*Лекція № 7*

*Тема:* **Функціональна діагностика дихальної системи**

***1. Поняття та сутність процесу дихання***

**Дихання** - це процес споживання кисню і виділення вуглекислого газу тканинами живого організму.

*Сутність процесу дихання* полягає в забезпеченні організму киснем, використання його для окислення органічних речовин зі звільненням енергії і виділення вуглекислого газу, що утворюється в результаті обміну речовин, в навколишнє середовище.

Розрізняють легеневе (зовнішнє) і тканинне (внутрішнє) дихання.

***Зовнішнім диханням*** називають обмін повітря між навколишнім середовищем і легенями.

***Внутрішньоклітинне дихання*** - обмін киснем і вуглекислим газом між кров'ю і клітинами тіла.

Дихання складається з наступних етапів:

- газообмін між альвеолярною сумішшю газів і атмосферним повітрям;

- газообмін між альвеолярної сумішшю газів і венозною кров'ю, що притікає до легень;

- транспорт кисню і вуглекислого газу кров'ю;

- газообмін між артеріальною кров'ю і тканинами;

- тканинне дихання.

Дослідження функціонального стану дихальної системи є одним із провідних елементів програми діагностики і моніторингу стану здоров’я людини. Пов’язано це із значною роллю системи дихання в пристосуванні організму до різних видів фізичних навантажень, формуванні найбільш адекватної реакції на різного роду дії.

***2. Методи дослідження функціонального стану дихальної системи***

Для вивчення зовнішнього дихання, газообміну в легенях і тканинах, а також транспорту газів кров'ю використовують різні методи, що дозволяють оцінювати дихальну функцію в стані спокою, при фізичному навантаженні та різних впливах на організм.

Для оцінки функціонального стану системи дихання використовують методи спірометрії, спірографії, пневмотахометрії, оксигемометрії, методи газового аналізу, ряд методик щодо визначення інтегральних параметрів системи зовнішнього дихання, а також різні функціональні проби.

***1). Спірометрія***

**Спірометрія** - простий метод дослідження функціональних параметрів системи зовнішнього дихання.

Спірометрію здійснюють за допомогою спеціальних приладів - спірометрів (сухоповітряних або водних). Сухоповітряні спірометри є портативними приладами.

*Показники функціонального стану системи зовнішнього дихання*

**Життєва ємність легенів (ЖЄЛ)** - один з найважливіших показників функціонального стану системи зовнішнього дихання і є непрямим показником максимальної площі дихальної поверхні легень, на якій відбувається дифузія кисню і вуглекислого газу.

***Життєва ємкість легень*** – це максимальний об’єм повітря, що людина може видихнути після одного максимального вдиху. Одиниці виміру ЖЕЛ - літри або мілілітри.

Величина ЖЕЛ залежить від статі, віку, довжини і маси тіла, окружності грудної клітини, фізичної підготовки, розмірів легень і сили дихальної мускулатури. Показник ЖЕЛ збільшується з віком у зв'язку з ростом грудної клітини та легенів і є максимальною у віці 18-35 років. В середньому, в здорової нетренованої людини ЖЄЛ становить: 3,0-5,5 л у чоловіків, 2,5-4,0 л - у жінок. У спортсменів, які тренуються у видах спорту, спрямованих на розвиток витривалості (плавання, веслування, біг на довгі дистанції, велоспорт, лижні гонки тощо), ЖЄЛ може досягнути 8 л.

При вимірюванні ЖЕЛ методом спірометрії випробуваний в положенні стоячи спочатку робить повільний максимальний вдих, потім затискає ніс і плавно повільно проводить максимальний глибокий видих в спірометр. ЖЕЛ визначають за шкалою спірометра. Необхідно провести 2-3 вимірювання ЖЄЛ і обчислити середню величину. Дана ЖЕЛ називається ***фактичною ЖЕЛ.*** Перед проведенням дослідження мундштук спірометра протирають ватою, змоченою спиртом.При неодноразових вимірах необхідно кожен раз встановлювати шкалу спірометра у вихідне положення. Для цього у сухоповітряного (сухого) спірометра повертають вимірювальну шкалу і нульову поділку поєднують зі стрілкою.

Для оцінки індивідуальної фактичної ЖЄЛ (факт. ЖЕЛ) її порівнюють з належною ЖЕЛ (НЖЕЛ). ***Належна ЖЕЛ*** - це теоретично розрахована для даної людини величина з урахуванням її статі, віку, зросту і маси тіла. Належні величини ЖЕЛ розраховують за формулами або визначають по номограмам. Фактична ЖЄЛ виражається у відсотках до належної ЖЄЛ. Для здорових людей співвідношення факт. ЖЕЛ до НЖЕЛ має становити 100±15%, тобто 85-115%; для спортсменів, що тренуються на витривалість, факт. ЖЄЛ(%) становить 100-150% від НЖЄЛ. Якщо факт. ЖЄЛ(%) менше 85%, то це свідчить про зниження потенційних можливостей системи зовнішнього дихання і вказує на патологію дихальної системи. Якщо факт.ЖЕЛ(%) вище 115%, то це свідчить про високу кардіореспіраторну продуктивність системи зовнішнього дихання, що забезпечує підвищену легеневу вентиляцію, необхідну при виконанні фізичних навантажень.

