використання такого примітивного спорудження неможливо, і досвід Henslow не набув розповсюдження.

У 70-х роках XVIII ст. Priestley та Lavoisier відкрили кисень і обґрунтували його значення в фізіології дихання. Пізніше було встановлено залежність між парціальним тиском кисню в атмосферному й альвеолярному повітрі та ступенем насичення крові киснем. Виявилось, що багато захворювань так чи інакше пов'язані з недостатнім надходженням кисню в тканини і клітини організму. Це зумовило появу методів лікування, спрямованих на ліквідацію причин, що спричиняють гіпоксію, та на боротьбу безпосередньо з гіпоксією. Саме так виник метод оксигенотерапії, заснований на надходженні в організм кисню різноманітними шляхами: через дихальні шляхи, маски, носовий катетер, ендотрахеальну трубку, завдяки розміщенню пацієнта в кисневому наметі, крізь шкіру у вигляді кисневих ванн чи підшкірних ін'єкцій тощо.

Якщо в крові кількість гемоглобіну — головного переносника кисню — істотно не порушено, а основною причиною гіпоксії організму є недостатнє насичення гемоглобіну киснем, оксигенація виявляється досить надійним методом лікування. Однак у деяких випадках, коли виникає недостатність гемоглобіну в циркулюючій крові чи він є заблокованим, наприклад, при отруєнні чадним газом, ефект від застосування кисню підвищеними концентраціями при звичайному атмосферному тиску виявляється недостатнім. При штучному підвищенні парціального тиску в повітрі, що вдихається, отже, і в альвеолярному повітрі, як і при згаданих методах уведення кисню неінгаляційним шляхом на фоні недостачі гемоглобіну, концентрація кисню в крові зростає головним чином за рахунок кисню, розчиненого в плазмі. Однак цей резерв у звичайних умовах зовсім не значний. Більш реальним є підвищення концентрації кисню, розчиненого в плазмі крові, що досягається диханням стиснутим повітрям чи киснем під підвищеним барометричним тиском.

Подальші відомості про використання з метою лікування дихання під підвищеним тиском належать до початку XIX ст. 1820 р. росіянин І. Х. Гамель висловив думку про можливість запровадження цього методу. 1841 р. Triger створив першу кесонну камеру для робіт під високим атмосферним тиском при будівництві тунелів і мостів. З того часу барокамеру почали використовувати в деяких країнах у медицині. 1860 р. надруковано повідомлення московського проф. П. П. Ейнбротта про зміни гемодинаміки під впливом дихання при надмірному тиску: про зниження артеріального тиску, зменшення частоти серцевих скорочень, уповільнення дихання в експерименті на собаках та на власній особі. Деякі клініцисти (І. Х. Гамель, Л. Вальденбург, Я. Крем'янський, П. Кончаловський, Н. Сухорський, Л. Н. Симонов й

ін.) почали використовувати баротерапію для лікування легеневих та інших захворювань. Баротерапією стали захоплюватись. Не було майже жодного захворювання, яке не намагалися б лікувати з допомогою цього методу. Хоча в той час у барокамерах підвищеного тиску застосовувався здебільшого не кисень, а повітря. Теоретичних обґрунтувань методу практично не було. Проте таке, по суті справи, емпіричне лікування в багатьох випадках давало позитивний терапевтичний ефект.

1878 р. Berl повідомив про вплив різних рівнів тиску кисню на живу тканину. Він визначив, що кисень при надмірному тиску не стимулює, а сповільнює обмін речовин, пригнічує або навіть повністю руйнує тканинні ферменти. Він довів, що кисень при підвищеному тиску уповільнює ріст анаеробних бактерій, гниття м'яса. Berl першим описав прояв кисневої інтоксикації і намагався лікувати судоми, спричинені нею, хлороформним наркозом. Він зробив висновок, що кисень у великих концентраціях є протоплазматичною отрутою, а вміст 60 % кисню в атмосфері є гранично допустимою концентрацією для вищих тварин і людини.

1879 р. французький анестезіолог Fontanie виявив, що вдихання закису азоту і кисню при підвищеному тиску призводить до послаблення м'язів живота й збільшення оксигенації крові. Він створив барокамеру для лікування хворих і в ній відомий хірург Rean успішно прооперував 27 пацієнтів. Потім було споруджено чимало барокамер, різноманітних за конструкцією, комфортабельністю та призначенням. Серед них, безсумнівно, заслуговує на увагу величезна барокамера на 6 поверхів і 72 кімнати, споруджена на початку ХХ ст. Cunningham в американському місті Клівленді. Вона мала кулясту форму.

У 30–40-х роках ХХ ст. в зв'язку з бурхливим розвитком водолазної справи відбувалося інтенсивне і всебічне вивчення впливу високої напруги кисню в повітрі, що вдихається, при тиску, що змінюється у великому діапазоні. Було виявлено позитивну дію підвищеного тиску кисню на організм, що послужило науковим обґрунтуванням для використання його для лікування.

