

УДК: 616.248.1-085-084.001.5

Л. М. Курик, О. І. Адамчук, О. А. Канарський, І. П. Турчина, О. І. Криlach, М. Б. Сингаєвський  
ДУ «Національний інститут фізичної медицини та пульмонології ім. Ф. Г. Яновського НАМН України», м. Київ

# Кардіопульмональне тестування у хворих на бронхіальну астму

**Ключові слова:** бронхіальна астма, кардіопульмональне тестування, кардіореспіраторна система, фізична активність.

Серед багатьох захворювань внутрішніх органів значне місце займають хвороби бронхолегеневої системи, зокрема бронхіальна астма (БА). За даними вітчизняних та зарубіжних дослідників, поширеність БА з кожним роком підвищується, незважаючи на вдосконалення методів діагностики, профілактики та лікування [27, 28]. За останні десятиріччя значно зросла захворюваність на БА серед молодого населення. Збільшується кількість тяжких, резистентних до медикаментозної терапії форм захворювання.

На сьогоднішній день недостатньо даних щодо функціональної координації міжсистемних зв'язків центральної, легеневої, кардіогемодинаміки, гемореології та гемостазу у фізичній активності хворих БА, адже вони складають макро- та мікрорівневі системи кровообігу, що відіграють в організмі людини основну і організуючу роль. Від ступеня її компенсаторних можливостей залежать вітальний прогноз і прогноз працездатності для пацієнтів [23, 30–32]. Серце, своєчасна зміна інтенсивності роботи якого є необхідною ланкою більшості адаптаційних реакцій організму, досить часто стає місцем, де реалізується перехід адаптації до пошкодження [4, 9, 12, 17, 25]. З іншого боку, сама система кровообігу безпосередньо страждає при порушеннях вентиляції, що є основним патогенним чинником БА [13–15, 18, 21, 42]. Важливе значення має і стан вегетативної нервової системи (ВНС) [3, 11, 19, 20]. Практично не існує таких патологічних форм, у розвитку та перебігу яких не відіграла б ролі ця система: в одних випадках вона є істотним чинником патогенезу, а в інших – реагує вторинно у відповідь на пошкодження будь-яких систем і тканин організму [78, 79].

Розглядаючи БА з позиції теорії функціональних систем (ФС), треба відзначити, що людський організм – це складна багатофункціональна система, регуляція якої

підпорядкована певним законам і механізмам, від взаємодії яких залежить функціонування всього організму. Діяльність організму визначає домінуюча в плані виживання та адаптації до зовнішнього середовища ФС [1]. В основі клінічної картини БА лежить бронхообструктивний синдром, поліморфний за механізмом формування, що є причиною гетерогенності патогенезу БА за наявності однотипної клінічної картини. Домінуючою є дихальна система, яку в силу анатомічного та функціонального взаємозв'язку із серцево-судинною системою (ССС) необхідно розглядати у складі об'єднаної кардіореспіраторної системи. Робота ефektorних систем визначається особливостями їхньої регуляції. Відомо, що регулюючі функції мають центральна і вегетативна нервові системи (ЦНС та ВНС), гуморально-медіаторна та імунна системи. Їхня дисрегуляція є одним із патогенетичних механізмів вегетозів та призводить до порушення вегетативного забезпечення функціонування ефektorних систем у підтриманні гомеостазу [33, 38].

Вивчення вегетативної регуляції у хворих на БА в даний час пов'язане не тільки з поглибленням розуміння процесів патогенезу, але і з необхідністю отримання нових даних з точки зору розробки нових підходів до терапії. Зважаючи на актуальність відновного лікування і фізичної реабілітації хворих на БА, особливий інтерес становлять питання визначення спроможності пацієнтів до граничних фізичних зусиль, тобто фізичної працездатності. «Фізична працездатність» (англ. *physical working capacity*) – потенційна здатність людини до прояву максимального зусилля в динамічній, статичній чи змішаній роботі. Такі дослідження визнані доцільними ВООЗ, особливо коли це стосується оцінки функціональних резервів організму та диференціальної діагностики порушень серцевої діяльності, побудування

достатнього за величиною і одночасно безпечного рухового режиму хворих та програм фізичної реабілітації. Проте дослідники змушені обмежувати свої прагнення реальністю, тобто визначенням реакцій на фізичне навантаження, яке за своїми властивостями є близьким до тих зусиль, що зустрічаються у житті, по-перше; і по-друге – досить значним. Остання умова дозволяє виявити важливий показник функціонального стану організму – толерантність до різних навантажень, тобто здатність організму витримувати їх без порушень його стану [30, 37, 44].

Існує багато різновидів клінічних навантажувальних тестів для об'єктивної оцінки функціональних резервів організму. Із використанням одних можна отримати основну інформацію – ці методи прості у виконанні та не вимагають спеціального оснащення; інші дають повну оцінку функції всіх систем, задіяних у виконанні проби, і вимагають складного устаткування.

