

МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ МЕДИЧНИХ НАУК УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНА УСТАНОВА
«НАЦІОНАЛЬНИЙ ІНСТИТУТ ФТИЗІАТРІЇ І ПУЛЬМОНОЛОГІЇ ІМ. Ф.Г. ЯНОВСЬКОГО
НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ МЕДИЧНИХ НАУК УКРАЇНИ»

УДК 616.24-073.173-053.2(035)

ОСНОВИ СПРОМЕТРІЇ ТА ЇЇ ОСОБЛИВОСТІ У ДІТЕЙ

(посібник для лікарів)

Київ – 2023

Укладачі:

Речкіна Олена Олександрівна – науковий керівник відділення дитячої пульмонології та алергології, д.мед.наук, (044) 273 31 26;

Руденко Сергій Миколайович – старший науковий співробітник відділення дитячої пульмонології та алергології, к.мед.н. наук, (044) 273 31 26.

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

БА	– бронхіальна астма,
БОО	– бронхообструктивний синдром,
GINA	– глобальна ініціатива по бронхіальній астмі,
FEV ₁	– об'єм форсованого видиху за 1 сек (Forced expiratory volume),
FVC	– форсована життєва ємність легень (Forced vital capacity),
FEV ₁ / FVC	– модифікований індекс Тіффно,
TLC	– загальна ємність легень (Total lung capacity),
VC	– життєва ємність легень (Vital capacity).

ЗМІСТ

	С.
Вступ	5
1 Показання та протипоказання до проведення спірометрії у дітей. Фактори, що впливають на проведення спірометрії	6
2 Умови проведення, підготовка прибору та пацієнта	9
3 Техніка проведення процедури	14
4 Оцінка якості та повторюваності	15
5 Типи вентиляційної недостатності	21
6 Формулювання заключення	28
7 Спірометричні критерії діагностики бронхіальної астми за GINA 2022	28
Резюме	32
Рекомендована література	33

ВСТУП

Сьогодні спірометрія є одним із найдоступніших методів дослідження в Україні. Наявність сучасних компактних і доступних приладів дозволяє проводити тестування функції легень не тільки у закладах надання спеціалізованої допомоги, а й у закладах первинної медичної допомоги.

Спірометрія – це метод графічної реєстрації легеневих об'ємів та швидкостей під час дихальних рухів, який дозволяє визначити показники, що характеризують вентиляцію легень: статичні (еластичні властивості легень) та динамічні (прохідність дихальних шляхів).

Дослідження легеневої функції дозволяє оцінити розвиток легень і дихальних шляхів, визначення впливу захворювання на функцію зовнішнього дихання, рівень та тип обструкції, оцінка ефективності лікування, ступінь порушення, вплив факторів навколишнього середовища (наприклад, тютюновий дим, токсичні гази, фізичне навантаження), ступінь реактивності дихальних шляхів. Спірометрію слід проводити для оцінки стану дитини з хронічним захворюванням легень або нервово-м'язовою слабкістю перед проведенням операцій, а також для моніторингу прогресування захворювання та прогнозу. Наприклад, форсована життєва ємність легень (FVC) є ключовим параметром для моніторингу прогресування наслідків сколіозу, тоді як об'єм форсованого видиху за одну секунду (FEV₁) має прогностичне значення щодо смертності від деяких захворювань, таких як муковісцидоз. Дослідження легеневої функції рекомендовано Національною програмою освіти та профілактики астми (NAEP) і Глобальною ініціативою з астми (GINA) для діагностики, оцінки та довгострокового моніторингу пацієнтів з астмою.

В умовах медичних закладів тестування легеневої функції відіграє важливу роль в оцінці стану дитини та зазвичай використовується для виявлення, підтвердження та моніторингу відомих або підозрюваних обструктивних захворювань дихальних шляхів (наприклад, астми, вірусіндукованого візінгу тощо) і моніторингу відомих рестриктивних захворювань легень.

Однак в закладах первинної медичної допомоги спірометрія не завжди використовується навіть там, де це показано. Цю проблему можна вирішити шляхом навчання педіатрів та сімейних лікарів тестуванню та клінічній інтерпретації показників легеневої функції для діагностики та моніторингу патофізіологічних аспектів

респіраторних захворювань їх пацієнтів, тим самим покращуючи діагностику та лікування.

Зазначений методичний посібник щодо проведення та оцінки результатів дослідження у дітей заснований на наукових дослідженнях, нормативно-правових документах та рекомендаціях ВООЗ, ATS, ERT. У методичному посібнику представлені нові дані щодо сучасних вимоги до проведення та критерії якості результатів дослідження.

Методичний посібник пропонується для педіатрів, лікарів загальної практики, алергологів та пульмонологів.

1 ПОКАЗАННЯ ТА ПРОТИПОКАЗАННЯ ДО ПРОВЕДЕННЯ СПІРОМЕТРІЇ У ДІТЕЙ

Показання до спірометрії розділено на кілька основних груп.

1)Діагностика:

- оцінка симптомів, ознак чи аномальних результатів лабораторних обстежень (наприклад, тривалий кашель, задишка, неприємні відчуття в грудній клітці, візинг (wheezing), відхилення при об'єктивному огляді органів дихання, зміни на рентгенограмі органів грудної клітини та ін.);
- диференційна діагностика респіраторних захворювань;
- оцінка тяжкості респіраторного захворювання;
- оцінка прогнозу в осіб із встановленим респіраторним захворюванням;
- скринінг для осіб із підвищеним ризиком респіраторних захворювань;
- передопераційна оцінка ризику;
- оцінка впливу інших станів на органи дихання (деформація грудної клітки, хребта).

2) Моніторинг:

- оцінка відповіді на лікування або реабілітацію;
- моніторинг прогресування захворювання;
- прогнозування загострень захворювання та одужання після загострень;
- моніторинг наслідків впливу лікарських засобів з відомою легеневою токсичністю;
- моніторинг пацієнтів на предмет впливу шкідливих агентів.

3) Визначення ступеня порушення функції легень для:

- оцінки працездатності та призначення соціальної допомоги;
- оцінки функції дихальної системи для страхових цілей.

4) Інші:

- наукові дослідження (зокрема епідеміологічні);
- оцінка працездатності та моніторинг функції легень у професіях високого ризику;
- оцінка стану здоров'я перед виконанням фізичної активності, що створює ризик для дихальної системи (наприклад, дайвінг).

Незважаючи на те, що проводити спірометрію у дітей у закладах первинної медичної допомоги неважко, вона часто недостатньо використовується в педіатричній практиці. Спірометрія зазвичай показана дітям із хронічним кашлем, постійним або рецидивуючим свистячим диханням (wheezing), а також для діагностики та моніторингу хронічних захворювань легень (наприклад, астма, муковісцидоз). Вимірювання функції легень використовується при ряді захворювань, які вражають легені, включаючи захворювання сполучної тканини, вроджені вади серця і судин, гематологічні розлади (таласемія і серповидно-клітинна анемія), онкогематологічні захворювання, атаксія, деформація грудної клітки (наприклад, лійкоподібна грудна клітка). Спірометрія допомагає визначити передопераційну функцію легень при м'якому нейром'язовому сколіозі (наприклад, м'язова дистрофія, спінальна м'язова атрофія та церебральний параліч). Також можна використовувати спірометрію як засіб скринінгу респіраторних захворювань у школярів.

Протипоказання та фактори, що впливають на проведення спірометрії.

Спірометрія є процедурою з низьким ризиком і має малу частоту побічних ефектів (приблизно 5/10000). Ускладнення спірометрії виникають рідко, найчастіше через примусові вентиляційні маневри: гіпервентиляційна непритомність; непритомність, викликана тривалим форсованим видихом; криз бронхоспазму, спровокований глибоким видихом у хворих на бронхіальну астму.

За даними літератури у дорослих може спостерігатися синкопе або пресинкопе і аритмії, які самостійно минають і не потребують лікування. Щодо індукції серцевих аритмій у дітей на сьогодні встановлено, що спірометрія безпечна.

У деяких випадках виконання спірометрії може бути фізично важким і виснажувати пацієнта. Потенційні ризики спірометрії пов'язані з можливим підвищенням внутрішньогрудного, внутрішньочеревного і внутрішньочерепного тиску, венозним

поверненням і системним артеріальним тиском під час дихальних маневрів. Загалом, пацієнтам, які нещодавно (наприклад, менше шести тижнів) перенесли операцію на черевній порожнині, внутрішньочерепній порожнині чи оці або пневмоторакс, не слід проводити спірометрію, хоча дані обмежені.

Поряд із цим в актуальних рекомендаціях Американського торакального товариства (ATS) та Європейського респіраторного товариства (ERS) всі протипоказання до проведення спірометрії вважаються відносними. Варто відзначити, що наявність аневризми аорти більше не є протипоказанням – цю зміну було введено на основі досліджень, що оцінювали безпеку спірометрії у кількох сотень пацієнтів з аневризмами черевної аорти розміром 5–13 см або аневризмами грудної аорти розміром 5–8 см, в результаті яких не було виявлено ускладнень.

Протипоказання до спірометрії:

- відносні: нестабільна стенокардія; аневризми аорти, аневризми судин головного мозку; нещодавнє кровохаркання; пневмоторакс в анамнезі або нещодавня легенева тромбоемболія; нещодавні хірургічні втручання; гострий біль у грудях або животі з будь-якої причини; біль у роті, що підсилюється при використанні мундштука; психічні розлади або сплутаність свідомості; блювання, запаморочення, нудота; недавня або поточна (гостра) вірусна інфекція; артеріальна гіпертензія;
- абсолютні: перший місяць після гострого інфаркту міокарда.

Переважає більшість цих протипоказань стосується дорослих пацієнтів. Відносні протипоказання не виключають проведення спірометрії, але їх слід враховувати при призначенні спірометрії. Рішення про проведення спірометрії приймає медичний працівник, який призначає процедуру, на підставі оцінки ризику та користі спірометрії для конкретного пацієнта.

Спірометрію слід припинити, якщо пацієнт відчуває біль у грудній клітці або інші тривожні симптоми під час маневру. Діти, які мають потенційні протипоказання, що перешкоджають проведенню тестування в закладі первинної медичної допомоги, можуть бути направлені на обстеження в профільні спеціалізовані заклади.

Труднощі при проведенні спірометрії у дітей також можуть бути пов'язані з наявним помірним больовим синдромом (міалгії, невралгії, післяопераційний стан), що може обмежувати максимальні зусилля пацієнта. Крім того, оскільки спірометрія вимагає активної участі пацієнта, нездатність зрозуміти вказівки (особливості психічного стану, розумова відсталість) або небажання виконувати вказівки оператора, зазвичай призводить до некоректних результатів тесту.

Важливим аспектом для співпраці з лікарем є вік пацієнта. В більшості настанов рекомендовано проведення спірометрії дітям з 5–6 років. Однак частина дітей може якісно виконати необхідні дихальні маневри з 4 років після попереднього тренування. За даними різних досліджень у 55–75% дітей 3–6 років вдалося отримати прийнятні спірометричні маневри. Разом з тим, у частини дітей 6–12 років не вдається отримати якісні результати чи досягти максимальних зусиль.

Тому, прийняття рішення щодо можливості проведення спірометрії дитиною, має ґрунтуватися не на віці дитини, а на розумінні і можливості конкретної дитини виконати необхідні дихальні маневри.

2 УМОВИ ПРОВЕДЕННЯ, ПІДГОТОВКА ПРИЛАДУ ТА ПАЦІЄНТА

Зазвичай дослідження проводиться в ранковий час, натще чи після легкого сніданку. Тестування бажано проводити в тихій та комфортній обстановці, окремо від кімнати очікування та інших пацієнтів, які тестуються. Дитина повинна сидіти прямо, плечі трохи відведені назад і підборіддя трохи підняте. Оптимально використовувати стілець з поруччями, (опора, щоб запобігти падінню набік у разі неприємності), без коліс і з можливістю регулювання висоти, щоб ноги пацієнта стояли рівно на підлозі.

При направленні пацієнта на спірометрію йому та батькам слід дати максимально точну інструкцію про те, як необхідно підготуватися до дослідження.

Перед спірометрією пацієнтам слід рекомендувати уникати:

- 1) Інтенсивного фізичного навантаження за 1 годину до дослідження (щоб уникнути можливої бронхоконстрикції, спричиненого фізичним навантаженням);
- 2) Одягу, який суттєво обмежує повне розширення грудної клітки та живота (щоб уникнути зовнішніх обмежень функції легень);
- 3) Куріння тютюну або електронних сигарет мінімум за 1 годину до дослідження (щоб уникнути можливої бронхоконстрикції через вдихання диму);
- 4) Вживання психоактивних речовин за 8 годин до дослідження (щоб уникнути проблем з координацією, розумінням і фізичними можливостями).