1950 р. Pace, Strajman, Walker повідомили про успішне лікування в барокамері чистим киснем при тиску 2 атм хворих, отруєних чадним газом. 1956 р. Voegema й співавтори обґрунтували можливість операцій на серці та судинах у середовищі з підвищеним тиском кисню. Почалося будівництво бароопераційних у багатьох країнах Європи і США. У 1960 р. Illingworth описав сталеву барокамеру в Глазго, яку він використовував для лікування осіб, отруєних побутовим газом, хворих із шоком, обсяжними травмами, черепно-мозковими травмами з набряком мозку, пацієнтів зі шкірним трансплантатом, з анаеробною інфекцією. Gray й співавтори в Англії виявили, що толерантність клітин до іонізуючого випромінювання змінюється залежно від їх насиченості киснем, що стало обґрунтуванням для використання гіпербаричної оксигенації в променевій терапії пухлин і т. ін.

1961 р. Voegema й співавтори повідомили про проведення успішних операцій на відкритому серці зі штучним кровообігом в бароопераційній при тиску до 3 атм, спорудженій в Амстердамі. У СРСР перша операція в умовах бароопераційної була виконана Л. Н. Сидаренком (1965) у дитини з природженим дефектом серця «синього типу». Операцію проведено успішно. Піонером же використання ГБО в клінічній практиці вважають К. М. Рапопорта, що лікував у 1958–1959 рр. отруєних чадним газом у пристосованій для цього рекомпресійній камері.

У 60-х роках почали застосовувати ГБО для лікування анаеробної й аеробної інфекції (А. Г. Панов, П. І. Ремізов, М. І. Кошанденко й ін.). 1963 р. розпочалися

експериментальні дослідження з використання ГБО в НДІ експериментальної хірургічної апаратури та інструментів і Всесоюзному НДІ охорони праці в Москві.

Майже одночасно з цим почали застосовувати гіпербаричну оксигенацію в Україні. 1964 р. надійшло повідомлення з клініки М. М. Амосова в Києві (В. А. Козак, М. С. Слободянюк, С. М. Михайлов й ін.) про використання в експерименті ГБО для лікування хворих з набряком легенів, масивною гострою крововтратою, геморагічним шоком, ішемією міокарда, отруєнням барбітуратами тощо. Для лікування пацієнтів з дихальною недостатністю, гострою нирковою недостатністю, набряком легенів ГБО використовували В. А. Коган зі співробітниками, В. А. Белов і Є. В. Колесов, Л. Н. Сидаренко й ін.

З 1963 р., проблемою ГБО почали займатися в НДІ клінічної та експериментальної хірургії. До 1967 р. тут, у переобладнаній кесонній камері, було проведено 22 операції з позитивними результатами (Б. В. Петровський, С. М. Єфуні й ін.).

1975 р. у Москві було відкрито найбільший у світі центр ГБО з бароопераційним блоком на 14–16 осіб персоналу, барогоспіталем на 10 хворих, супероксидазним блоком, що дозволяв підвищувати тиск у камерах до 8 атм, й експериментальними барокамерами. Він надовго став головним науковим і методичним центром країни, що сприяв організації широкого, а головне, безпечного використання ГБО.

До кінця 70-х років у СРСР функціонувало близько 200 барокамер. Цьому сприяло серійне виробництво барокамер ОКА-МТ, що почалося 1971 р., а потім і деяких інших конструкцій. Проводилася велика наукова робота з проблем ГБО (С. М. Єфуні, В. Л. Лукич, А. Ю. Аксельрод, І. П. Березін й ін.). З 1969 р. — клінічне використання ГБО з допомогою портативної телескопічної рекомпресивної барокамери «Dräger», почався монтаж стаціонарної баросистеми на основі рекомпресивної барокамери «РКУМ-2».

Метод ГБО широко використовується в практичній медицині по всій Україні. Останніми роками в Україні багато зроблено для удосконалення організації служби гіпербаричної медицини. 1993 р. видано наказ Міністерства охорони здоров'я України № 134 «Про розширення та вдосконалення методу баротерапії на Україні», що зокрема визначив наявність двох регіональних науково-методичних і навчальних центрів ГБО: в Одесі й Дніпропетровську, які здійснюють підготовку кадрів, науково-методичне керівництво, практичну допомогу і технічний контроль за діяльністю всіх відділень і кабінетів ГБО. 1994 р. організовано Українське науково-практичне товариство гіпербаричної медицини. Воно об'єднало вчених, які займаються проблемою ГБО, проєктантів та виробників бароапаратури, а також практичних лікарів та інженерно-технічний персонал, що працюють у відділеннях і кабінетах ГБО на території України.