***Життєвий індекс*** визначається діленням ЖЕЛ на масу тіла.

Середня величина: для чоловіків - 60 мл / кг; для жінок - 50 мл / кг.

ЖЄЛ включає в себе ДО (дихальний об'єм), РО вдиху (резервний об'єм вдиху) і РО видиху (резервний об'єм видиху).

***Дихальний об’єм (ДО)*** - об'єм вдихуваного і видихуваного повітря під час кожного дихального циклу при спокійному диханні. Відносний показник ДО повинен становити 15% від ЖЕЛ. В середньому доросла нетренована людина вдихаєі видихає близьке 500 мл повітря (300-500 мл - чоловіки і 300-400 мл - жінки). З них 150 мл - це повітря так званого функціонально мертвого простору в гортані, трахеї та бронхах. Повітря мертвого простору не приймає активної участі в газообміні, але, змішуючись із повітрям, що вдихається, зігріває і зволожує його.

При навантаженні ДО у чоловіків і жінок може збільшуватися до 1500 - 2000 мл і 1300-1500 мл відповідно, за рахунок зменшення резервних об’ємів вдиху і видиху. Збільшення ДО в спокої спостерігається при дихальній недостатності, в разі діабетичної коми (т.зв. кусмаулевське дихання), а також під впливом психогенних факторів. Зниження ДО буває при нейротоксикозі, реструктивних формах дихальної недостатності (пневмосклероз), плевриті та пошкодженнях грудної клітини. Нерідко зміна ДО супроводжує ожиріння, недостатність кровообігу і деякі інші перед- і патологічні стани. У спортсменів в нормі спостерігається деяке збільшення цього показника.

Метод спірометрії передбачає визначення величини ***фактичного ДО*** шляхом спокійного (звичайного) видиху в спірометр після попереднього спокійного вдиху з навколишнього середовища.

***Належний ДО*** обчислюють з належного ХОД (хвилинного об’єму дихання) поділом останнього на середньовікову норму ЧД (частоти дихання).

***Резервний об’єм видиху*** або ***об’єм додаткового видиху (РО вид.)*** - це максимальний об’єм повітря, який можна додатково видихнути після спокійного видиху. В середньому величина РОвид. складає 1500-2000 мл і характеризує потенційні можливості системи зовнішнього дихання.

Для визначення резервного обсягу видиху методом спірометрії випробуваного просять зробити після чергового спокійного видиху в навколишнє середовище максимальний глибокий видих в спірометр. Повторюють вимірювання кілька разів і обчислюють середню величину.

***Резервний об’єм вдиху*** або ***об’єм додаткового вдиху (РО вд.)*** - це максимальний обсяг повітря, який можна додатково вдихнути після спокійного вдиху. Цей показник також характеризує потенційні можливості системи зовнішнього дихання. Середня величина РОвд. 1500-2000 мл.

Резервний обсяг вдиху можна визначити двома способами: обчислити і виміряти спірометром.

Для обчислення резервного обсягу вдиху необхідно з величини ЖЕЛ відняти суму дихального об’єму і резервного об'єму видиху.

Метод спірометрії застосовують для визначення величини цього показника шляхом попереднього наповнення спірометра певним об'ємом повітря (наприклад, до відмітки “3 літри”) і подальшого глибокого вдиху із спірометра (цьому вдиху повинен передувати спокійний вдих з навколишнього середовища). Різниця між початковим і кінцевим показниками спірометра відповідатиме величині РОвд.

Резервний об'єм вдиху і резервний об'єм видиху дуже мінливі навіть у фізіологічних умовах і залежать від статі, віку, фізичної тренованості, положення тіла і т.п. Дані обсяги певною мірою визначають здатність до збільшення кількості вентильованого повітря і зменшуються при патологічних станах. Зниження РОвд. спостерігається при реструктивних процесах, при зменшенні еластичності легеневої тканини, зниження РОвид, - частіше при обструктивних ураженнях, особливо тих, що супроводжуються емфіземою. Велику цінність для діагностики мають не абсолютні показники резервних об’ємів, а їх відносні величини, зокрема, відношення їх до ЖЕЛ. У нормі вони дорівнює 33-40% від ЖЕЛ.