Перед проведенням спірометрії пацієнт не повинен приймати бронхолітики впродовж певного часу (табл. 1).

Таблиця 1. Тривалість відміни бронхолітиків («період вимивання») перед спірометрією

Лікарський засіб	Тривалість відміни
β_2 -агоністи короткої дії (наприклад, сальбутамол)	4–6 год
Антихолінергічні ЛЗ короткої дії (іпратропію бромід)	12 год
β_2 -агоністи тривалої дії (формотерол, сальметерол)	24 год
β_2 -агоністи дуже тривалої дії (індакатерол, вілантерол, олодатерол)	36 год
Антихолінергічні ЛЗ тривалої дії (тіотропій, умеклідіній, аклідіній, глікопіроній)	36–48 год

Не потрібно відмовлятися від інгаляційних кортикостероїдів і модифікаторів лейкотрієну перед проведенням дослідження. Важливо повідомити та нагадати пацієнту про відмову від прийому ліків вранці перед тестом та перед проведенням дослідження.

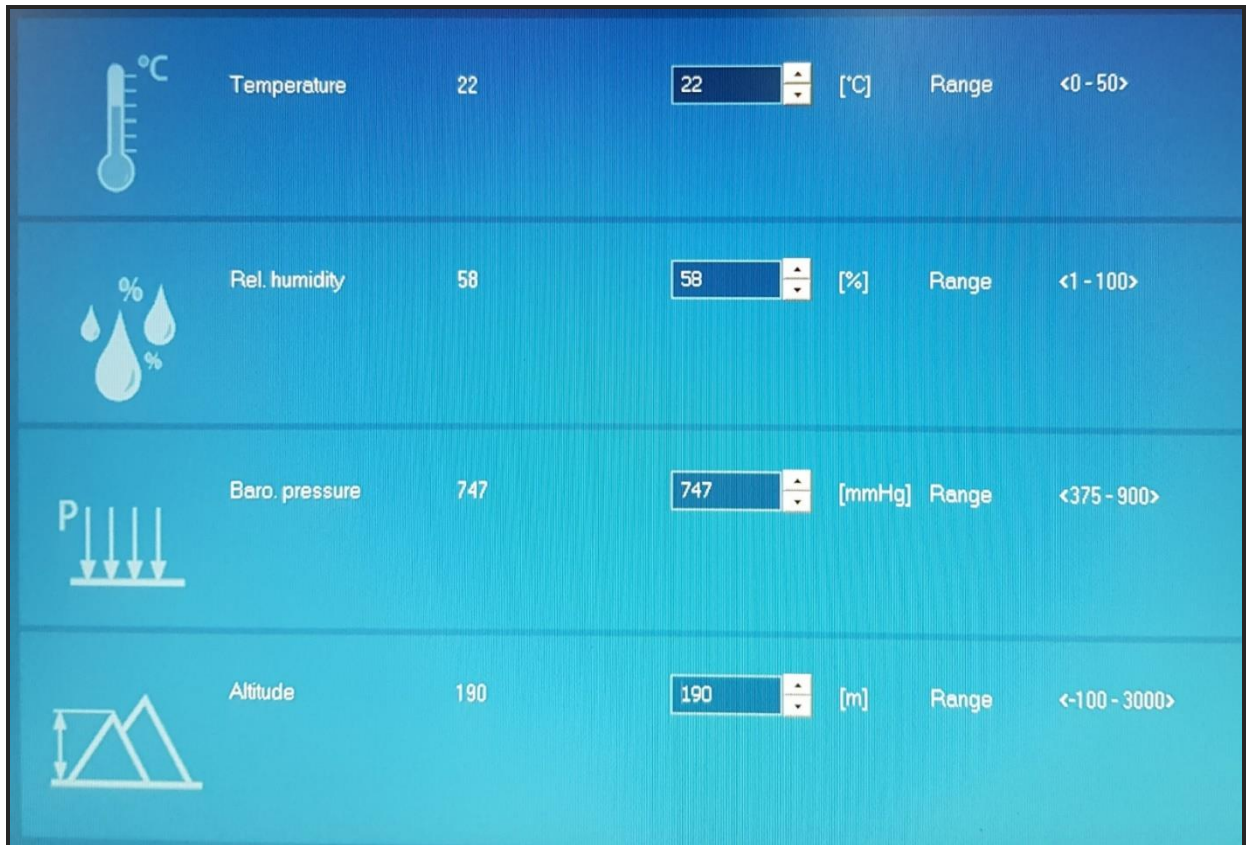
Обов'язковою умовою якісного проведення спірометрії є підготовка приладу до проведення дослідження.

Налаштування спірометра включає реєстрацію температури навколишнього середовища, барометричного тиску, вологості, висоти над рівнем моря (фіксується однократно при встановленні спірометра і при наступній зміні розташування) та калібрування спірометра.

Температура, вологість і барометричний тиск є важливими змінними та впливають на результати обстеження, тому вони вводяться щоразу в день проведення дослідження (рис. 1).

У цьому випадку кабінет має бути оснащений відповідними приладами для визначення температури, вологості, барометричного тиску (барометр, термометр). Деякі сучасні спірометри можуть вимірювати зазначені показники самостійно. Незалежно від використовуваного методу, оператор повинен підтвердити точність вимірювань показників.

Калібрування — періодична процедура, яка необхідна для перевірки точності спірометра. Тобто, це процедура, що підтверджує правильність роботи конкретного спірометра в змінних умовах навколишнього середовища (температура, вологість, барометричний тиск). Стандартом проведення калібрування є використання 3-літрового калібрувального шприца, точність якого повинна бути в межах $\pm 0,5\%$ (відповідно до стандартів ISO 26 782:2009).



Parameter	Value	Unit	Range
Temperature	22	[°C]	<0 - 50>
Rel. humidity	58	[%]	<1 - 100>
Baro. pressure	747	[mmHg]	<375 - 900>
Altitude	190	[m]	<-100 - 3000>

Рисунок 1. Приклад меню спірометра для введення температури, вологості, барометричного тиску, висоти над рівнем моря

Зазвичай рекомендовано щоденне калібрування спірометра чи в день проведення досліджень (дихальних маневрів). Для турбінних спірометрів, при використанні одноразових турбін, щоденне калібрування не потрібне, але періодичне калібрування має проводитись обов'язково (періодичність проведення калібрування має бути зазначена виробником).

Важливим компонентом спірометрії є інфекційний контроль. Оптимальним є використання одноразових фільтрів, турбін, загубників та носових кліпс. Всі багаторазові елементи мають обов'язково знезаражуватися після кожного пацієнта. Особливе значення це набуває зараз, в період пандемії COVID-19.

Підготовка до проведення спірометрії.

Перед проведенням дослідження необхідно обов'язково уточнити наявність протипоказань, перелік та час останнього прийому ліків, можливий вплив провокуючих факторів.

Далі слід зареєструвати дані пацієнта: для кожного пацієнта в приладі фіксуються дата народження, стать, приналежність до етнічної групи, зріст і маса тіла. Ці значення

використовуються для створення відповідних прогнозованих (нормальних) значень для окремого пацієнта. Хоча маса тіла не є визначальним фактором розміру або функції легень, показник також може впливати на результати функції легень. Саме тому обов'язково необхідно визначити масу тіла та провести вимірювання зросту дитини кожного разу перед дослідженням. Категорично не слід вносити дані «зі слів пацієнта або його батьків», що може призвести до похибок у отриманих результатах.

Правильна інтерпретація тестів легеневої функції вимагає порівняння показників пацієнта з відповідними контрольними значеннями. Більшість спірометрів і обладнання для вимірювання легеневої функції використовують програмне забезпечення з еталонними рівняннями для створення прогнозованих значень для кожного пацієнта.

Багато, щоб фахівець, який обстежує дитину, мав досвід застосування функціональних методів досліджень у дітей. Невід'ємною умовою якісно проведеної спірометрії є гарна співпраця лікаря і пацієнта та розуміння дитини, що потрібно робити. Тому, перед початком дослідження, потрібно чітко пояснити (чи нагадати, якщо дитина вже проходила дане обстеження) і продемонструвати дихальні маневри, що необхідно буде виконати.

Важливу роль відіграє атмосфера, в якій проводиться дослідження, особливо для дітей дошкільного і молодшого шкільного віку. Створення умов гри чи змагання дозволяє легше налагодити контакт з дитиною та досягнути кращих результатів. Допомогає створити атмосферу гри використання візуалізації процесу. Це можуть бути спеціальні програми, що встановлені на сучасних спірометрах (повітряна куля, задування свічок, вовк здуває будиночок поросят тощо) (рис. 2).

Не менш ефективно на етапах тренування можна використовувати підручні засоби (дудки-язички, свистульки, листя вазонних квітів чи звичайний лист паперу). Лише після того, як дитина зрозуміла суть дослідження і може виконати необхідні маневри, варто переходити до проведення спірометрії.

Навіть якщо перші спроби були невдалими, продовження дослідження в більшості випадків дозволяє дитині звикнути до оточення і краще виконати дихальний маневр. Не рекомендується обстежувати дітей у клініках для дорослих, де персонал не звик до особливостей роботи з дітьми.



Рисунок 2. Візуалізація процесу спірометрії «Вовк здуває будиночок поросят»

Дослідження проводиться в сидячому положенні, пацієнт має сидіти рівно (без нахилів тулуба і шиї в сторону, вперед і назад), одяг не повинен утруднювати екскурсію грудної клітки, на носі має бути носова кліпса, трубка в зубах і щільно охоплена губами (рис. 3).



Рисунок 3. Положення пацієнта при проведенні спірометрії

Перед початком процедури обов'язкова перевірка наявності сторонніх предметів у ротовій порожнині (цукерки, жувальна гумка, коригуючі пластини). Коригуючі пластини чи інші конструкції для вирівнювання зубів можуть викликати додаткову салівацію, тому на час дослідження їх краще зняти, якщо це можливо.

Дуже часто діти негативно реагують на носову кліпсу, в таких випадках час її використання треба скороти до мінімуму. У випадку протесту дитини проти носової кліпси чи вираженої негативної реакції, можна провести дослідження без назальної оклюзії закриваючи ніс пальцями. Це може робити сама дитина, батьки дитини чи лікар.

Протягом всього дослідження необхідно контролювати положення тіла дитини, положення трубки в зубах і щільне охоплення мундштука губами, відсутність витоку повітря повз мундштук та прикладання максимальних зусиль пацієнтом. Також треба звертати увагу на можливу виражену салівацію.

Під час всього процесу потрібно підбадьорювати та хвалити дитину, навіть у випадку невдалих маневрів. Це дозволить зберегти гарний контакт з дитиною, провести пояснення помилок та отримати якісні результати. Зрештою, у випадку невдалого проведення спірометрії в дитини не буде формуватися негативне ставлення до дослідження.

3 ТЕХНІКА ПРОВЕДЕННЯ ПРОЦЕДУРИ

Маневр форсованого видиху найбільш інформативний і найчастіше використовується при проведенні спірометрії.

Дослідження форсованого видиху включає 4 фази:

- 1) Максимально глибокий вдих (якщо пацієнт не вдихне максимальну кількість повітря, то і не зможе видихнути максимальну кількість повітря);
- 2) Швидкий початок форсованого видиху (пауза на піку вдиху повинна бути якомога коротшою - <2 с);
- 3) Продовження видиху до отримання плато на кривій «потік-об'єм». Видих має тривати принаймні шість секунд (три секунди для дітей);
- 4) Повторний, максимально глибокий вдих (до досягнення загальної ємності легень).

Людина, яка проводить дослідження, повинна інструктувати та заохочувати пацієнта виконувати дихальні маневри в чотири фази:

Фаза 1: Навчити дитину робити якомога глибший вдих;

Фаза 2: Наполегливо спонукайте пацієнта без вагань видихнути повітря в спірометр після досягнення повного вдиху;

Фаза 3: Заохочуйте пацієнта продовжувати видих, доки не буде досягнуто плато об'єму видиху або 15 секунд, якщо тільки не вимірюється FEV₆, і в цьому випадку видих має тривати принаймні 6 секунд (три секунди для дітей молодшого віку);

Фаза 4: Потрібно виконати додаткову фазу глибокого та сильного вдиху до загальної ємності легень одразу після фази 3.

4 ОЦІНКА ЯКОСТІ ТА ПОВТОРЮВАНOSTІ

Точність і правильність виконання спірометричних процедур має критичний вплив на достовірність отриманих результатів. Тому отримані результати при проведенні спірометрії повинні відповідати критеріям правильності і повторюваності (табл. 2).