2. Гіпербарична оксигенація – основи терапії та реанімації

При виникненні будь-якої патології в організмі, надходження кисню до хворого органу утруднюється через спазм судин, набряк тканин, запалення або при зниженій кількості гемоглобіну, який здійснює доставку кисню до органів і тканин. Коли доставка кисню порушена, розвивається гіпоксія (кисневе голодування). Для лікування цих станів розроблені різні способи кисневої терапії (оксигенотерапії). Однак при нормальному атмосферному тиску навіть дихання чистим киснем часто

не в змозі усунути кисневу недостатність на рівні клітин органів і тканин. Єдиним способом вирішити цю проблему є використання барокамери для підвищення тиску кисню - гіпербарична оксигенація (ГБО).

Гіпербарична оксигенація (ГБО) – вид інтенсивної терапії, який заснований на лікувальних властивостях кисню, що подається до організму людини під тиском вище атмосферного і дозволяє різко збільшити доставку кисню до тканин за рахунок додаткового розчинення в плазмі крові та інших рідких середовищах організму. Вона полягає у вдиханні 100% кисню в умовах підвищеного повітряного тиску у спеціальних барокамерах. Упродовж лише однієї години ГБО-терапії клітини організму отримують у 14 разів більше кисню, ніж протягом цілої доби дихання звичайним атмосферним повітрям поза барокамерою!

Головна мета використання барокамери — підвищити рівень кисню, що надходить до тканин через дихальну систему. Для цього потрібно підвищити кількість молекул кисню, що потрапляють в організм при кожному вдиханні.

Ефект застосування ГБО проявляється в збільшенні кисневої ємності крові. При диханні киснем під атмосферним тиском транспорт кисню обмежений зв'язує ємністю гемоглобіну еритроцитів, а плазмою переноситься лише незначна частина кисню. Так як при атмосферному тиску гемоглобін еритроцитів насичений киснем практично до межі, цей шлях перенесення кисню до клітин не може використовуватися понад межі. Однак, при гіпербаричній оксигенації транспорт кисню плазмою значно зростає.

Під час процедури в барокамері кількість кисню в крові піднімається зі 100 мм.рт.ст. до 1100 мм.рт.ст. і навіть вище в окремих випадках. Коли збільшується кількість молекул кисню, що знаходяться в повітрі, більше кисню надходить в легені, проникає в систему кровообігу, через неї потрапляє в різні клітини організму і допомагає їх оновленню.

Гіпербарична оксигенація (ГБО) дозволяє:

- поліпшити проникнення кисню з легенів у кровоносні судини;
- домогтися 100% насичення гемоглобіну киснем;
- різко збільшити кількість кисню, розчиненого в плазмі крові та інших рідких середовищах організму.

Метод гіпербаричної оксигенації дозволяє лікувати киснем під підвищеним тиском будь-яке захворювання, так як майже всі хвороби супроводжуються гіпоксією (недостатністю кисню в тканинах). Метод цінний для бажаючих схуднути і помолодшати, для тих, у кого підвищене випадання волосся, ламкі нігті та інші трофічні порушення.

За допомогою барокамери вдається ліквідувати кисневе голодування у хворому органі, відновити його функцію і опірність до хвороботворних чинників.

Крім того, згідно зі спостереженнями, при лікувальних сеансах ГБО, у людей підвищуються адаптаційні можливості організму і знижується ризик виникнення хвороб. Сеанси в барокамері знімають втому, відновлюють сили після напруженої роботи, підвищують м'язовий тонус, мають антистресову загальнозміцнюючу і тонізуючу дію, знижують несприятливі дії забрудненої атмосфери. Після курсу ГБО пацієнти відзначають **збільшення працездатності і стабілізацію психоемоційного стану.**

Ефекти гіпербаричної оксигенації

Гіпербарична оксигенація із антигіпоксичною направленістю дії викликає цілий ряд позитивних ефектів, а саме: біоенергетичний, бактеріостатичний, антитоксичний, спазмолітичний, антианемічний, протизапальний, імуномодельючий, антиаритмічний, посилюючий регенераторні процеси та дію деяких медикаментів, покращуючий мікорциркуляцію в органах та посилюючий антиоксидантну активність організму.

Під впливом гіпербаричного кисню в організмі **нормалізується енергетичний баланс** і регулюється функціональна та метаболічна активність клітини, що сприяє **підвищенню стійкості організму** у відповідь на екстремальний вплив.

Після лікування в барокамері, організм "працює", витрачаючи енергію більш економно. Крім того, активуються біоенергетичні та репаративні процеси; попереджається утворення токсичних метаболітів і активується їх руйнування; **нормалізується і стимулюється активність імунної системи.**

Після лікування киснем більшість пацієнтів відзначають **поліпшення загального самопочуття**. Це - один з найбільш ефективних методів стимулюючої терапії. Завдяки йому поліпшується тканинний обмін, підвищуються захисні сили організму, прискорюється процес загоєння виразок. Лікарями відзначено пролонговану дію ГБО, **позитивний ефект не зникає відразу після сеансу, а зберігається від декількох місяців до року.**

Процедури гіпербаричної оксигенації усувають гіпоксію тканин, сприяють зниженню цукру в крові, нормалізують різні механізми гормональної регуляції, покращують мікроциркуляцію в периферійних тканинах, посилюють лікувальний ефект серцевих ліків, діуретиків, антибактеріальних препаратів.