Однак і після максимально глибокого видиху в легенях залишається ще значний об'єм повітря, який називається **залишковим об'ємом (ЗО)**. Вважають, що в нормі залишковий обсяг становить 25-30% від величини ЖЕЛ (близько 1200 мл). Це повітря затримується у «повітряних пастках», які утворюються тому, що частина бронхіол спадається раніше, ніж альвеоли. Тому легені дітей, які дихали після народження, не тонуть, якщо їх занурити у воду. Наведений приклад використовують у практиці судової медичної експертизи для вияснення причин летальності новонароджених.

Залишковий обсяг повітря можна виміряти тільки непрямими методами. Принцип таких методів полягає в тому, що в легені або вводять чужорідний газ типу гелію (метод розведення), або вимивають азот, що міститься в альвеолярному повітрі, змушуючи випробуваного дихати чистим киснем (метод вимивання). І в тому, і в іншому випадках шуканий обсяг обчислюють, виходячи з кінцевої концентрації газу. Останнім часом набуло широкого поширення вимірювання залишкового об'єму повітря за допомогою інтегрального плетизмографа.

Сума значень ЖЄЛ і ЗО становить **загальну ємкість легень (ЗЄЛ)**, що в середньому дорівнює 4700 мл.

**Частота дихання (ЧД)** - це кількість дихальних циклів за 1 хв. Дихальний цикл складається із фаз вдиху (інспірації повітря) і видиху (експірації повітря). При цьому акт вдиху проходить трохи швидше, ніж акт видиху. ЧД схильна до вікових коливань і легко змінюється під впливом різних причин (стан здоров'я, температури тіла і навколишнього середовища, емоційних факторів і ін.). У здорової нетренованої людини в стані спокою ЧД - 14-18 за 1 хв. (16), у спортсменів - 10-11. Такий тип дихання зазвичай називається "ейпное" або "гарне дихання". За добу проводиться 23 тисячі дихальних рухів. При такій кількості людина вентилює через легені більше 7 тисяч л повітря. Почастішання дихання, особливо в поєднанні з малим ДО, характерно для реактивних уражень (фіброз легень), але може мати місце при довільній гіпервентиляції, дихальному неврозі. Порушення дихання більш властиво при обструкції дихальних шляхів. У спортсменів часто спостерігається деяке зниження значень ЧД в стані функціонального спокою. За умови фізичного навантаження ЧД зростає до 50-60 рухів і більше.

У медичній практиці ЧД можна визначити пальпаторним методом (шляхом прикладання кисті руки на грудну клітку), або за допомогою лічильників частоти дихання.

Співвідношення ЧД і ЧСС = 1:4-1:5. Останнє потрібно враховувати при проведенні штучної вентиляції і непрямого масажу серця потерпілим.

**Хвилинний об'єм дихання (ХОД, л/хв)** - кількість повітря, що вентилюється легенями за 1 хв. під час спокійного дихання. Хвилинний об'єм дихання характеризує інтенсивність загальної легеневої вентиляції (без вентиляції альвеол) і має практичне значення для оцінки вентиляції тільки під час співставлення з частотою і глибиною дихання, що дозволяє орієнтовно робити висновки про наявність гіпо- чи гіпервентиляції. При частому і поверхневому диханні більша частина хвилинного об’єму йде на вентиляцію мертвого простору, при глибокому - виростає об'єм, який вентилює альвеоли. Норма ХОД у спокої становить 6-8 л/хв.

Величина ХОД залежить від віку, статі, рівня функціональної підготовки, а також від стану ССС, ЦНС (в першу чергу від збудливості дихального центру), порушень обміну речовин тощо. Підвищення цього показника відмічається при різних захворюваннях легень і серця (зростає у міру тяжкості захворювання) і розцінюється як один із проявів компенсації з метою досягнення необхідного для газообміну рівня вентиляції альвеол, а також при підвищенні обмінних процесів (тиреотоксикоз); зменшення ХОД зустрічається при пригніченні дихального центру. Легенева вентиляція у спокої в спортсменів в середньому вища і може досягати 18 л/хв. і більше. Під час навантаження ХОД у спортсменів зростає до 80-120 л/хв. Збільшення ХОД знаходиться у прямій залежності від потужності виконуваної роботи, але до визначеної межі, після досягнення якої, незважаючи на подальше підвищення навантаження, не спостерігається підвищення ХОД.

Хвилинний об’єм дихання визначають як добуток дихального об'єму і частоти дихання. За однакових значень ХОД ефективність вентиляції легенів вища тоді, коли він визначається в більшій мірі за рахунок збільшення ДО чим ЧД. Оцінка легеневої вентиляції проводиться шляхом зіставлення фактичного ХОД зі належним ХОД.