Таблиця 2. Критерії правильності і повторюваності

Критерії правильності
– Глибокий вдих, різкий початок видиху – Досягнення плато на кривій час-об'єм, відсутність раннього припинення маневру (тривалість видиху мінімум 3-6 секунд) – Не повинно бути ознак закриття мундштука (язик та ін.) – Не повинно бути кашлю, особливо в першу секунду маневру – Не повинно бути доказів витоку повітря повз трубку – Не повинно бути закриття голосової щілини в першу секунду видиху
Критерії повторюваності
– Мінімум 3 спірометричні криві прийнятної якості (максимально 8) – Вік > 6 років: різниця між двома найбільшими значеннями FVC має бути $\leq 0,150$ л, а різниця між двома найбільшими значеннями FEV₁ має бути $\leq 0,150$ л. – Вік ≤ 6 років: різниця між двома найбільшими значеннями FVC повинна бути $\leq 0,100$ л або 10 % від найвищого значення, залежновід того, що більше, а різниця між двома найбільшими значеннями FEV₁ має бути $\leq 0,100$ л або 10 % від найвищого значення в залежності від того, що більше.

Оскільки проведення спірометрії може викликати втому у пацієнта, допускається максимально до 8 спроб за одну процедуру. Між спробами також рекомендовано робити невеликі перерви, щоб дати відпочити пацієнту. За результатами проведення маневру ми отримуємо графіки петля «потік-об'єм» та «об'єм-час» (рис. 4).

Крива петля потік-об'єм включає вдих (рис.4, позначка 1), різкий початок видиху з формуванням плато (рис.4, позначка 2) та достатню тривалість видиху, що можна оцінити на графіку об'єм-час (рис.4, позначка 3).

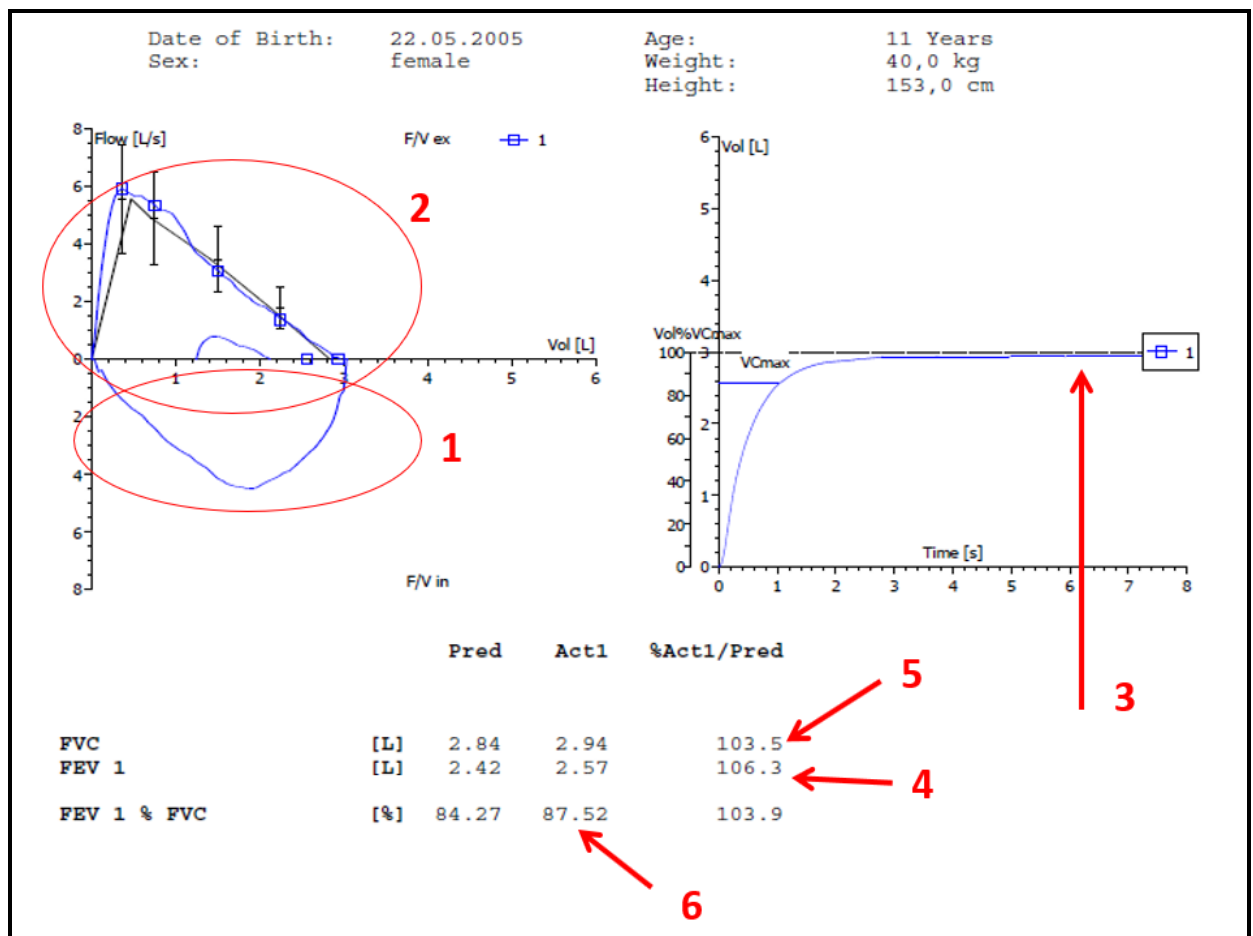


Рисунок 4. Приклад 1. Крива петля «потік-об'єм», «об'єм-час» (норма)

Існує багато об'ємних та швидкісних показників спірометрії. Основні показники, що визначаються під час форсованого видиху із записом кривої «потік-об'єм»:

- 1) Об'єм форсованого видиху за 1 сек, ОФВ₁ (Forced expiratory volume, FEV₁) – це об'єм повітря, що видихнув пацієнт за першу секунду проведення маневру, норма $\geq 80\%$;
- 2) Форсована життєва ємність легень, ФЖЄЛ (Forced vital capacity, FVC) – це об'єм повітря, що видихнув пацієнт, за весь час проведення одного маневру, норма $\geq 80\%$;

3) Коефіцієнт $\text{ОФВ}_1/\text{ФЖЄЛ}$ (FEV_1/FVC) – модифікований індекс Тіффно, демонструє яку частину повітря пацієнт видихнув за першу секунду видиху від загального об'єму видиху, норма для дітей 80–90 %.

У прикладі 1 (рис. 4) FEV_1 – 106,3 % (позначка 4), FVC – 103,5 % (позначка 5), FEV_1/FVC – 87,52 % (позначка 6).

Оскільки погано виконані маневри часто імітують моделі захворювання, клініцист і технік повинні навчитися розпізнавати моделі неприйнятних зусиль. Виявлення погано виконаних маневрів вимагає безпосереднього огляду як кривих «потік-об'єм», так і спірограм «об'єм-час».

Помилки можуть включати коливання в кривій, передчасне завершення, передчасне завершення та перезапуск (більш ніж одна спроба дихання), слабке зусилля та кашель. Спроби є прийнятними, якщо вони не містять помилок або артефактів, мають гарний початок і задовільну тривалість відповідно до стандартів ATS/ERS.

Під час проведення дослідження лікар має відбраковувати криві, що не відповідають критеріям правильності.

Нижче представлені приклади неправильно виконаних маневрів (вказані червоною стрілкою): відсутність різкого видиху (рис. 5), різкий видих із запізненням (рис. 6), раннє закінчення маневру (рис. 7), закриття мундштука язиком (рис. 8), кашель (рис. 9).

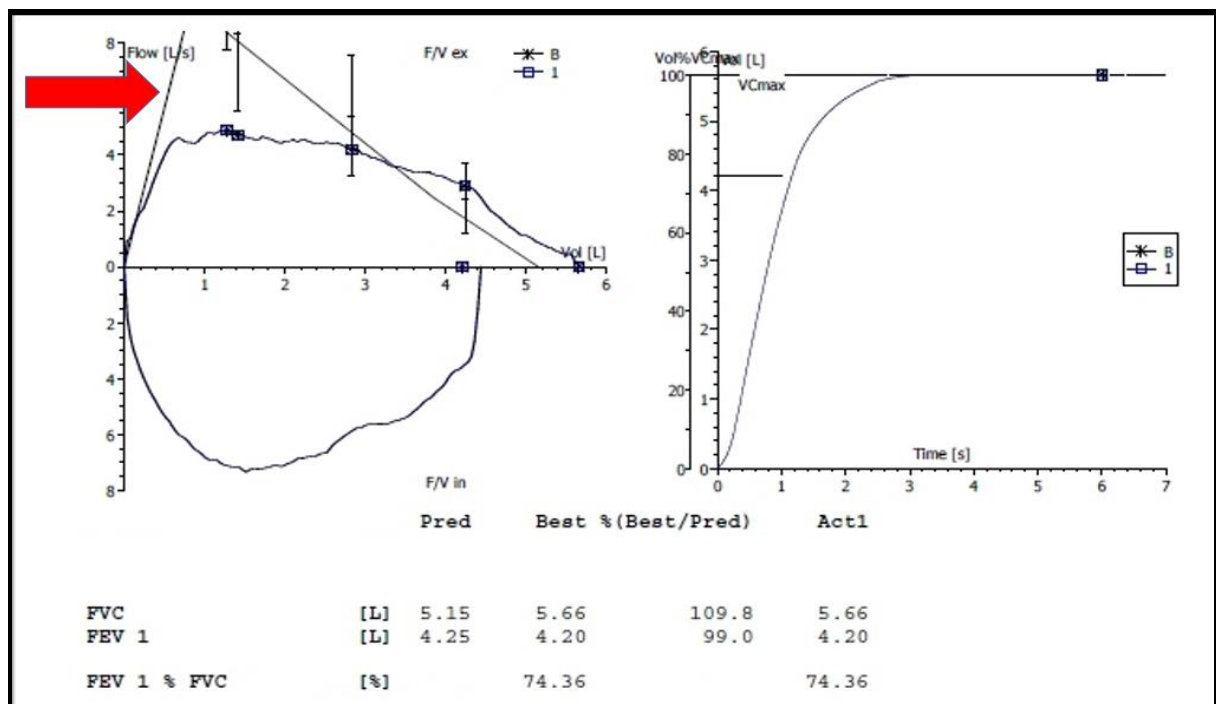


Рисунок 5. Приклад 2. Відсутність різкого видиху.

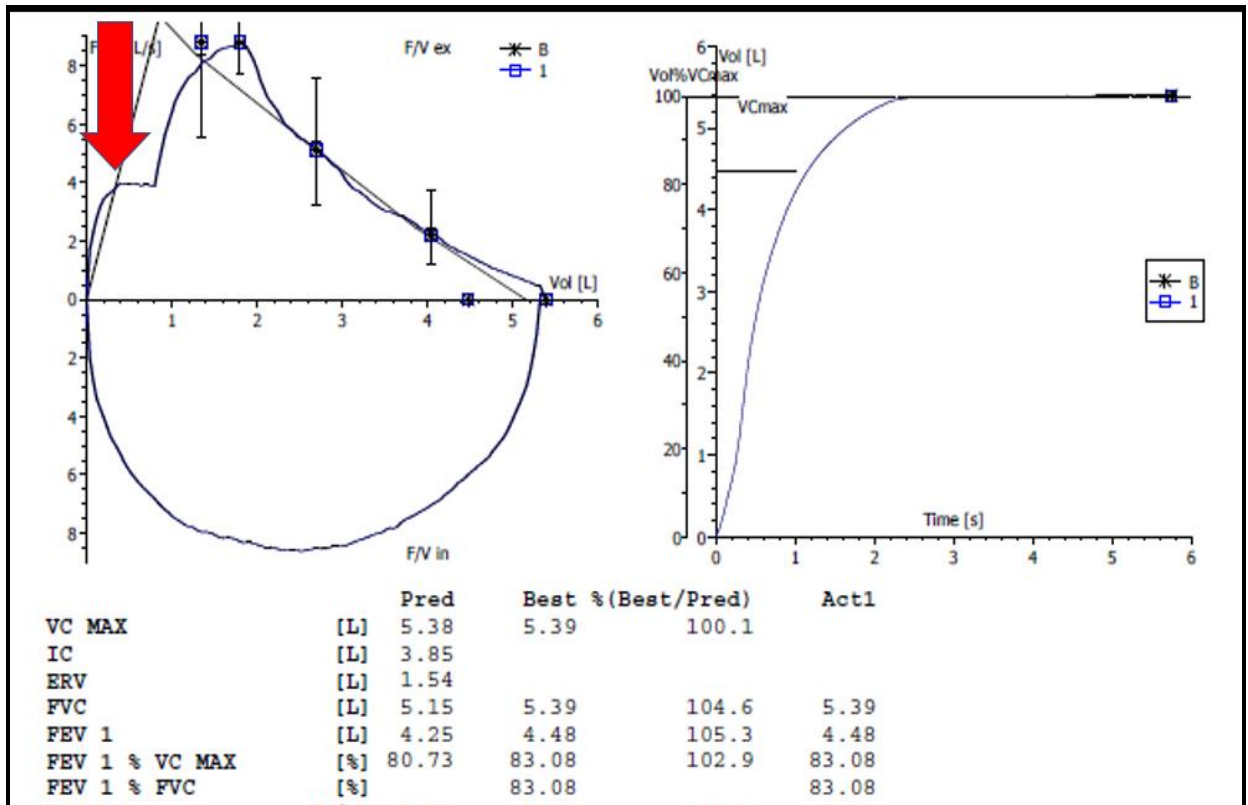


Рисунок 6. Приклад 3. Різкий видих із запізненням.