Встановлено, що **гіпербарична оксигенація стимулює метаболічні системи захисту центральної нервової системи, печінки, нирок від дії токсичних речовин при розладах кровопостачання цих органів.** Ці процедури позитивно впливають на регенерацію скелетних м'язів і кісткової тканини, що сприяє більш швидкому загоєнню ран, значно скорочує рубцювання виразки шлунка і дванадцятипалої кишки при лікуванні в санаторно-курортних умовах.

Відмічається зниження загального холестерину, фібриногену, здійснюється модулюючий вплив на тонус судин, покращуються метаболічні процеси в організмі та серцевому м'язі. Особливо помітно зменшується кількість приступів стенокардії у хворих з ішемічною хворобою серця, біль в кінцівках, нормалізується сон. У хворих з вегето-судинними порушеннями (головний біль, біль в ділянці хребта, руках і ногах, алергічні реакції, мерзлякуватість кінцівок) ці процедури сприяють ліквідації тих чи інших симптомів.

Така терапія не має побічних ефектів. І хоча вона не є панацеєю, переконливо засвідченим фактом є потужний стимулюючий вплив цієї методики на імунну систему, а також її позитивний ефект на перебіг лікування цілого спектру надто складних захворювань – від важкозагоєваних ран до комплексних інвалідних станів, включаючи серйозні мозкові та неврологічні ураження.

Абсолютними показаннями для застосування ГБО є: отруєння окисом вуглецю (чадним газом) та ціанідами, газова інфекція та газова емболія, отруєння блідою поганкою.

ГБО - терапія особливо ефективна при наступних патологіях:

Патологія центральної нервової системи

- ішемічний та геморагічний інсульт,
- черепно-мозкова травма,

- енцефалопатія,
- травма спинного мозку.

Ранова патологія

- профілактика ранової інфекції,
- мляво гранулюючі рани,
- опікові ранові поверхні,
- обмороження,
- післяопераційні рани у пластичній хірургії та інші.

Отруєння

- отруєння окисом вуглецю,
- отруєння метгемоглобінообразуючими речовинами,
- отруєння ціанідами.

Судинна патологія

- облітеруючі захворювання судин кінцівок,
- трофічні виразки в результаті порушення кровообігу,
- газові емболії судин та ін.

Серцева патологія

- ішемічна хвороба серця,
- стенокардія,
- аритмії,
- екстрасистолії,
- серцева недостатність,
- декомпенсація постінфарктних станів.

Патологія шлунково-кишкового тракту

- виразкова хвороба шлунка та дванадцятипалої кишки,
- постгеморрагічний синдром після шлункової кровотечі,
- захворювання кишечника.

Патологія печінки

- гострий гепатит,
- хронічний гепатит,
- цироз печінки,
- печінкова недостатність.

Очна патологія

- порушення кровообігу сітківки ока,
- діабетична ретинопатія,
- дистрофія зорового нерва при отруєнні метиловим спиртом.

Патологія ендокринної системи

- декомпенсований інсулінозалежний діабет,
- ускладнення діабету,
- дифузно-токсичний зоб.

Щелепно-лицева патологія

- пародонтоз,
- некротичний гінгівіт і стоматит,
- загоєння після пластичних операцій.

Акушерська патологія

- внутрішньоутробна гіпоксія плоду,
- загроза викидня,
- гіпотрофія плоду,

- іммуноконфліктна вагітність,
- вагітність при супутній патології,
- патологія ендокринної системи у жінок,
- безпліддя різної етіології.

Гінекологія / Урологія

- хронічні запальні захворювання органів малого тазу у жінок,
- простатит,
- відзначено виражене поліпшення статевої функції у чоловіків літнього віку після закінчення курсу ГБО.

Кесонні захворювання, повітряна і газова емболія

Механічна асфіксія, утоплення, анаеробна інфекція

Променеві ураження, онкозахворювання

- радіаційні остеонекрози,
- мієліт,
- ентерит;
- особливу групу складають хворі, які отримують хіміотерапію та променеву терапію при онкологічних захворюваннях.

Наркологія

У наркології є успішний досвід використання ГБО для купірування абстинентного синдрому.

Підготовка до оперативних втручань та післяопераційний період

Рекомендовано використання ГБО-терапії при підготовці та після хірургічних операцій: істотно скорочуються терміни загоєння і знижується ризик виникнення ускладнень. На цьому ґрунтується широке застосування ГБО в косметології та пластичній хірургії.

Відсутність патологій

У здорових людей застосування методу ГБО засноване на унікальній комплексній дії кисню під підвищеним тиском, що істотно підвищує адаптаційні можливості організму. ГБО нормалізує багато систем організму, знижує ризик виникнення хвороби.

Протипоказання

1. Епілепсія.
2. Наявність порожнин у легенях.
3. Зливна двостороння пневмонія.
4. Тяжкі форми гіпертонічної хвороби.
5. Запалення придаткових пазух носа.
6. Нестабільна геодинаміка.
7. Клаустрофобія.
8. Підвищена чутливість до кисню.