**Максимальна вентиляція легенів (МВЛ, в л/хв або мл/хв)** - це об'єм повітря, що вентилюється легенями в одиницю часу за умови максимальної глибини і частоти дихання. МВЛ залежить від ЖЄЛ, стану бронхіальної прохідності та сили дихальної мускулатури. Цей показник дає можливість оцінити функціональну здатність системи зовнішнього дихання, а тому на відміну від інших функціональних показників його використовують для оцінки тренованості організму людини.

Величина МВЛ схильна до значних індивідуальних коливань і залежить від впливу різних легеневих і позалегеневих факторів. В нормі МВЛ у дорослих здорових нетренованих чоловіків становить 80-230л/хв., у жінок – 60-170 л/хв., а у спортсменів - 180-240 (200) л/хв.

Методом спірометрії величину МВЛ реєструють таким чином: обстежуваний здійснює максимально часте і максимально глибоке дихання в спірометр упродовж 15 секунд. Одержаний результат помножують на 4 і отримують значення МВЛ в мл або л за 1 хвилину. Визначення МВЛ проводиться також методом спірографії та спірогазометрії.

Оцінку МВЛ проводять при порівнянні фактичної МВЛ з належною МВЛ. *Належна величина максимальної вентиляції легенів (НМВЛ, мл)* є досить інформативним показником під часхарактеристики потенційних можливостей дихальної системи,особливо в умовах екстремальних зовнішніх дій. Належна МВЛрозраховують за *формулами А.П. Дембо*.

Для з'ясування переважаючого впливу на МВЛ обструктивних і реструктивних змін в легенях обчислюють відношення МВЛ (у відсотках від НМВЛ) до ЖЕЛ (у відсотках від НЖЕЛ), яке називається ***показником швидкості руху повітря***. Якщо цей показник менше одиниці, то це вказує на переважання обструктивних порушень, більше одиниці - реструктивних.

**Резерв дихання (РД, л/хв або %)**розраховують як відношення ХОД до МВЛ. Величина РД дозволяє отримати важливу інформацію про ступінь напруги дихальної функції та ступінь навантаження дихальної системи. В нормі величина РД складає близько 8%, тобто організм використовує близько 8% від своїх максимальних можливостей. Збільшення цього відсотка свідчить про зниження здатності обстежуваного до виконання фізичних навантажень. При важких ураженнях дихального апарату і значному зниженні МВЛ величина РД може досягати 50%.

Під резервом дихання іноді розуміють також різницю між величинами МВЛ і ХОД. Неабияке діагностичне значення при цьому має відношення цієї різниці до максимальної вентиляції легенів, виражене у відсотках. В нормі означене співвідношення складає 80-85%, зростання серцевої або легеневої недостатності сприяє зниженню цього показника, він досягає 50-55% при легеневій недостатності 2-ої і 3-їй ступені.

**Вентиляційний індекс (ВІ).**Цей розрахунковий показник був запропонований Ґаррісоном. ВІ розглядається як відношення хвилинного об’єму дихання до життєвої ємності легенів. На думку більшості фахівців, значення ВІ можна визначити як критерій реалізації потенційних можливостей системи зовнішнього дихання конкретного реципієнта.

В нормі вентиляційний коефіцієнт Ґаріссона складає 1,2–2,6%. Для спортсменів характерним є деяке зниження цього параметру (в основному, за рахунок підвищення значень життєвої ємності легенів).

***2). Спірографія***

Більш повну картину щодо функціональних можливостей і функціонального стану системи зовнішнього дихання можна отримати з використанням більш складного методу дослідження – **спірографії (СПГ)**. Він передбачає графічний запис дихальних рухів і дозволяє оцінити за отриманою спірограмою показники зовнішнього дихання.

Спірографію проводять за допомогою спірограма, що має ємність, з якої дихає пацієнт. Зміна ємності призводить до переміщення пісника пропорційно обсягу повітря, що вдихається і видихається. Починати дихати зі спірометру можна тільки після дезінфекції загубника і увімкнення механізму протягування стрічки (50 мм / хв.).

Реєстрація спірограми включає в себе наступні етапи:

1. Спокійне дихання (30-60 с). Визначається ДО, ЧД, ХОД.

2. Глибокий вдих і видих. Визначається РОвд, РОвид і ЖЕЛ.

3. Форсований (швидкий і глибокий) видих після глибокого вдиху. Дослідження повторюється 2-3 рази і фіксується максимальне значення. Запис здійснюється на великій швидкості руху паперової стрічки (1200 мм / хв. або 600 мм / хв.). Визначається форсована ЖЕЛ (ФЖЕЛ).

4. Якомога глибоке і часте дихання протягом 12-20 с (50-60 подихів у хвилину). Визначається МВЛ за добутком глибини і частоти такого дихання.

5. Визначається РД (резерв дихання) за розрахунком.

6. ПО2 (поточне поглинання кисню в умовах відносного спокою).