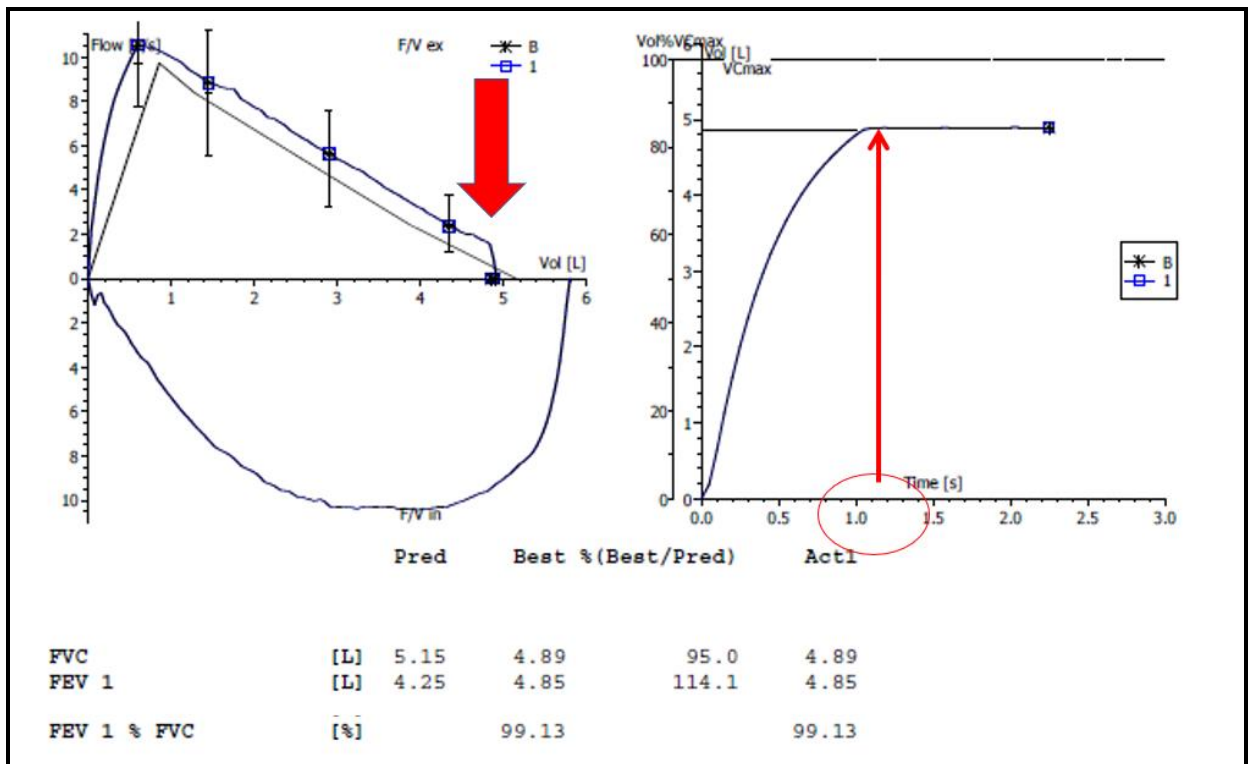


Рисунок 7. Приклад 4. Різке закінчення маневру

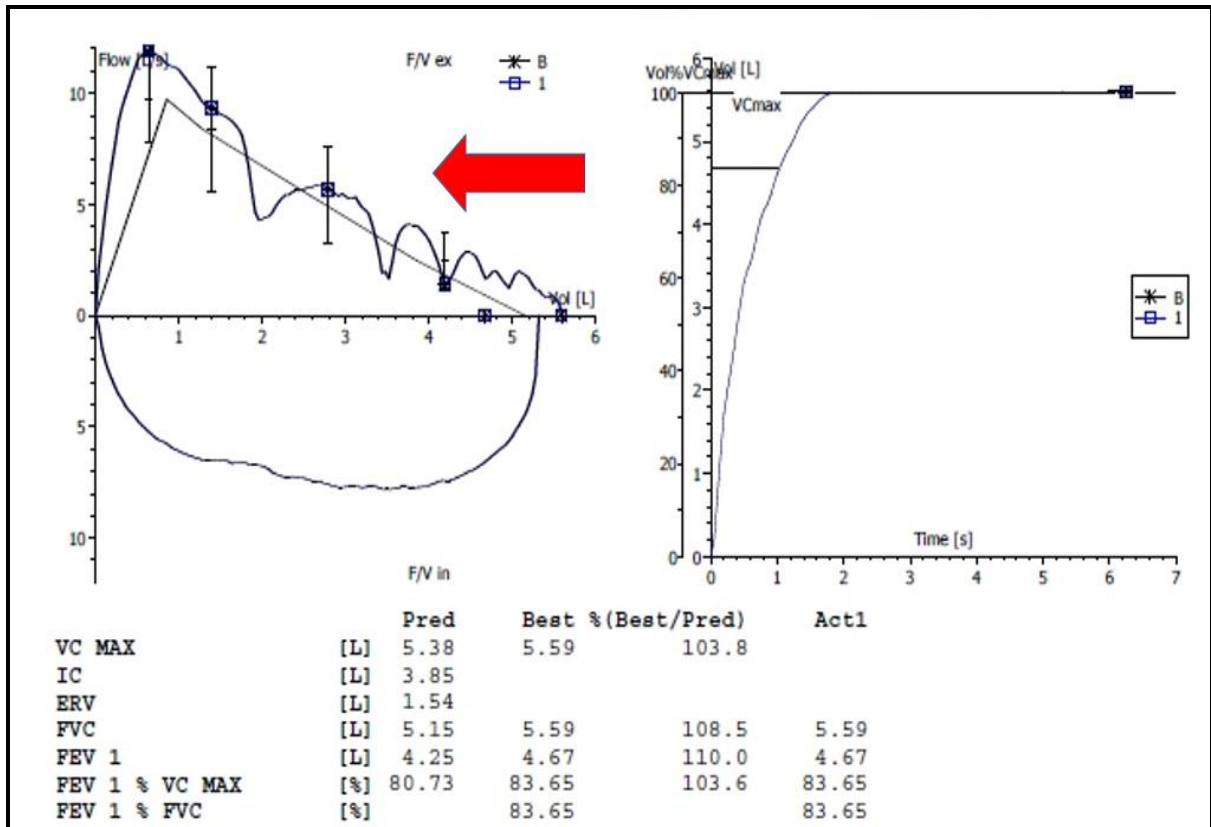


Рисунок 8. Приклад 5. Закриття мундштука язиком.

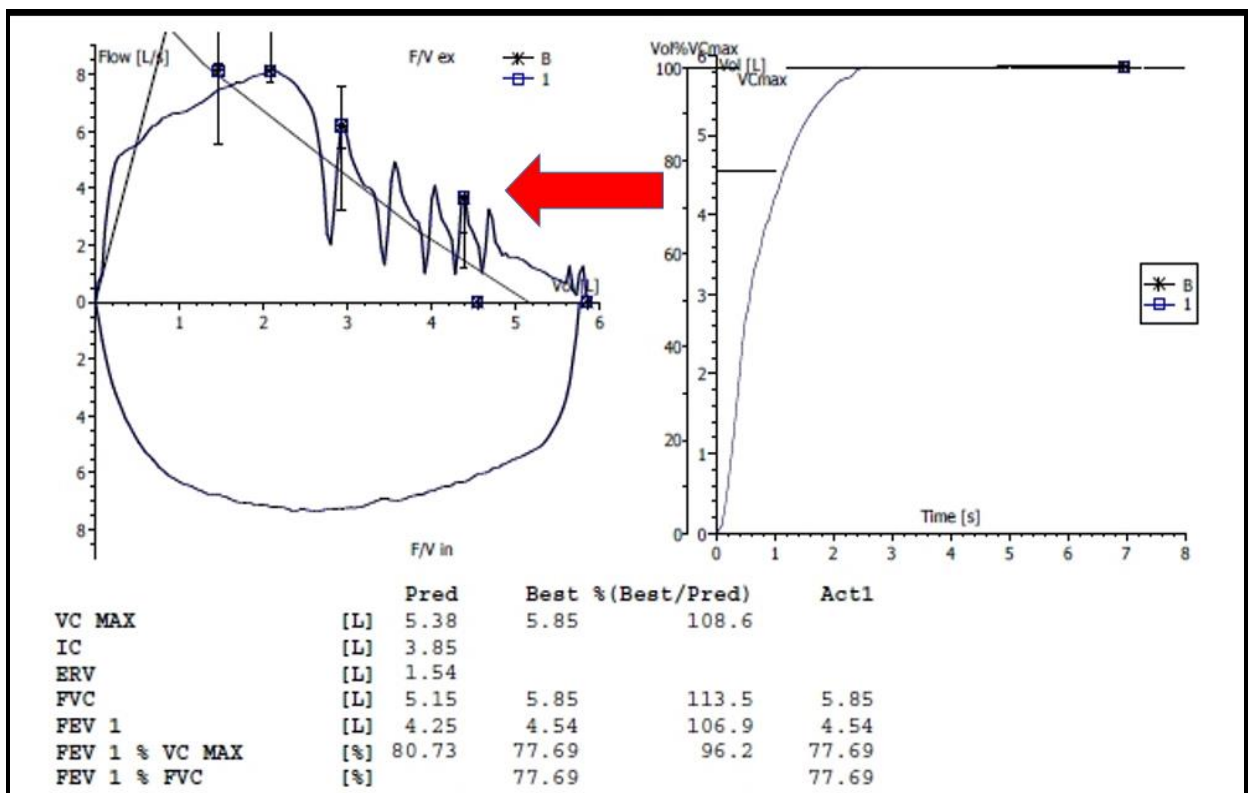


Рисунок9. Приклад 6. Кашель.

При виявленні зазначених змін на кривих потік-об'єм, відповідні спроби мають бути відхилені, результати таких спроб не повинні враховуватися при аналізі остаточних результатів спірометрії.

Оцінка повторюваності. Коли отримано мінімум 3 спірометричні криві відповідної якості, оцінюємо повторюваність отриманих результатів. Повторюваність визначається шляхом порівняння значень FVC і FEV₁ між маневрами. Два найвищі значення для FVC і для FEV₁ повинні бути в межах 0,15 л (150 мл) один від одного для дорослих та дітей старше 6 років. Різниця для дітей до 6 років становить 0,10 л (100 мл). Розглянемо на прикладі 7, рисунок 10.