Час і кількість сеансів призначається індивідуально і залежить від діагнозу і показань. Зазвичай, залежно від патології, тривалість лікування становить 5 - 12 сеансів по 45-60 хвилин кожен.

Метод ГБО активно застосовується по всьому світу (США, Канада, Великобританія, Європа, Ізраїль, Індія), але в нашій країні він не набув значного розвитку через високу вартість та відсутність провідних фахівців у цій галузі.

3. Апаратура для проведення гіпербаричної оксигенації

Процедури баротерапії проводяться в спеціальних приладах – барокамерах, де пацієнти можуть розміщуватися по одному або по декілька пацієнтів.

Одномісні барокамери за своїм призначенням поділяються на такі:

- 1) терапевтичні, реанімаційні, радіологічні (для променевої терапії);
- 2) для дорослих, немовлят і дітей до року;
- 3) стаціонарні, пересувні й портативні (для польових умов і роботи під землею).

Барокамера являє собою герметичний посудину котра ізолює газову суміш та пацієнта від навколишнього середовища. Пацієнт розміщується у лежачому положенні, а для зняття утворення статичної електрики в руках тримає металічні пластинки.

Барокамера складається с кришки, дна, замикаючої системи, візка.

В робочому положенні кришка та дно з'єднані між собою та герметично замикаються спеціальним замком з елементом ручного та автоматичного відмикання. Кришка барокамери виконана із біоалюмінія (кришка для голови із пластика (прозорий блістер)) та має два ілюмінатори, що дозволяють спостерігати за пацієнтом. Забезпечена можливість зміни кута нахилу кришки. Герметичність камери забезпечується гумовим ущільнювачем. В барокамері передбачені роз'єми для підключення приладів контролю за станом пацієнта та проведення додаткової діагностики (ЕКГ, ЕЕГ, терматруа). Внутрішній блістер може зніматися.

Днище – коритообразної форми і виконане із сталі. Днище як і кришка посилені силовим поясом. Днище має 2 штуцери для подання кисню в барокамеру та розсіяння його в барокамері. В силовому поясі знаходиться система заземлення пацієнта. Для компенсації ваги кришки барокамера укомплектована пружинним компенсатором, який забезпечує підняття з зусиллям до 60 кг.

Візок барокамери також із сталі та має 4 саморегулюючих колеса для перевезення барокамери.

Запобіжний клапан вмонтований на днищі призначений для автоматичного випускання кисню зовні при його підвищенні в барокамері вище допустимого рівня або при екстрених випадках.

Пневматична система забезпечує подачу газу в барокамери лише при закритій кришці та замку. Це забезпечує спеціальний пневморозподільювачем, що змінює з'єднання каналів при відкритому та закритому замку.

Барокамера містить корпус, пульт керування замком барокамери та приводом замка барокамери, пневматичну схему (подання кисню під тиском по трубам), контрольний пристій (дає можливість контролювати власний тиск в барокамері), трубопровід для подачі кисню, вбудований кондиціонер(подає повітря температурою 20-28), переговорний пристій, запобіжний клапан. Барокамера повинна бути заземлена.

Електричний струм подається від кондиціонера через автомати захисту на мікровимикачі, що замкнуті лише при закритій кришці. Система керування двигуном захищена запобіжником та живиться лише при замкнутому положенні тоді вмикається двигун. Між електродвигуном та щутцерами розміщено теплове реле, яке в випадках перевантаження мережі спрацьовує та коло розривається. Система блокування виконана в двох варіантах – механічному та електричному. Електрична система працює при закритій кришці. Механічна перешкоджає руху кришки при відкритому замку.

Основною і необхідною умовою під час користування лікувальними барокамерами є безпека хворих й обслуговуючого персоналу. Багато в чому це залежить від міцності корпусу барокамери і його форми. Корпус барокамери має циліндричну форму з напівсферичними торцевими поверхнями. Крім отворів, призначених для підведення й відведення газів, приєднання кабелів тощо, у корпусі камери повинні бути резервні отвори різного діаметра, якими можна скористатися, якщо виникне потреба під час експлуатації, не порушуючи герметичності камери.

Площа скляної поверхні одномісної лікувальної барокамери значно більша, ніж багатомісних лікувальних барокамер. Іноді корпус майже цілком виготовляється з прозорого матеріалу («Мана-2», «КБ-03»), щоб запобігти клаустрофобії й забезпечити достатнє освітлення камери від зовнішніх джерел світла. В одномісних лікувальних барокамерах, як правило, застосовується принцип «подвійного шару», тобто всі неметалеві частини корпусу виготовляються з двох оболонок: внутрішньої, яка приймає навантаження, і зовнішньої, яка страхує при руйнуванні чи розгерметизації внутрішньої. В одномісних лікувальних камерах двері звичайно круглої форми, відчиняються зовні, розташовані в торцевій частині і дозволяють проносити через них лежачого хворого. В окремих випадках корпус одномісної лікувальної барокамери роблять роз'ємним.