**Форсована життєва ємність легенів (ФЖЕЛ, л або мл)** - це кількість повітря, яке може бути видихнуто при форсованому видиху (максимально швидкий і глибокий видих) після максимального глибокого вдиху. У нормі вона на 300 мл менше фактичної ЖЄЛ (80-100% від ЖЕЛ).

Визначають не тільки величину ФЖЕЛ, але і час, за який обстежуваний робить форсований видих. В нормі у здорових дорослих нетренованих людей цей час складає від 1,5 до 2,5 секунд.

Крім абсолютної величини ФЖЕЛ, потрібно врахувати обсяг форсованого видиху за першу секунду видиху - ФЖЕЛ1.

Для характеристики механіки дихання становлять інтерес як абсолютна величина ФЖЕЛ1, так і *індекс Тіффно*, тобто відношення ФЖЕЛ1 до ФЖЕЛ у %. У нормі вона становить 85% від форсованої ЖЄЛ. Більш фізіологічним вважається відношення ФЖЕЛ1 до фактичної ЖЄЛ. У нормі ФЖЕЛ1 становить не менше 70% фактичної ЖЄЛ. Зниження ФЖЕЛ характерно дня захворювань, що супроводжуються порушенням бронхіальної провідності (бронхіальна астма, форми хронічної пневмонії тощо).

Уявлення про стан механіки дихання дає і якісна оцінка кривої ФЖЕЛ. Полога форма верхньої третини кривої відображає підвищений опір великих бронхів, розтягнута кінцева частина вказує на погіршення провідності дрібних дихальних шляхів і зниження еластичності легенів. Східчастий хід кривої відображає клапанний механізм порушення бронхіальної провідності.

На спірограмі час і величину ФЖЄЛ визначають шляхом розрахунку амплітуди і тривалості цього функціонального параметру.

**Поглинання кисню (ПО2, л/хв або мл / хв)** - кількість кисню, що поглинається в легенях за 1 хвилину. При спірографії з автоматичною подачею кисню ПО2 визначають по кривій реєстрації подачі кисню, при диханні повітрям - по нахилу записи спірограми.

Величина ПО2 залежить від функціонального стану легень, серцево-судинної системи і рівня окислювально-відновних процесів в організмі. Зниження ПО2 при наявності вираженої дихальної та серцевої недостатності вказує на виснаження резервних можливостей організму.

**Коефіцієнт використання кисню (КВО2)** визначається кількістю кисню в мілілітрах, поглиненого легенями з 1 літра вентильованого повітря, і розраховується як відношення ПО2 до ХОД. Всі вихідні показники вимірюють в одному відрізку спірограми. Нормальна величина КВО2 для дітей після 6 років і для дорослих - 35-40 мл / л; до 5 років - 30-33 мл / л.

Величина КВО2 залежить від умов дифузії кисню, обсягу альвеолярної вентиляції, досконалості координації між легеневої вентиляцією і кровообігом в малому колі і дає уявлення від ефективності вентиляції і газообміну в легенях. Зниження КВО2 свідчить про невідповідність вентиляції і кровотоку і зустрічається при легеневій і серцевої недостатності, при емоційній напрузі, гіпервентиляції. Збільшення КВО2 вказує на підвищене використання кисню вентильованого повітря в легенях.

***3). Пневмотахометрія***

**Пневмотахометрія** - це метод вимірювання максимальної об'ємної швидкості повітряного потоку при форсованому вдиху і видиху - ***потужності вдиху (Nвд, л/с)*** і ***потужності видиху (Nвид, л/с)***.

Пневмотахометрія проводиться за допомогою спеціального приладу *пневмотахометра*, що складається з датчика (спеціальна трубка з діафрагмою і одноразовим змінним мундштуком), і вимірювального блоку з манометром. Об'ємна швидкість потоку повітря на вдиху і видиху вимірюється в літрах в секунду (л / с) за показаннями манометра.

Для визначення величин Nвид і Nвд обстежуваний має послідовно здійснити форсований видих і форсований вдих кілька разів (зазвичай 2 рази) в пневмотахометр через мундштук, на ніс одягається спеціальний затискач.

Також обов'язково проводиться вимір антропометричних показників (зросту, маса тіла, об'єм грудної клітини), які дозволять фахівцеві правильно визначити стан структур системи дихання.

Для отримання максимально достовірних результатів пневмотахометрії пацієнт перед його проведенням повинен дотримуватися кількох підготовчих рекомендацій, які включають:

• Відмова від куріння і вживання алкоголю за добу до дослідження.

• Скасування застосування деяких лікарських засобів, зокрема бронхолітиків за 4 години.

• Одяг не повинен обмежувати дихальних рухів.

• Не рекомендується в день проведення пневмотахометрії піддаватися підвищеним емоційним або фізичним навантаженням.