Вік дитини 4 роки, тому різниця між двома найкращими спробами за показниками FVC і FEV₁ має складати не більше 0,1 л (чи 100 мл) для кожного показника. Пацієнту було проведено 5 спроб, оскільки 1-ша та 2-га спроби (Act1, Act2) були відбраковані, для оцінки залишено 3-тю, 4-ту та 5-ту спроби (Act3, Act4, Act5). Найкращою система обрала 4-ту спробу (Act4), тому її результат виведено в стовпчик «Best». FVC склав 1,35 л., FEV₁ склав 1,20 л. Другою найкращою спробою є 3-тя спроба (Act3), FVC склав 1,36 л., FEV₁ склав 1,19 л. Різниця між показниками:

$$FVC \ 1,36 - 1,35 = 0,01 \ (10 \text{ мл})$$

$$FEV_1 \ 1,20 - 1,19 = 0,01 \ (10 \text{ мл})$$

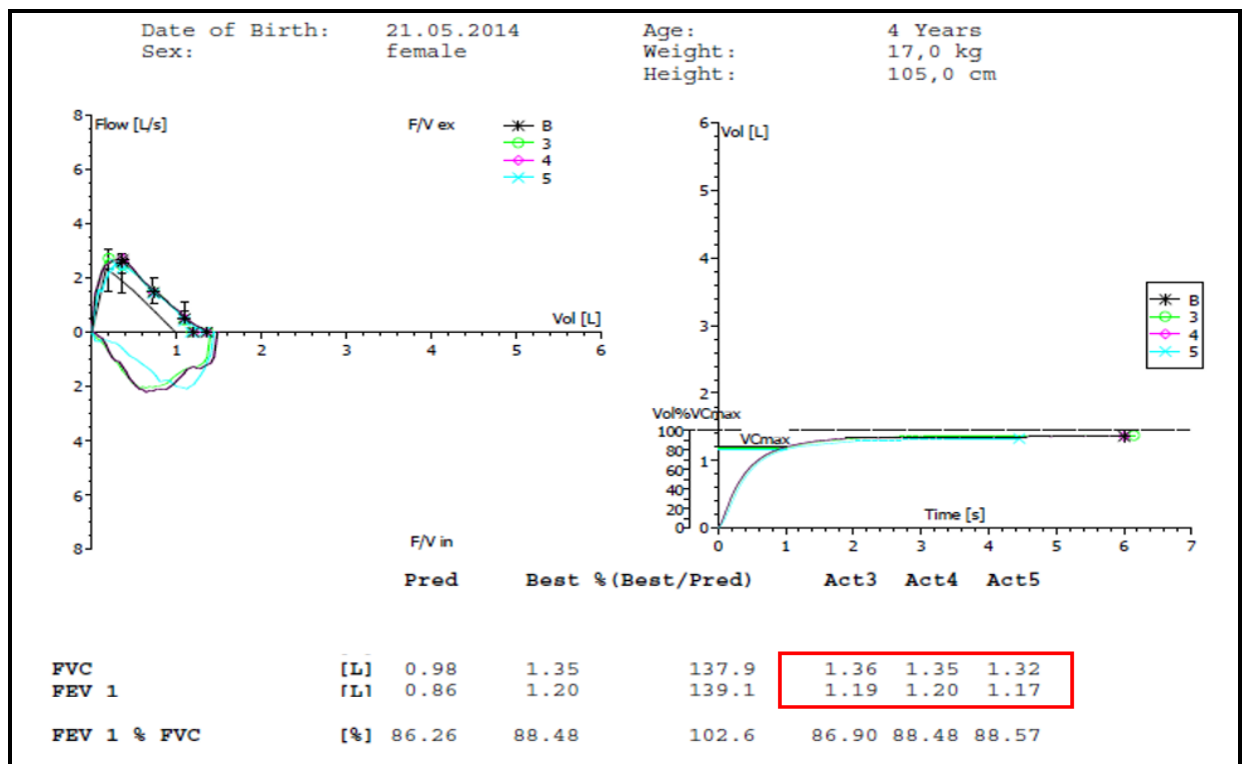


Рисунок 10. Приклад 7. Оцінка повторюваності.

Враховуючи отримані результати і різницю FVC (10 мл) та FEV₁ (10 мл) у двох найкращих спробах, можна підтвердити повторюваність отриманих результатів. Таким чином, отримані прийнятні і повторювані маневри.

5 ТИПИ ВЕНТИЛЯЦІЙНОЇ НЕДОСТАТНОСТІ

Після отримання правильних і повторюваних спроб можна проводити інтерпретацію отриманих результатів. Аналіз спірограми перш за все дозволяє диференціювати 3 типи вентиляційних порушень: обструктивний, рестриктивний і змішаний (табл. 3).

Таблиця 3. Типи вентиляційної недостатності

Показник	Норма	Типи вентиляційної недостатності		
		Обструкція	Рестрикція	Змішані порушення
FEV ₁	≥ 80 %	Норма чи ↓	Знижений ↓	Знижений ↓
FVC	≥ 80 %	Норма чи ↓	Знижений ↓	Знижений ↓
FEV ₁ /FVC	80-90 %	Знижений ↓	Норма	Знижений ↓

Обструктивний тип. Вентиляційні порушення за обструктивним типом виникають через звуження дихальних шляхів та підвищення опору потоку повітря. Причинами обструкції є спазм гладеньких м'язів бронхів, запальна інфільтрація слизової оболонки, набряк, вроджена або набута деформація бронхів та ін. (наприклад, у хворих на бронхіальну астму). Спірометричними критеріями обструкції у дітей є зниження коефіцієнту FEV₁/FVC < 80 %. Також вказує на обструктивні зміни зниження FEV₁ < 80 % (рис. 11), але показник FEV₁ ≥ 80% не виключає обструкцію (рис. 12).

Приклад 8, рис. 11: пацієнт К., вік 15 років, має FVC 113,3 % (позначка 1), що відповідає нормі. Показник FEV₁ –73,7 % (позначка 2), що нижче норми (< 80%). Коефіцієнт FEV₁/FVC 53,9 % (позначка 3), що нижче норми (< 80%). На кривій «потік-об'єм» відмічається «провисання» (позначка 4), на графіку «об'єм-час» тривалість видиху становить 9 сек. (позначка 5), що вказує на подовження видиху.

Отже, у пацієнта за даними спірометрії виявлені вентиляційні порушення за обструктивним типом.

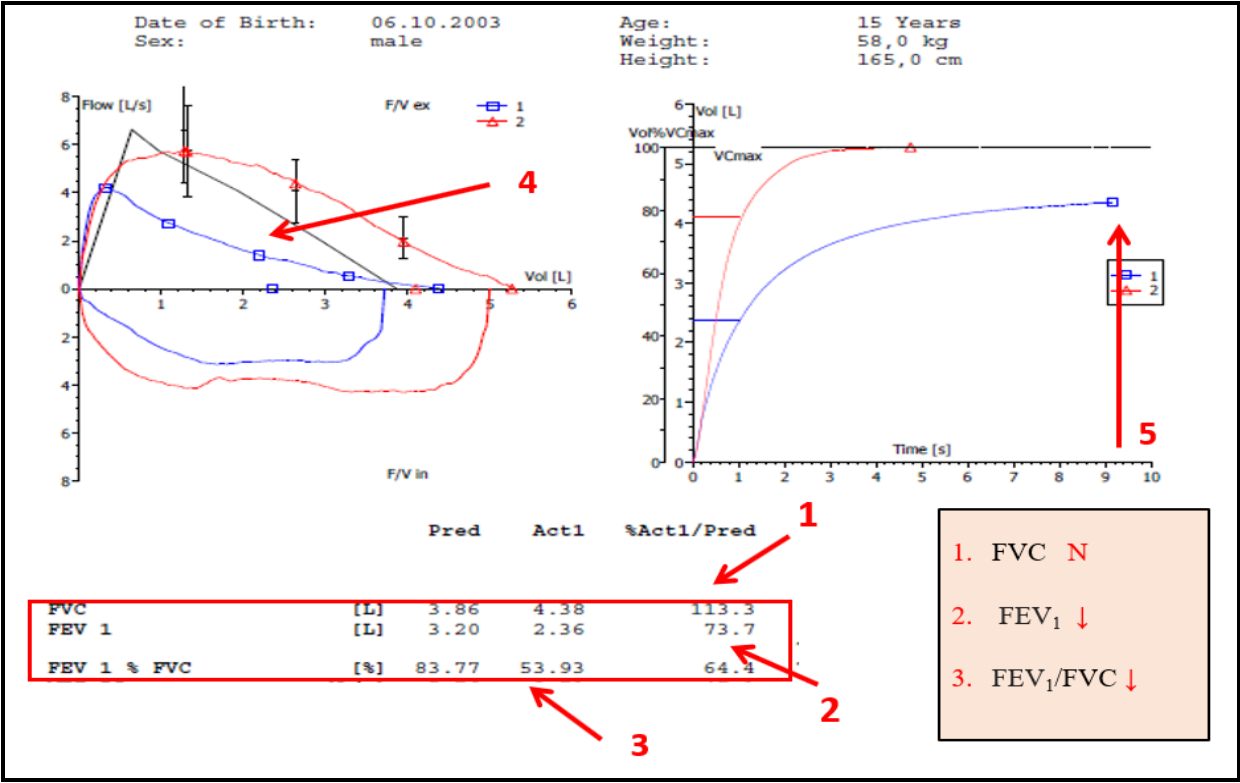


Рисунок 11. Приклад 8. Вентиляційні порушення за обструктивним типом.

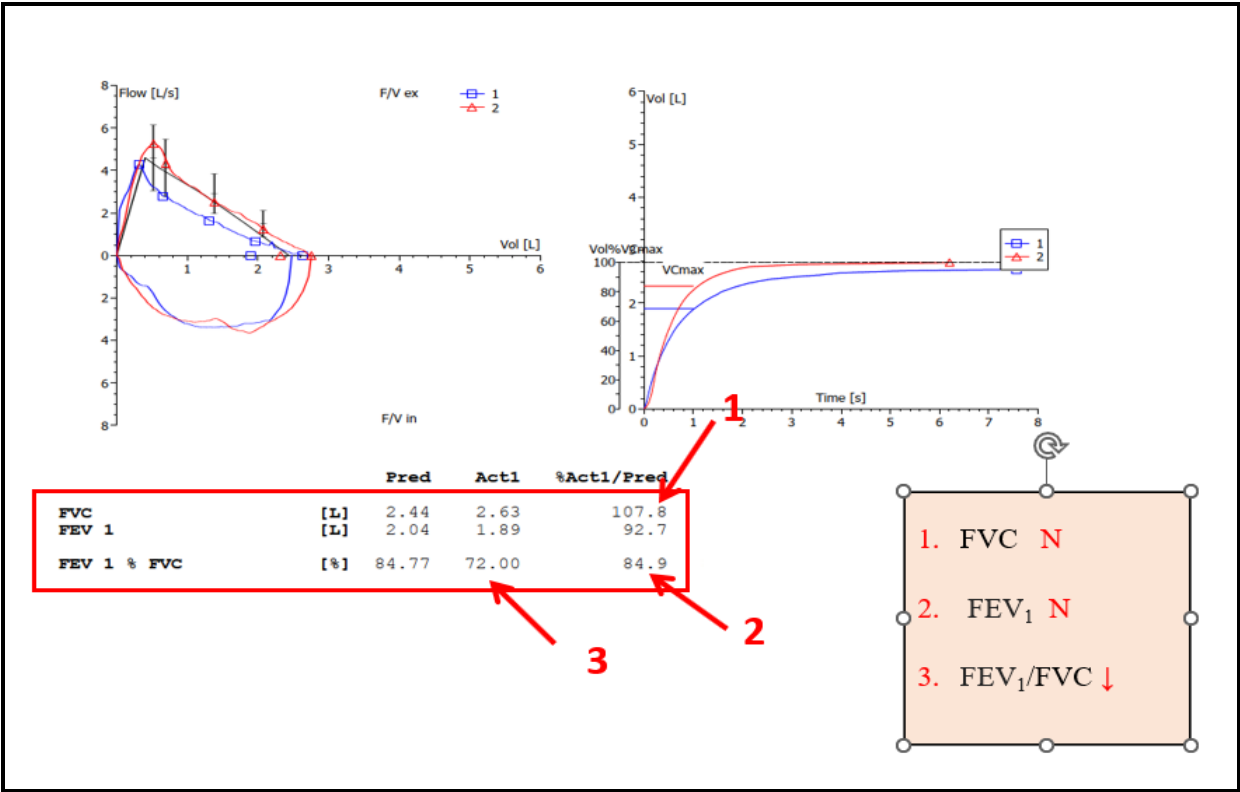


Рисунок 12. Приклад 9. Вентиляційні порушення за обструктивним типом.

Приклад 9, рис. 12: пацієнт має FVC 107,8 % (позначка 1), що відповідає нормі ($\geq 80\%$). Показник FEV₁ 92,7 % (позначка 2), відповідає нормі ($\geq 80\%$). Коефіцієнт FEV₁/FVC 72,0 % (позначка 3), що нижче норми. Вказані зміни у дітей також відповідають вентиляційним порушенням за обструктивним типом.

Після виявлення вентиляційних порушень за обструктивним типом, проводиться оцінка ступеня порушень (табл. 4). Важливо, що сам факт обструкції встановлюється, в першу чергу, за зниженням коефіцієнта FEV₁/FVC, а оцінка ступеня обструктивних порушень за рівнем FEV₁.

Таблиця 4. Оцінка ступеня обструктивних порушень по FEV₁ за ATS/ERS

Ступінь вентиляційних порушень	Рівень FEV ₁ , %
Відсутні	> 80
Легкі	70 – 79
Помірні	50 – 69
Важкі	< 50

Таким чином, у пацієнтів як в прикладі 8 (FEV₁ 73,7 %), так і в прикладі 9 (FEV₁ 92,7 %) були легкі вентиляційні порушення за обструктивним типом.