Двері камер обладнуються замками різноманітної конструкції. Об'єм одномісної барокамери для дорослих у середньому становить 1000 л і, як правило, не перевищує 2500 л, тобто достатній для вільного розташування пацієнта у положенні лежачи або напівсидячи. Одномісна лікувальна барокамера для дітей віком до року виготовляється об'ємом 30–60 л, робочий тиск в ній не перевищує 3 кгс/см².

Компенсація змін температури й вологості в барокамері досягається відповідною підготовкою газу в системі газопостачання залежно від вибраного режиму роботи — по відкритому чи напівзакритому контуру. Це забезпечується системою кондиціонування щодо створення оптимальних санітарно-гігієнічних умов для людей, що знаходяться в барокамері. Доросла людина в спокійному стані при кімнатній температурі виробляє тепла близько 50 ккал/год на 1 м² поверхні тіла. При цьому виділяється близько 40 мл/год вологи, 12 л/год вуглекислого газу і незначна кількість інших газів: окису вуглецю, окису азоту, сірководню, аміаку тощо. Одним із засобів досягнення заданих гігієнічних параметрів газового середовища в барокамері є її вентиляція, яка може проводитися по відкритому чи напівзакритому контуру.

У відкритому контурі потік газу повинен бути досить великим, щоб повністю уникнути необхідності абсорбувати вуглекислий газ. Для барокамери «ОКА-МТ» при вентиляції її чистим киснем по відкритому контуру витрата кисню становить 250–300 л/хв. Такий спосіб вентиляції економічно не вигідний.

У напівзакритому контурі для підтримки необхідної 10–15 разової вентиляції внутрішнього об'єму камери протягом 1 год витрачається 40 л/хв кисню. Такий спосіб вентиляції більш економічний, однак потребує обов'язкового включення в систему абсорбера вуглекислоти. Крім того, для підігрівання й охолодження газу в барокамері в контур вмикається кондиціонер з електропідігрівниками й фреоновими охолоджувачами. Для абсорбції невеликих домішок шкідливих газів користуються фільтром із деревним вугіллям. У зв'язку з тим, що внутрішній об'єм одномісної лікувальної камери відносно невеликий, зволоження газу в ній відбувається за

рахунок вологи, яка виділяється пацієнтом. В одномісних барокамерах для дітей для зволоження газового середовища в камері розміщують піддони з водою.

На мікроклімат барокамер вагомо впливає теплообмін «корпус камери — приміщення барозали». Ось чому в приміщеннях, де експлуатуються одномісні лікувальні барокамери, треба підтримувати температуру 21–25 °С. Це особливо важливо для барокамер, в яких немає кондиціонерів (дитячі одномісні лікувальні барокамери, БЛКС-3-01 та ін.).

Розглянемо принципову будову й характеристики деяких серійних барокамер.

Бароапарат ОКА-МТ має барокамеру й кондиціонер. Корпус барокамери — герметична посуда, яка складається з кришки, дна, візка, системи запирання, що працює від електроприводу або вручну. Візок має 4 колеса на гумі. Тандер, розташований під дном, служить для зменшення кута нахилу камери відносно візка. На кришці в головній частині є прозорий блістер, у нижній частині — 2 ілюмінатори, що дозволяють вести постійний візуальний нагляд за пацієнтом. З внутрішнього боку кришки є гучномовець двобічного зв'язку. Тиск в барокамері до 100 кПа (1 кгс/см²).



БЛКС-3-01 і БЛК-3С складається з універсальної одномісної барокамери БЛ-3 і блока керування подачею газів БУГ-4. Електропостачання — від батарейок 9 В. Робочий тиск — 3 кгс/м² (до 300 кПа).

Барокамера має вигляд зварного циліндра, зробленого з нержавіючої сталі, ілюмінатори — з оргскла, передній торець корпусу закривається кришкою з байонетним затвором. БЛКС-3С у комплекті з дистанційним пультом управління відома як БР1. Вона дозволяє проводити сеанси променевої терапії в статичному режимі опромінювання. Її змонтовано на рухомій опорі. В системі БЛК-3С можливі напівавтоматичне керування всіма етапами лікувального режиму (продування, компресія, ізопресія, декомпресія) за заданою програмою й коригування в разі необхідності під час сеансу.



ИРТЫШ-МТ — одномісна пересувна барокамера автономної дії з вентиляційною системою відкритого типу. Корпус виготовлено з газонепроникного еластичного гумотканинного матеріалу. Має блок керування і блок автономного кисневого постачання й регенерації. У камері розміщено два балони (один — у нижній напівсфері, другий — у пульті керування). Тиск в камері до 120—200 *кПа* (1,2—2 *кгс/см²*).

Завдяки невеликій масі (70 кг) і малим габаритам її можна використовувати не тільки в стаціонарі, а й в будь-якому транспортному засобі. Щоб привести камеру в робочий стан знадобиться не більше 3 хв.