• Дослідження повинно проводитися натще або не раніше, ніж через 2 години після їжі. Зазвичай воно проводиться вранці.

Показник швидкості проходження повітря під час інтенсивного вдиху і видиху дозволяє оцінити бронхіальну прохідність і силу дихальної мускулатури. *Бронхіальна прохідність* - найважливіший показник стану системи зовнішнього дихання, від її величини залежать енергетичні витрати на вентиляцію легенів. При збільшенні бронхіальної прохідності на вентиляцію легенів потрібно менше енергетичних витрат. У нормі цей показник у чоловіків дорівнює 5-8 л/с, у жінок - 4-6 л/с. У спортсменів спостерігаються більш високі значення даного показника. Низькі значення свідчать про порушення прохідності дихальних шляхів і зниженні функціональних можливостей дихальної мускулатури. Порушення прохідності дихальних шляхів спостерігається при захворюваннях дихальних шляхів (трахеїт, бронхіт, бронхіальна астма, пневмонія).

Для більш точної оцінки бронхіальної прохідності необхідно розраховувати належні величини. Потім результат пневмотахометрії в абсолютних значенняхвиражають у відсотках до належної величини.

Нормальній бронхіальній прохідності відповідає пневмотахометричний показник видиху, рівний 100 ± 20% від належної величини.

За допомогою пневмотахометрії можна визначити співвідношення потужності вдиху і видиху. У здорових нетренованих осіб воно близьке до 1. У спортсменів потужність вдиху суттєво перевищує потужність видиху. Співвідношення становить 1,2-1,4. Відносне збільшення потужності вдиху дуже важливо для спортсменів.

При аналізі показників потрібно виокремити такі основні порушення функції зовнішнього дихання:

а) обструктивні - утруднене проходження повітря по дихальних шляхах, головним чином - по бронхах. При обструктивних процесах знижуються МВЛ, ФЖЕЛ, незначно зменшується ЖЕЛ;

б) реструктивні - є перешкода, яка ускладнює розширення і спадання легень (пневмосклероз, спайки плеври, окостеніння ребер і т.п.). При реструктивних процесах знижується ЖЕЛ і максимальна вентиляція легенів (MBЛ), в той же час ФЖЕЛ і показники пневматотахометрії не змінені;

в) змішані порушення.

***4). Оксигемометрія***

**Оксигемометрія** - фотометричний метод безперервного вимірювання насичення крові киснем, який заснований на аналізі спектральних властивостей гемоглобіну. Оксигемометрія проводить спеціальним приладом – оксигемометром. Він складається з датчика, закріплюваного на мочці вуха, і вимірювального елемента. Датчик містить фотоелемент і поєднаний з освітлювальною лампою, яка сприяє прогріванню шкіри і розширенню судин, а також пропускає через тканини вуха світло, яке сприймається фотоелементом і перетворюється в електричний струм. Зміни насичення крові киснем приводять до зміни кольору крові й інтенсивності світлового потоку, що пройшов через тканину вуха.

За допомогою методу оксигемометрії реєструють ступінь насичення крові киснем після довільної затримки дихання (СНз) і її відношення до початкового ступеня насичення (СНп), коли реципієнт дихав атмосферним повітрям (приймається в середньому за 95%). На підставі цих даних розраховують коефіцієнт використання кисню*.* В нормі величина КВК складає 0,25-0,30 у.о. Зниження цього показника свідчить про неекономічність використання кисню організмом реципієнта.

Насичення крові киснем залежить від різних впливів на організм (фізичне навантаженні, вдихування гіпоксичних і гіпероксичних газових сумішей тощо). Основою оксигемометричного дослідження, артеріалізації крові в легенях є застосування інгаляції киснем. Після калібровки приладу відповідно еталонному фільтру приймач прикріплюють до краю вуха і чекають 10-15 хв., коли вухо добре розігріється і скрізь ділянку, що просвічується, протікає кров, відповідно насичена киснем.

Потім позначку оксигемометра встановлюють на одну з позначок шкали (зазвичай 90%), фіксують її положення і пропонують пацієнту дихати чистим киснем з кисневої подушки протягом 2-3 хв., а у разі безперервного відхилення стрілки прибору - до 5 хв. Завершують інгаляцію кількома глибокими вдихами, після чого пацієнт знову переключається на дихання повітрям. Підвищене насичення повертається до вихідного рівня.

Упродовж всього терміну обстеження через кожні 30 секунд фіксують показники прибору. Найважливіше значення мають два значення: 1) величина приросту насичення і 2) час повернення насичення до вихідного рівня. Під час проведення процедури необхідно враховувати, що оксігемометр є відносним приладом, він реєструє зміни насичення крові киснем, а не абсолютну його величину.