У разі виявлення обструкції обов'язковим є проведення бронхолітичного тесту. Після проведення спірометрії пацієнт отримує b2-агоніст короткої дії (сальбутамол) – 200 мкг (2 вдихи) для дітей до 12 років, 200–400 мкг (2–4 вдихи) для дітей старше 12 років.

Проміжки між вдихами бронхолітика мають бути не менше 30 сек. Важливим є контроль техніки інгаляції бронхолітика. У разі неправильного проведення інгаляції бронхолітик не потрапляє в нижні дихальні шляхи чи значно знижується його експозиція, що приводить до відсутності можливого бронхолітичного ефекту і хибних результатів тесту. У дітей, особливо молодшого віку, у такому випадку доцільно використовувати доставкові пристрої – спейсери.

Через 15–30 хв. після інгаляції бронхолітика повторюється спірометричне дослідження. Тест вважається позитивним у випадку приросту FEV₁ $\geq 12\%$ (чи ≥ 200 мл). У дітей орієнтуються переважно на показник приросту FEV₁ $\geq 12\%$. Однак це визначення позитивної відповіді на бронходилататор було встановлено переважно для дорослих.

За даними деяких авторів приріст зворотності FEV₁ у межах 7–11 %, особливо у дітей молодшого та середнього шкільного віку, можна також розцінювати як позитивний, що обумовлено фізіологічними особливостями (незрілістю скелетної мускулатури, еластичністю легеневої тканини та ін.).

Розглянемо приклад 10, (рис. 13). У пацієнта до проведення проби з бронхолітиком FEV₁ був 73,7 %, після проведення проби FEV₁ склав 128 % (позначка 1), приріст FEV₁ склав 73,6 % (позначка 2), проба вважається позитивною. Приріст FEV₁ в об'ємі склав: 4,1 л – 2,36 л = 1,74 л. (позначка 3). Також відбувається вирівнювання на кривій «потік-об'єм» (позначка 4), на графіку «об'єм-час» тривалість видиху становить 4,5 сек. (позначка 5), що вказує на покращення прохідності бронхів.

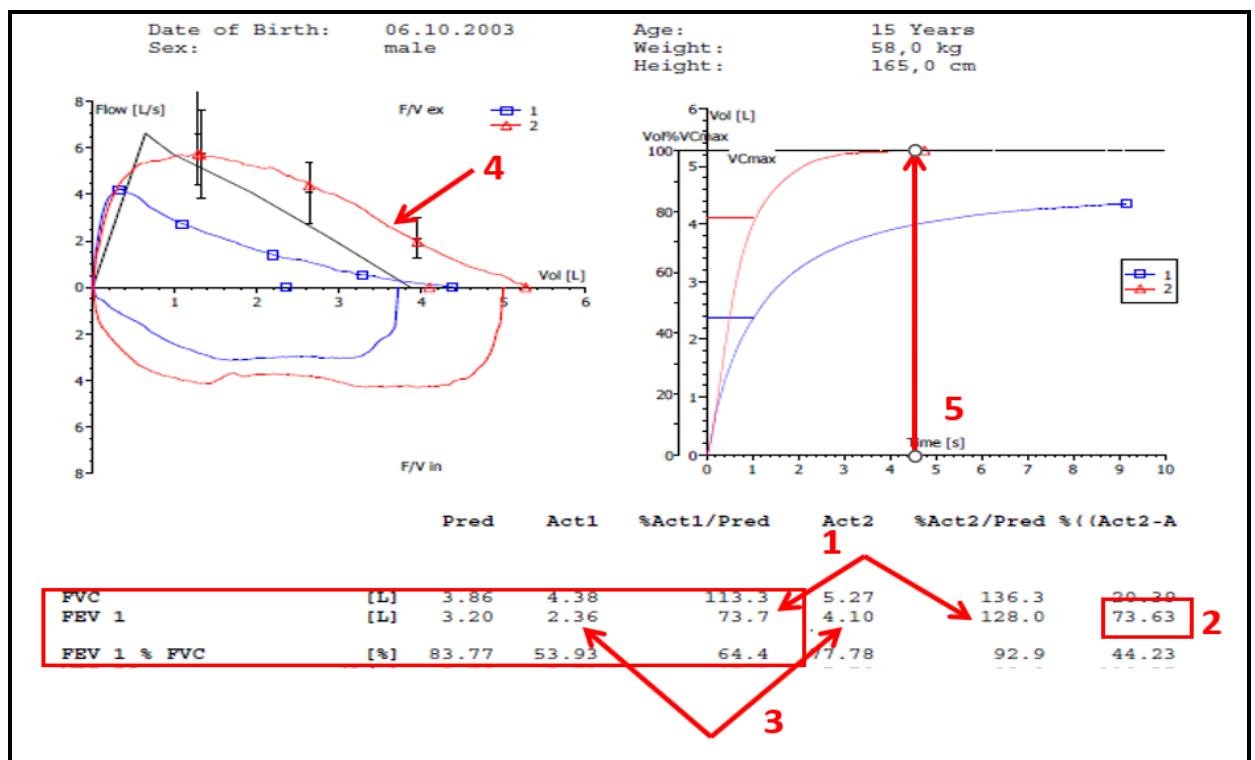


Рисунок 13. Приклад 10. Вентиляційні порушення за обструктивним типом, проба з бронхолітиком

Враховуючи результати до та після проби з бронхолітиком, можна зробити для цього випадку заключення спірометричного обстеження: Вентиляційні порушення за обструктивним типом легкого ступеня. Проба із сальбутамолом позитивна (+ 73,6 %).

При виявленні обструктивних змін проба з бронхолітиком може бути негативною. Це пов'язано з тим, що бронхолітики впливають лише на бронхоспазм, а на інші механізми обструкції (набряк, інфільтрація, обтурація, стиснення ззовні) вплив відсутній.

Рестриктивний тип. Порушення вентиляції, зумовлене зменшенням дихальної поверхні або здатності легеневої тканини до розтягнення. Розрізняють легеневі та позалегеневі причини рестрикції. До легеневих належать інфільтративні зміни, пневмосклероз, пневмофіброз, резекцію легені, ателектаз, гіпоплазію, емфізему, захворювання плеври. До позалегеневих — деформація грудної клітки, ураження дихальних м'язів, застійні явища в легенях, підвищення внутрішньочеревного тиску, больовий синдром. Спірометричними ознаками рестрикції є: зниження FVC, нормальний коефіцієнт FEV_1/FVC .

Приклад 11, рисунок 14: пацієнт, вік 9 років, має FVC 45,6 % (позначка 1), що нижче норми (< 80 %). Показник FEV_1 46,2 % (позначка 2), що нижче норми (< 80 %). Коефіцієнт FEV_1/FVC 87,51 % (позначка 3), що відповідає нормі.

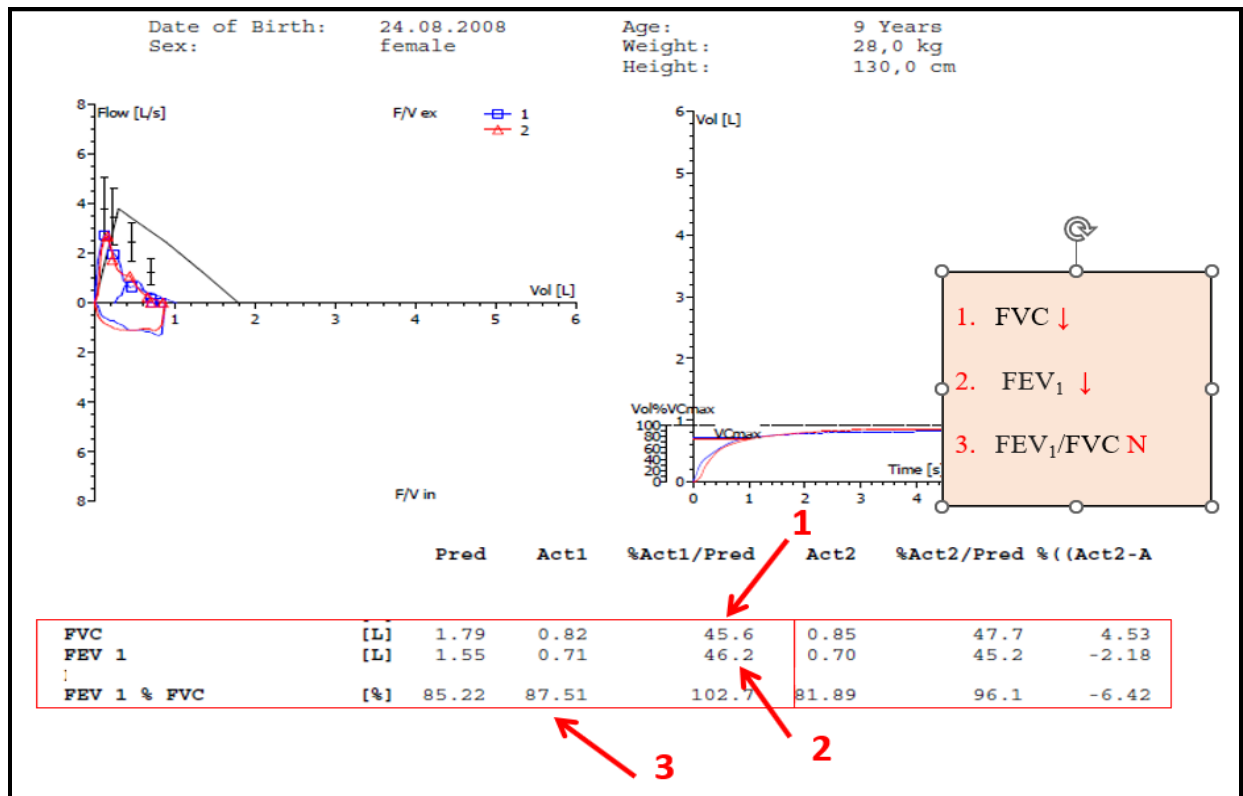


Рисунок 14. Приклад 11. Вентиляційні порушення за рестриктивним типом

Після проведення проби з бронхолітиком суттєвих змін FEV_1 і FVC немає. Оцінка ступеня рестриктивних порушень представлена в таблиці 5.

Таблиця 5. Оцінка ступеня рестриктивних порушень по FVC

Ступінь порушень	Рівень FVC, %
Відсутні	≥ 80
Легкі	60 – 79
Помірні	50–59
Важкі	< 50

Враховуючи результати до та після проби з бронхолітиком, можна зробити заключення спірометричного обстеження: важкі вентиляційні порушення за рестриктивним типом.

Потрібно зазначити, що більш чутливими для виявлення рестриктивних порушень є показники життєвої ємності легень (Vital capacity, VC) та коефіцієнт FEV_1/VC . Для встановлення рестрикції потрібно вимірювання загальної ємності легень (Total lung capacity TLC), що вимірюється тільки закритим спірографом (чи бодіплетизмографом).

Зниження FVC допустимо трактувати як ознаку рестрикції, якщо клінічно діагноз хворого дозволяє це припустити. З іншого боку, зниження FVC у пацієнта, наприклад, з бронхіальною астмою під час загострення не може розцінюватися як рестрикція, оскільки на фоні лікування показник FVC може нормалізуватися.

Змішаний тип. Даний тип вентиляційних порушень поєднує в собі ознаки рестрикції та обструкції, виникає при порушенні прохідності дихальних шляхів та обмеженні розтягнення легеневої тканини або зменшенні дихальної поверхні, наприклад, у хворих на муковісцидоз, спірографічними критеріями є: зниження FEV_1 , FVC, FEV_1/FVC .

Приклад 12, рисунок 15: за даними спірометрії пацієнт С., вік 15 років, має FVC – 57,2 % (позначка 1), що нижче нормальних значень (< 80 %). Показник FEV_1 40,1 % (позначка 2), що нижче норми (< 80 %). Коефіцієнт FEV_1/FVC — 61,11 % (позначка 3), що нижче норми (< 80 %), після проби із сальбутамолом приріст FEV_1 склав 20,1 % (позначка 4), проба вважається позитивною.

Враховуючи, що пацієнт має хронічне захворювання легень (муковісцидоз), виражені незворотні зміни легень за даними КТ ОГП, результати до та після проби з бронхолітиком, можна зробити заключення спірометричного обстеження: помірні вентиляційні порушення за змішаним типом, проба із сальбутамолом позитивна (+20,1 %).