ЕНИСЕЙ-3 — реанімаційна одномісна барокамера з робочим тиском до 3 *кгс/см²*. Забезпечує проведення штучної вентиляції легенів, керування внутрішньовенною інфузією, вимірювання артеріального тиску, реєстрацію ЕКГ і ЕЕГ, визначення частоти дихання, вимірювання температури тіла (в комплексі з КДС «Сатурн»).



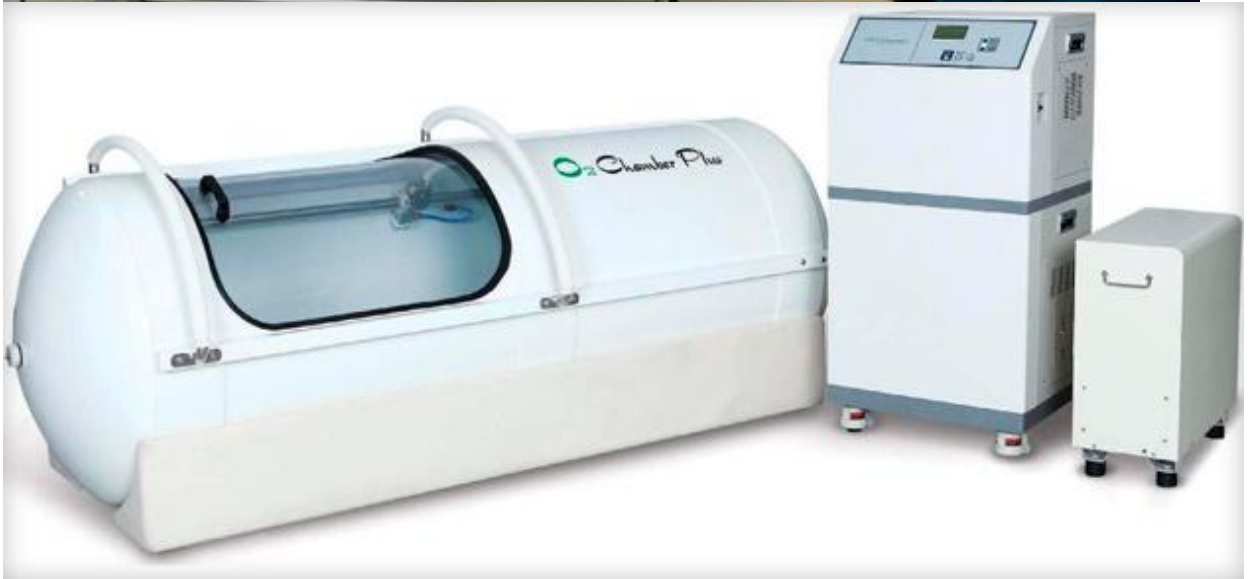
МАНА-2 — барокамера для дітей зростом не більше 75 см, робочий тиск до 3 кгс/см². Корпус прозорий, циліндричний, передбачена можливість підключати ЕКГ, ЕЕГ, проводити внутрішньовенні вливання. Змонтована на рухомій опорі.

КБ-03 — барокамера для немовлят, робочий тиск до 2 кгс/см². Система керування змонтована на загальному каркасі, регулюється температура й вологість.

VICKERS (Англія) випускається в двох варіантах: циліндрична та у вигляді ліжка; робочий тиск 2 і 1 кгс/см². Конструкція барокамер забезпечує можливість реєстрації ЕКГ, ЕЕГ, артеріального тиску. Чотириканальний електротермометр дозволяє одночасно вимірювати температуру шкіри, прямої кишки, стравоходу, а також газового середовища камери. Можна проводити штучну вентиляцію легенів малогабаритними респіраторами, які регулюються за тиском і мають логічний елемент переключання фаз вентиляції. Швидкість подавання газів — від 5 до 15 л/хв. Дихальний об'єм змінюється відповідно до змін тиску кисню, що подається в респіратор. Внутрішньовенні вливання здійснюються з пластмасового резервуара, що міститься у виповненій киснем манжетці, тиск в якій регулює темп інфузії. Максимальна швидкість підйому і спадання тиску становить 0,21 кгс/см² за 1 хв. Екстрена декомпресія може бути проведена зі швидкістю 4 кгс/см² за 1 хв.

DRÄHER (Німеччина) — барокамера з металевим корпусом і багатьма ілюмінаторами з силікатного скла. Конструктивною особливістю є те, що пульт керування змонтовано разом із кришкою камери й її висувним ложем, вона є більш компактною, спрощує монтаж і експлуатацію, дозволяє обходитися без шлангів. У камері є посудина для збирання сечі. Максимальний робочий тиск — 4 кгс/см². Швидкість компресії — до 1 кгс/см² за 1 хв, екстрена декомпресія — 5 кгс/см² за 1 хв.