***5).******Методи газового аналізу***

Оцінка кількості кисню і вуглекислого газу в артеріальній і венозній крові є досить цінним методом, який надає можливість скласти уявлення про різні види дихальної недостатності, яка, на жаль, є поширеним явищем не тільки серед хворих людей, але й осіб, які систематично піддаються дії високих фізичних навантажень. Сьогодні існує достатня кількість сучасних методичних підходів до визначення газового складу крові із застосуванням відповідної апаратури. В нормі ступінь насичення артеріальної крові киснем складає близько 95%. При різних видах дихальної недостатності виникає так звана *артеріальна гіпоксемія* – недонасичення гемоглобіну артеріальної крові киснем через порушення газообміну в легенях або їх поразку. Тимчасова артеріальна гіпоксемія досить часто фіксується при гострих ураженнях дихального апарату (пневмонії, бронхіоліти тощо). У залежності від важкості несприятливих змін в дихальній системі ступінь насичення артеріальної крові киснем може знижуватися до 85-90%, а в деяких випадках до 60-70% і навіть 50%. У разі важких уражень легенів може розвиватися також *артеріальна гіперкапнія* – істотне підвищення змісту вуглекислого газу у крові, що призводить до виникнення газового ацидозу.

***3. Функціональні проби системи зовнішнього дихання***

Під час аналізу рівня функціонування будь-якої фізіологічної системи, застосування функціональних проб, тобто дослідження характеру реакції означеної системи на певну дію ззовні, має велике значення. Отримані результати надають досліднику змогу оцінити такі якості фізіологічної системи, як її лабільність або, навпаки, стійкість, норму реакції системи, потенційні можливості тощо. Система зовнішнього дихання в цьому відношенні не є виключенням і для оцінки її функціонального стану також розроблено немало функціональних проб.

**А. Функціональні проби системи зовнішнього дихання з використанням ЖЕЛ:**

1. ***Проба Розенталя.***Ця проба використовується для оцінки витривалості дихальної мускулатури і дозволяє оцінити ступінь тренованості апарату зовнішнього дихання. Проба полягає в п'ятикратному вимірюванні ЖЕЛ з інтервалом між вимірами 15 с. Реєструються ЖЕЛmax і ЖЕЛmin, а також різниця між ними (ΔЖЕЛ) в л або мл. Збільшення ЖЕЛ на 200 мл і більше свідчить про високий ступінь тренованості дихальної системи і, навпаки, зниження ЖЕЛ на 200 мл і більше свідчить про зниження функціональних можливостей системи зовнішнього дихання. При зміні ЖЕЛ в межах ± 300 мл виявляють задовільний стан системи зовнішнього дихання.

2. ***Проба Шафрановського (динамічна спірометрія).***Проба полягає у визначенні ЖЕЛ до і після стандартного фізичного навантаження В якості фізичного навантаження може бути використана будь-яка функціональна проба з фізичним навантаженням: трихвилинний біг на місці в темпі 180 крок / хв., (для жінок - двохвилинний біг); підйом на сходинку висотою 22,5 см протягом 6 хв. в темпі 16 кроків / хвилину. ЖЕЛ визначається в стані спокою і після навантаження. Збільшення ЖЕЛ після фізичного навантаження на 200 мл і більше свідчить про хороший функціональний стан системи зовнішнього дихання. Зменшення ЖЕЛ після фізичного навантаження на 200 мл і більше свідчить про незадовільний функціональний стан системи зовнішнього дихання. Різниця в показниках ± 200 мл оцінюється як задовільний функціональний стан системи зовнішнього дихання.

**Б. Функціональні проби системи зовнішнього дихання для визначення стійкості організму до гіпоксії:**

Найбільш розповсюдженими є функціональні проби із затримкою дихання на вдиху *(проба Штанге)* і на видиху *(проба Ґенчі).* В обох випадках реєструється максимально можливий час затримки дихання (відповідно Твд. і Твид.). Означені проби дозволяють оцінити ступінь стійкості організму людини до змішаної гіперкапнії і гіпоксії, що відображає загальний стан киснезабезпечуючих систем; оцінити кисневе забезпечення організму і загальний рівень тренованості людини.

**Гіперкапнія** - стан організму, викликаний підвищенням парціального тиску вуглекислого газу в артеріальній крові внаслідок фізичних навантажень (функціональна гіперкапнія), або в результаті вдихання повітряних сумішей з підвищеною концентрацією СО2. Стан характеризується збільшенням хвилинного об'єму легень і хвилинного обсягу крові, розширенням судин міокарда і головного мозку, підвищенням загальної активності організму. Тривала гіперкапнія, що не компенсується (знаходження в атмосфері з високим вмістом СО2), може привести до зростання кислотності крові, вторинного спазму кровоносних судин, уповільнення серцевих скорочень.