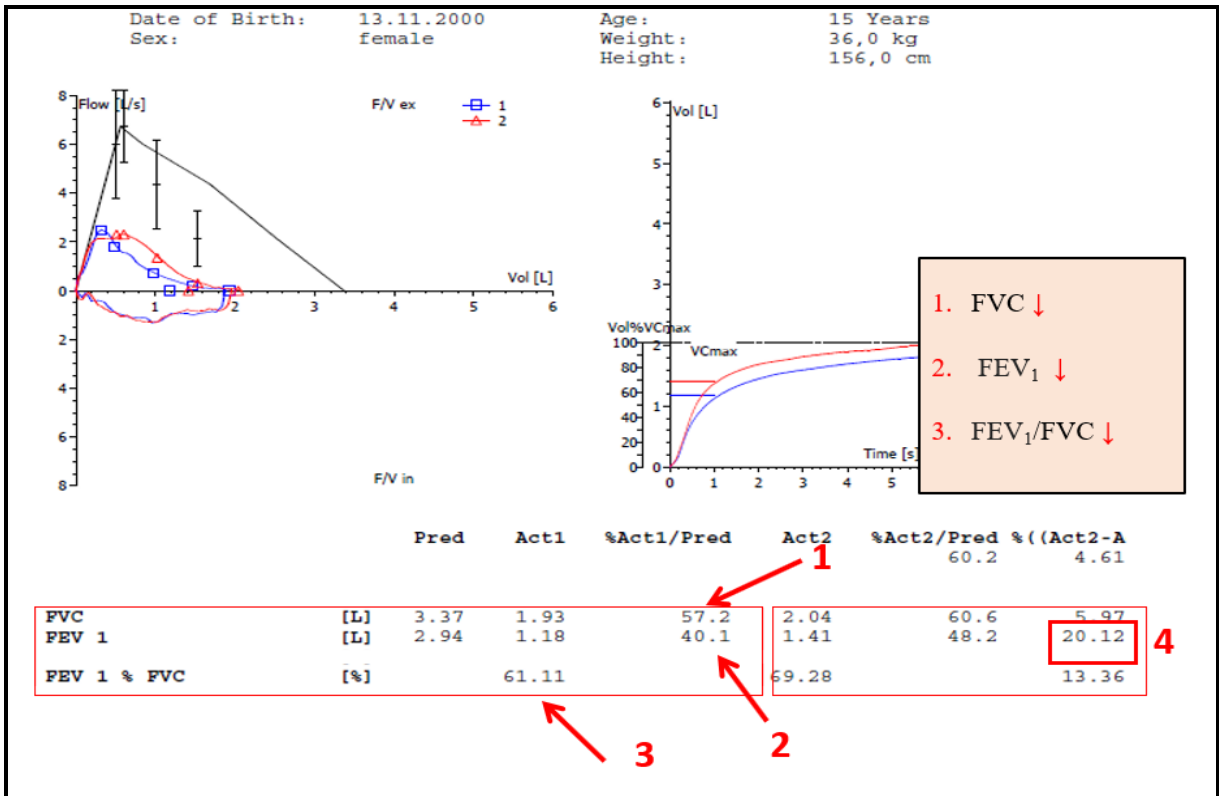


Рисунок 15. Приклад 12. Вентиляційні порушення за змішаним типом.

Для полегшення визначення типу вентиляційних порушень можна використовувати алгоритм (рис. 16).

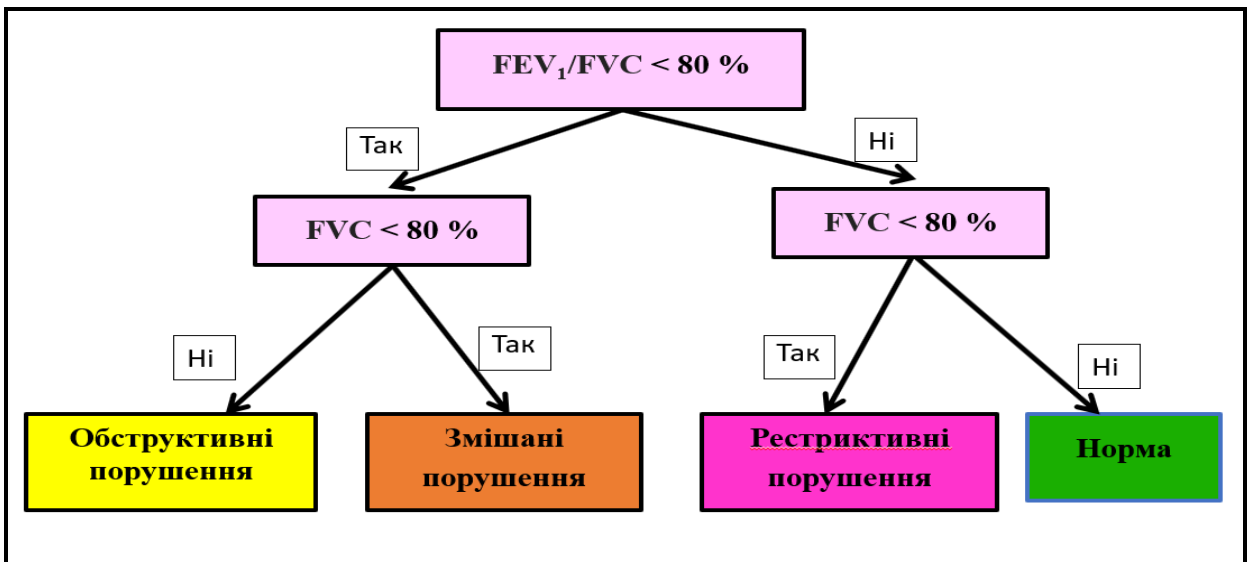


Рисунок 16. Алгоритм інтерпретації результатів спірометрії.

6 ФОРМУВАННЯ ЗАКЛЮЧЕННЯ

Для формування заключення необхідно оцінити:

- 1) Прийнятність отриманих даних (критерії правильності і повторюваності).
- 2) Наявність чи відсутність змін основних показників FVC, FEV₁, FEV₁/FVC.
- 3) Зміна основних показників після проби з бронхолітиком.
- 4) Формування заключення з врахуванням клінічних даних пацієнта.

Приклади:

- Вентиляційна функція легень не порушена. Життєва ємкість легень не порушена.
- Помірні вентиляційні порушення за обструктивним типом, проба з бронхолітиком позитивна (+18 %).
- Легкі вентиляційні порушення за обструктивним типом, проба з бронхолітиком негативна (+5 %).
- Тяжкі вентиляційні порушення за змішаним типом, проба з бронхолітиком позитивна (+13 %).
- Легкі вентиляційні порушення за рестриктивним типом, проба з бронхолітиком негативна (+2 %).

7 СПРОМЕТРИЧНІ КРИТЕРІЇ ДІАГНОСТИКИ БРОНХІАЛЬНОЇ АСТМИ ЗАGINA 2022.

Бронхіальна астма є найпоширенішим хронічним респіраторним захворюванням у дітей. У багатьох закладах охорони здоров'я діагноз ставлять на основі історії хвороби та огляду без додаткових тестів, однак підкреслюють високий рівень помилкового діагнозу астми, включаючи надмірну та недостатню діагностику. Помилковий діагноз у дітей часто виникає через те, що в цій віковій групі характерні респіраторні симптоми є неспецифічними і часто є епізодами вірусних інфекцій, що можуть бути подібними клінічним симптомам астми. Отримання правильного діагнозу у дітей має значення, оскільки надмірна діагностика часто призводить до непотрібного лікування

кортикостероїдами, що впливає на ризик виникнення побічних ефектів, а в деяких випадках, до затримки у встановленні правильного альтернативного діагнозу.

Встановлення діагнозу БА базується на поєднанні характерних клінічних симптомів, лабораторних обстежень та інструментального підтвердження гіперреактивності бронхів. У рекомендаціях GINA (2021, 2022) підкреслюється обов'язкова інструментальна верифікації діагнозу у дітей шляхом проведення спірометрії та фіксації варіабельної обструкції бронхів.

До спірометричних критеріїв обструкції бронхів при БА відносять:

- 1) Зниження FEV_1/FVC (рис. 17).
- 2) Позитивний тест з бронхолітиком (зростання $FEV_1 \geq 12\%$ та ≥ 200 мл, більша впевненість, $\geq 15\%$ і ≥ 400 мл) (рис. 17).
- 3) Значне підвищення функції легень після 4 тижнів протизапальної терапії (зростання FEV_1 на $\geq 12\%$) (рис. 18).
- 4) Зниження FEV_1 на $\geq 10\text{--}12\%$ при проведенні тесту з фізичним навантаженням (рис. 19).

На рисунку 17, приклад 13 представлено спірометрію пацієнта з БА, де FEV_1/FVC – 73,4 % (позначка 1), що нижче нормальних значень ($< 80\%$). Після проведення проби з бронхолітиком приріст FEV_1 склав 13,6 % (позначка 2), проба вважається позитивною. Таким чином, отримана спірометрія відповідає двом критеріям наявності бронхообструкції при БА згідно GINA.

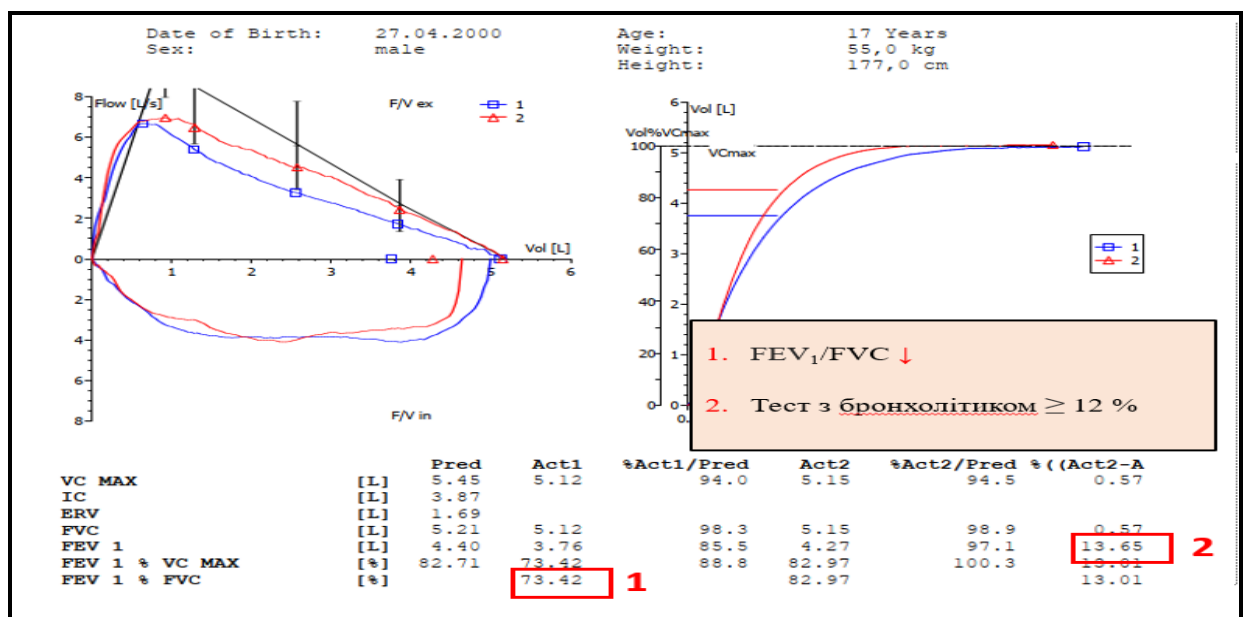


Рисунок 17. Приклад 13. Зниження FEV_1/FVC та позитивний тест з бронхолітиком.

У прикладі 14, (рис. 18) показники спірометрії свідчать, що пацієнт має обструктивні зміни, але проведена проба з бронхолітиком була негативною. Після призначення пробного лікування на 4 тижні та порівняння результатів спірометрії до призначення пробного лікування та після, ми бачимо, що приріст FEV₁ склав 13,5%. Отриманий результат відповідає критерію бронхообструкції при БА згідно GINA.