Фірма "Tabai" випускає дві модифікації барокамери: РНС-04-А — з робочим тиском до 4 кгс/см² і РНС-04 — з робочим тиском до 2 кгс/см². Швидкість компресії — 0,3 кгс/см², декомпресії — 0,8 кгс/см² за 1 хв. Для зменшення маси камери її виготовлено з алюмінієвого сплаву. Камера може використовуватися не тільки стаціонарно, а й під час руху.





Зал барокамер центра гіпербаричної оксигенації



Барокамера серії БКД

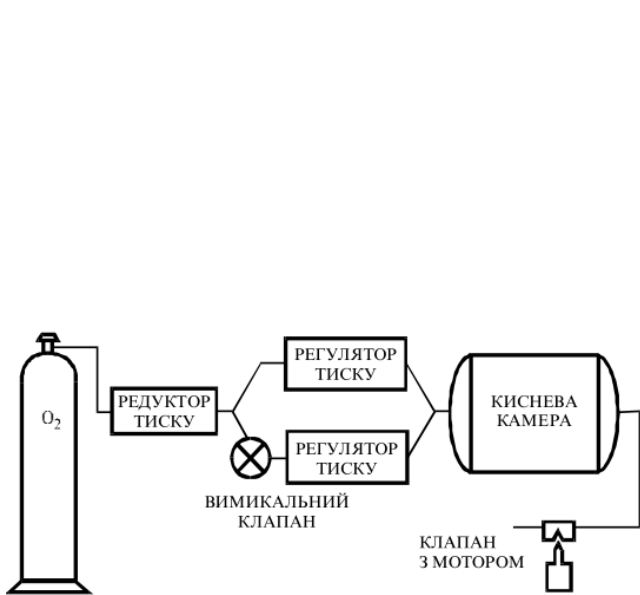


Рис. 13. Схема вентиляції барокамери по відкритому контуру

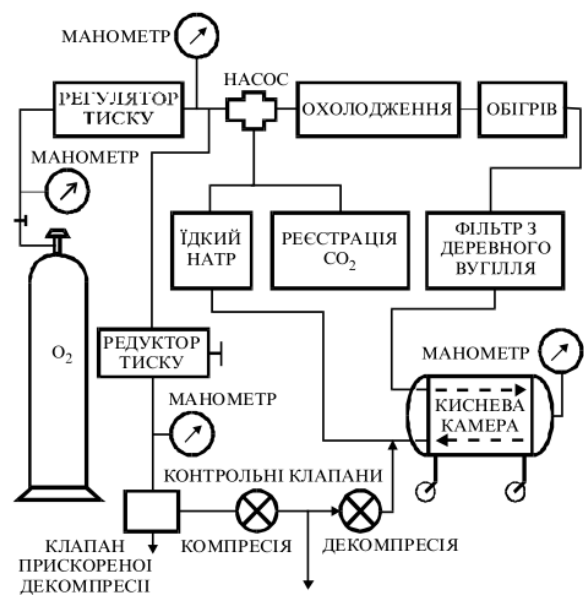


Рис. 14. Схема вентиляції барокамери по напівзакритому контуру

4. Техніка безпеки при роботі з барокамерою

Основною небезпекою при роботі барокамери є висока пожежонебезпека, оскільки в приладі знаходиться легкозаймистий кисень при високому тиску. Для запобігання пожежі забороняється:

- обслуговувати бароапарат в синтетичному одязі; пацієнту слід мати одяг з натурального волокна;
- експлуатувати бароапарат без заземлення пацієнта і бароагрегатів;
- допускати зниження відносної вологості кисню в барокамері нижче 65 %;
- користуватися всередині барокамери джерелами чи споживачами електричного струму, не передбаченими заводом-виробником;
- заносити до барокамери рідини, які можуть спричинити появу вогню чи іскри;
- подавати напругу на електроди під час функціональних досліджень;
- користуватися в барозалі несправними приладами і електродротами;
- використовувати в барокамері відкритий вогонь і палити;
- палити і наближатися до відкритого вогню пацієнту протягом 30 хв після сеансу;
- користуватися в барозалі електронагрівальними приладами;
- експлуатувати незнежирене кисневе обладнання;
- зберігати в барозалі рідину, масла і матеріали, які горять і легко займаються, зокрема й перев'язувальні;
- розмішувати меблі з матеріалів, що горять;
- користуватися кабелем-подовжувачем для реєстрації фізіологічної інформації;
- використовувати без захисного заземлення електромедичну апаратуру класу 0І і І;
- користуватись в барозалі матеріалами й речами, які здатні спричинити іскру (наприклад, сталеві гайкові ключі);
- подавати кисень у барозалу при непрацюючій або несправній вентиляції;
- допускати збільшення концентрації кисню в барозалі;
- продовжувати роботу при виявленні витоку кисню.

Перед проведенням процедури прилад та прозорий блістер обов'язково перевіряють на сліди жиру та масла, наявність мікротріщин та несправностей.

Крім медичного використання барокамери отримали широке застосування при тренуванні космонавтів та пілотів, а також тренуванні та реабілітації водолазів.