**Гіпоксія** - стан «кисневого голодування», незалежно від його походження. Існує кілька форм гіпоксії. В межах нормального функціонування організму найчастіше зустрічається гіпоксічна гіпоксія - недостатній вміст кисню в артеріальній крові внаслідок функціонального навантаження, або дихання повітрям з пониженим вмістом кисню.

1. ***Проба Штанге.***Проба проводиться в положенні сидячи. Досліджуємому після глибокого видиху пропонується зробити глибокий вдих і затримати дихання на максимальний час. Задля запобігання виходу певної частини повітря через ніс, застосовуються спеціальні гумові затиски. Результат затримки дихання фіксується секундоміром.

Оцінка проби: в нормі у дорослих нетренованих людей середні величини проби Штанге становлять: для чоловіків - 50-60 с, для жінок - 40-45 с; для дітей 7-11 років - 30-35 с, 12-15 років - 40-45 с, 16-17 років - 45-50 с. Підвищення абсолютних значень цих параметрів спостерігається при підвищенні тренованості апарату зовнішнього дихання, його стійкості до гіпоксії і гіпоксемії, що найбільш часто реєструється у людей, які систематично займаються фізичною культурою і спортом: для спортсменок - 45-55 с і більше, для спортсменів - 65-75 с і більше. При зниженні стійкості до гіпоксії тривалість затримки дихання на вдиху зменшується.

2. ***Проба Генчі.*** Реєструється тривалість затримки дихання після максимального видиху (при цьому ніс затискають пальцями).

Оцінка проби: в нормі у здорових людей час затримки дихання в середньому становить: 20-30 с (жінки), 30-40 с (чоловіки) (на 40-50% менше показників проби Штанге). Спортсмени здатні затримати дихання на 40-60 с і більше. При втомі час затримки дихання на видиху різко зменшується.

Довільна затримка дихання залежить від обміну речовин, окислювальних процесів, кисневої ємності крові, мобілізації дихання, кровообігу і вольових якостей.

3. ***Проба Серкіна.*** Проба Серкіна складається з 3-х фаз:

1 фаза - визначення часу затримки дихання на вдиху в положенні сидячи;

2 фаза - визначення часу затримки дихання на вдиху відразу після 20 присідань протягом 30 секунд;

3 фаза - визначення часу затримки дихання на вдиху в положенні сидячи через 1 хвилину відпочинку.

4. ***Проба з контрольною і максимальною паузами дихання за К.П.Бутейком.***

*Контрольна пауза (КП) -* це час затримки дихання (с) після природного видиху до першого бажання вдихнути. За КП судять про чутливість дихального центру до гуморальних чинників.

*Максимальна пауза (МП)* -це максимальний час затримки дихання (с) після природного видиху.

Здоров'я людини визначається тим, як правильно вона дихає, тобто має поверхневу форму дихання, критеріями якої є: вміст СО2 (у %) в альвеолярному повітрі, КП і МП. У абсолютно здорових людей СО2 альвеолярного повітря повинно становити 6,5% , контрольна і максимальна паузи - відповідно 60 і 90 с. Хворі мають глибоке дихання і низькі показники альвеолярної вентиляції та затримки дихання.

Проби із затриманням дихання застосовують для оцінки не тільки функціональних резервів дихання, але й кровообігу. Проба із затримкою дихання проводиться з певною обережністю, особливо при порушенні мозкового кровообігу. При схильності до запаморочень голови така проба протипоказана.

***4. Розрахункові методи визначення інтегральних показників системи зовнішнього дихання***

***Індекс гіпоксії (ІГ)****.* Цей розрахунковий показник характеризує ступінь стійкості організму до дефіциту кисню. У функціональній діагностиці індекс гіпоксії набуває важливого значення у процесі обстеження фізкультурників і спортсменів, які виконують фізичні навантаження з великою кисневою заборгованістю.

В нормі у здорових нетренованих чоловіків значення ІГ складає 0,409-0,586 у.о., у жінок– 0,369-0,546 у.о. В осіб, які систематично займаються фізичною культурою і спортом, реєструються більш високі величини індексу гіпоксії: серед чоловіків - 0,609–0,786 у.о., серед жінок - 0,509–0,686 у.о.

***Індекс Скібінської (ІС)*** характеризує не тільки потенційні можливості системи зовнішнього дихання, її стійкість до гіпоксії, але і, певною мірою, рівень узгодженості функціонування з системою кровообігу.

В нормі у здорових нетренованих чоловіків значення ІС складає 2500-3900 у.о., у жінок – 1500-2900 у.о. В осіб, які займаються фізичною культурою і спортом, спостерігаються більш високі величини індексу Скібінської: серед чоловіків – 3500-4900 у.о., серед жінок – 3000-4400 у.о.