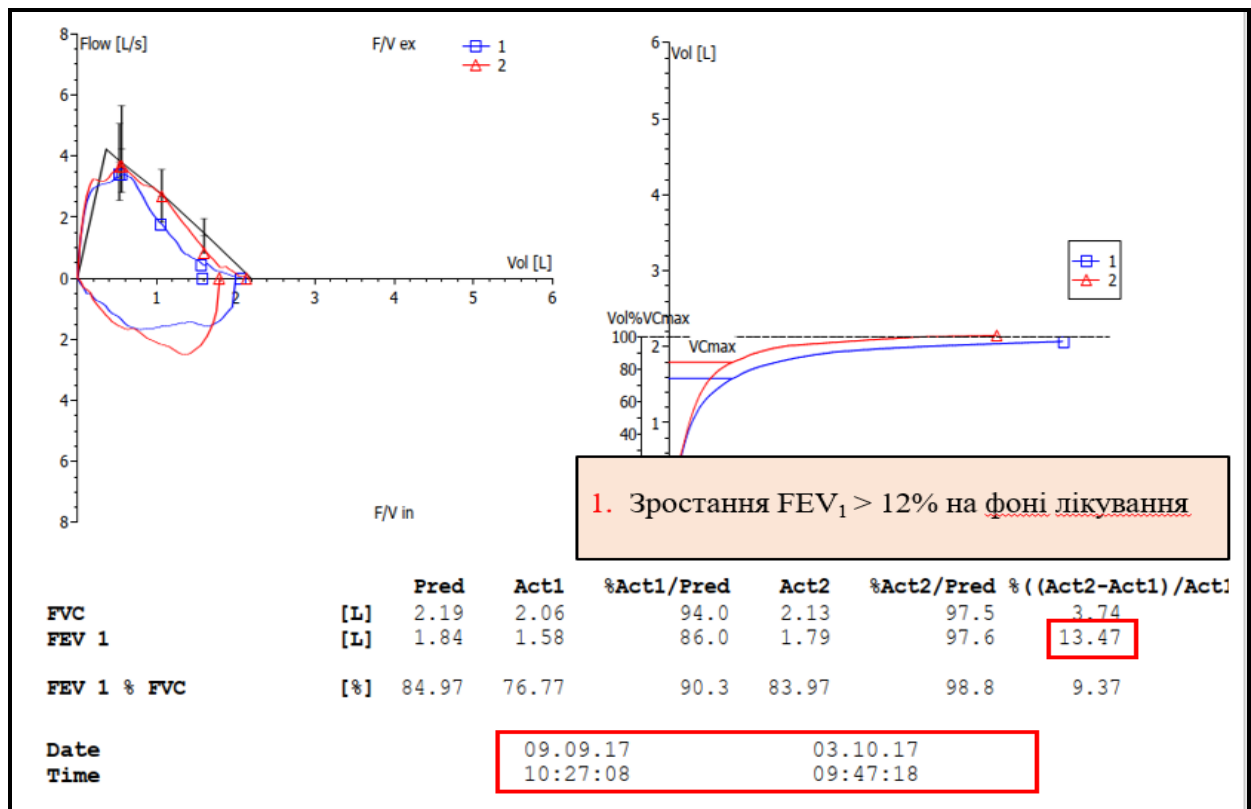


Рисунок 18. Приклад 14. Приріст FEV₁ після 4 тижнів протизапальної терапії.

Для виявлення прихованих порушень використовують бронхопровокаційні тести. Одним із таких тестів є проба з фізичним навантаженням. В представленому прикладі 15 (рис. 19) після проби з фізичним навантаженням відмічається зниження рівня FEV₁ на 11,8 %, проба вважається позитивною. Отриманий результат відповідає критерію бронхообструкції при БА згідно GINA.

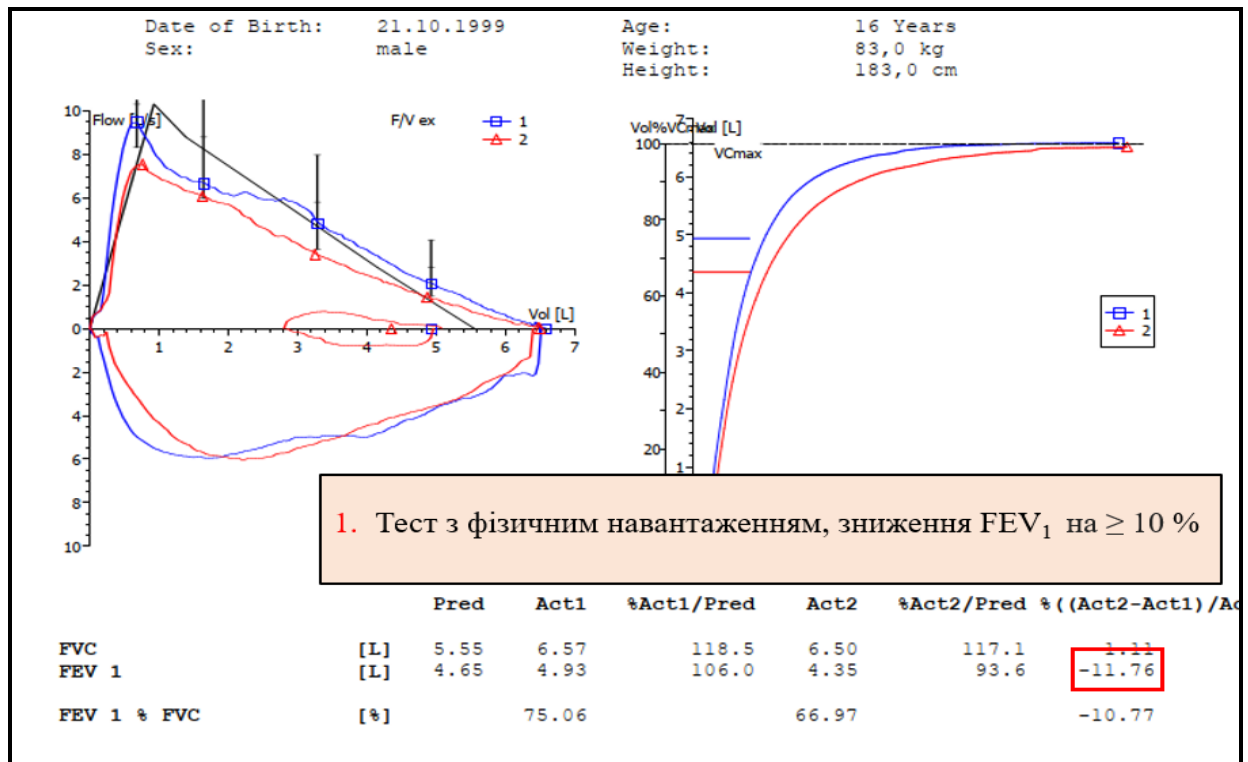


Рисунок 19. Приклад 15. Тест з фізичним навантаженням.

У рекомендаціях GINA зазначається, що нормальна спірометрія не виключає діагноз БА. У нашому прикладі 16, рисунок 20 пацієнт вперше звернувся із скаргами на епізоди задишки, при огляді виявлено свистячі хрипи над поверхнею легень. За даними спірометрії порушень не виявлено. Проведення проби з бронхолітиком виявило приріст FEV₁ на 19,6 %, що підтверджує наявність зворотної обструкції у дитини та дозволяє припустити діагноз БА.

Коли слід проводити спірометрію у дітей з БА:

1. При діагностиці та перед початком лікування.
2. Через 4 - 6 тижнів після початку вперше призначеного лікування для оцінки ефективності.
3. При корекції лікування (в середньому кожні 3 місяці).
4. При погіршенні стану чи загостренні.

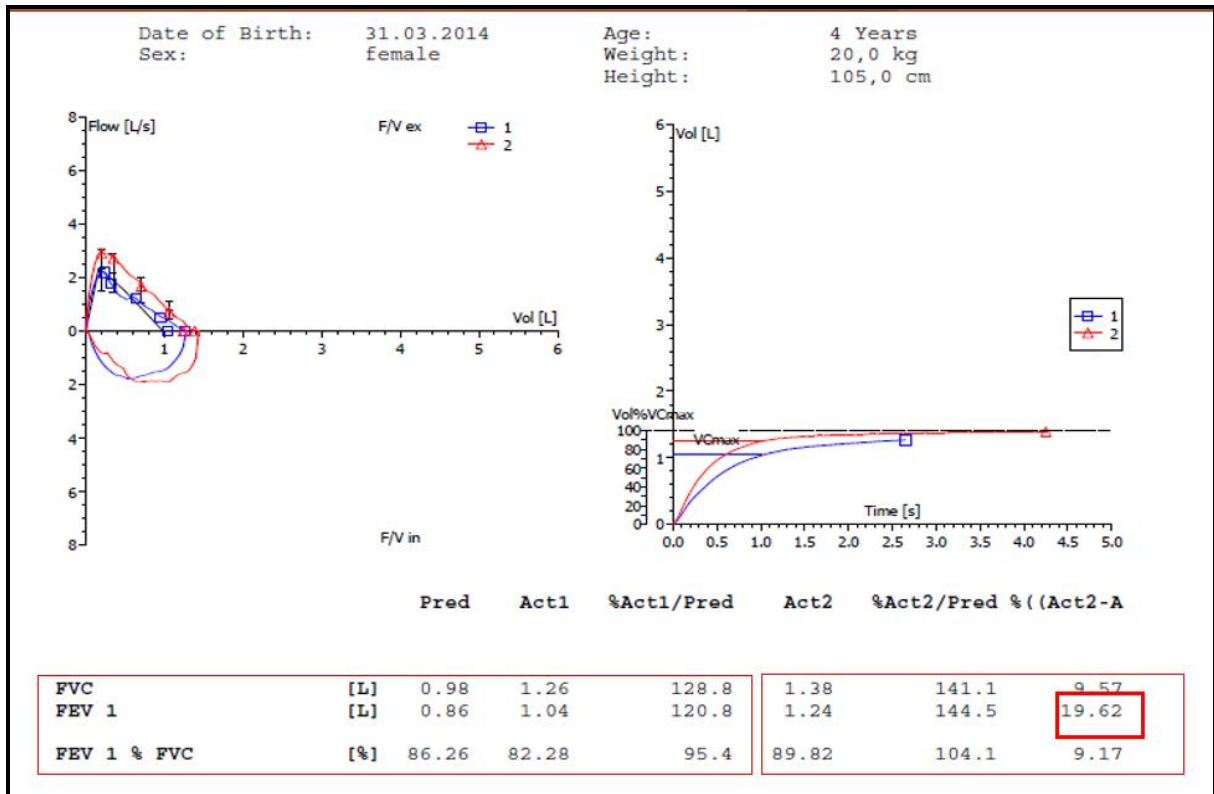


Рисунок 20. Приклад 16. Позитивна проба з бронхолітиком у пацієнта з нормальною вихідною спірометрією.

РЕЗЮМЕ

Спірограма – необхідний діагностичний тест, що дозволяє виявити різні серйозні зміни з боку бронхолегеневої системи. Проста методика дослідження і наявність сучасного обладнання дозволяють лікарю за кілька хвилин встановити правильний діагноз і запобігти розвитку або загостренню серйозного захворювання. Так само проведення спірометрії протягом лікування допомагає контролювати дозу препарату і тому є найважливішим дослідженням для нормалізації життя пацієнта і контролю над захворюванням.

На сьогодні, на жаль, спірометрія недостатньо використовується у дітей, і існує необхідність заохочувати її використання сімейними лікарями та педіатрами первинної ланки, які лікують дітей із респіраторними захворюваннями.

При дотриманні методики виконання спірометрія може бути надійним інструментом для вирішення багатьох діагностичних питань та поточного моніторингу в щоденній роботі лікаря.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. ATS/ERS Task Force. Standardisation of spirometry / Miller MR et al. // Eur Respir J. 2005. №26. P. 319–338.
2. Standardization of Spirometry 2019 Update. An Official American Thoracic Society and European Respiratory Society Technical Statement /Brian L. Graham et al. Am. // J. Respir. Crit. Care. Med. 2019. №15. 200(8). P.70–88. doi:10.1164/rccm.201908-1590ST.
3. ERS Global Lung Function Initiative. Multi-ethnic reference values for spirometry for the 3–95-yr age range: the Global Lung Function 2012 equations /Quanjer PH et al. //Eur Respir J. 2012. №40. P.1324–1343. doi: 10.1183/09031936.00080312.
4. Impact of using spirometry on clinical decision making and quality of life in children: protocol for a single centre randomised controlled trial /Boonjindasup W. et al. // BMJ Open. 2021. №21;11(9). doi: 10.1136/bmjopen-2021-050974.
5. Gochicoa-Rangel L. Quality of spirometry in 5-to-8-year-old children // Pediatr Pulmonol. 2013. №48(12). P. 1231–1236. doi: 10.1002/ppul.22765.
6. Graham BL. Pulmonary function standards: a work in progress // Respir Care 2012. №57. P. 1199–1200.
7. Roberts C, Ward S, Walsted E, Hull JH. Safety of pulmonary function testing: data from 20 years // Thorax. 2018. №73. P. 385–387.
8. Hankinson JL, Eschenbacher B, Townsend M, Stocks J, Quanjer PH. Use of forced vital capacity and forced expiratory volume in 1 second quality criteria for determining a valid test // Eur Respir J. 2015. №45. P. 1283–1292.
9. Jones TE, Southcott A, Homan S. Drugs potentially affecting the extent of airways reversibility on pulmonary function testing are frequently consumed despite guidelines // Int J Chron Obstruct Pulmon Dis. 2013. №8. P. 383–388.
10. Ward H, Cooper BG, Miller MR. Improved criterion for assessing lung function reversibility // Chest. 2015. №148. P. 877–886.