Розроблено безліч різновидів тестів з ходьбою: тести з фіксованим часом (2-, 5-, 6-, 9- і 12-хвилинний), з фіксованою відстанню, з різною регуляцією швидкості ходьби (швидкість вибирає сам пацієнт, швидкість задається дослідником, швидкість ходьби залишається постійною протягом всього дослідження або поступово зростає) [8, 11, 41]. Найбільш поширеним серед них є тест з 6-хвилинною ходьбою. Він простий у виконанні та не вимагає спеціального обладнання. Тест дозволяє отримати загальне уявлення про функціональні здібності людини, але не дає конкретної інформації про функції окремих органів і систем, задіяних у виконанні роботи, включаючи механізм обмеження навантаження. Тест оцінює субмаксимальний рівень фізичних можливостей: більшість пацієнтів за 6 хвилин не досягають максимального навантаження, оскільки самі вибирають її інтенсивність. Майже всі види щоденного фізичного навантаження виконуються на субмаксимальному рівні, тому 6-хвилинний тест краще відображає функціональні можливості пацієнта, необхідні в повсякденному житті [35]. Слід зазначити, що тест з 6-хвилинною ходьбою не дозволяє визначити максимальне споживання кисню (МСК) під час навантаження, встановити причину задишки або визначити механізми зниження толерантності до фізичного навантаження. Однак у багатьох дослідженнях було виявлено тісний взаємозв'язок між результатом 6-хвилинного тесту і максимальним споживанням кисню, вимірним під час проведення дослідження на велоергометрі або тредмілі. Не існує єдиної думки, чи треба використовувати тредміл при проведенні 6-хвилинного тесту. Багато авторів вважають, що при ходьбі по коридору та на тредмілі пацієнти отримують різне навантаження, отже, витрачають різну енергію; інші ж знаходять їх цілком можливими у порівнянні. Тим не менше, у кожній з цих методик є свої переваги. Використання тредмілу вимагає меншого простору і дозволяє проводити постійний моніторинг стану пацієнта під час навантаження (газообміну, ЕКГ тощо), в той час ходьба по коридору більш звична для хворого, не потребує складного обладнання і більшою мірою відображає повсякденні навантаження. Проте

результати проведення 6-хвилинного тесту значною мірою визначаються впливом суб'єктивних факторів, основним з яких є мотивація пацієнта. Іншим суб'єктивним фактором, що впливає на результати тесту, є ступінь коректності проведення дослідження інструктором. Крім того, має значення ефект тренування: результати повторного тесту зазвичай перевищують результат першого тестування, при цьому величина приросту може досягати 17 % [36, 47].

Все більше приділяється увага шаттл-тесту зі зростанням темпу ходьби, умови проведення якого дозволяють значною мірою зменшити вплив суб'єктивних факторів. З цією метою швидкість руху доріжки змінюється щохвилини відповідно до дизайну протоколу. Шаттл-тест можна однаково успішно проводити як у коридорі, так і в закритому приміщенні на тредмілі. Однак слід зауважити, що його результати також не дозволяють оцінити тяжкість бронхіальної обструкції. Для повного уявлення про функціональний стан кардіореспіраторної системи при виконанні фізичного навантаження необхідно проводити поглиблене дослідження її здатності підтримувати легеневий і тканинний газообмін при стресових умовах фізичної роботи [48, 51, 52, 54, 57].

На даний час перевага віддається велоергометрії та тредмілу, оскільки вони дозволяють точно дозувати навантаження і забезпечують участь у роботі великих груп м'язів. В іноземній літературі ці дослідження об'єднуються загальним поняттям СРЕТ (*cardio-pulmonary exercise testing*) – кардіопульмонарне тестування із навантаженням. Випробування, проведене на тредмілі, має деякі переваги перед велоергометром: для більшості хворих ходьба більш звична і проста, ніж їзда на велосипеді [100]. Крім того, в роботу включено більше груп м'язів, що зумовлює більше напруження і як наслідок – вище максимальне споживання кисню (при роботі на тредмілі – на 5–10 % вище, ніж при роботі на велоергометрі) [5, 6, 16, 53]. Основний недолік тредмілу полягає в труднощах визначення точної кількості виконаної роботи. Істотне значення при виконанні навантаження на тредмілі має маса тіла хворого. Слід зазначити, що опора пацієнта на перила при роботі на тредмілі може змінити метаболічну вартість роботи. Основна перевага велоергометрії полягає в тому, що легко визначається кількість виконаної роботи, а також таке навантаження більш прийнятне для пацієнтів, які страждають на ожиріння. Велоергометр займає менше місця. При роботі на велоергометрі більш доступне вимірювання артеріального тиску та ЕКГ-моніторинг. Незважаючи на те, що обидва засоби знайшли своє клінічне застосування, перевага віддається велоергометру [22, 34].

Кардіопульмонарне тестування з навантаженням все частіше використовується в клінічній практиці для діагностики захворювань, супроводжуваних задишкою при фізичному навантаженні і зниженням толерантності до фізичного навантаження. Результати проби дозволяють об'єктивно оцінити функціональні резерви організму, отримати важливу інформацію про кожну з систем, що беруть участь у виконанні проби, і допомогти у визначенні

механізмів, що лімітують виконання фізичного навантаження. Разом із показниками вентиляційної функції, вимірними в стані спокою, тестування навантаженням може бути використано у пацієнтів із захворюваннями легень для передбачення ризику післяопераційних легеневих ускладнень [40, 50]. Навантажувальне тестування, на думку ряду дослідників, є основним компонентом для оцінки легеневого відновлення у хворих на хронічне обструктивне захворювання легень, БА та інші хронічні захворювання легень.

Вітчизняними і зарубіжними дослідниками розроблено ряд протоколів навантажувального тестування. В європейських країнах для дослідження фізичної працездатності хворих на хронічні неспецифічні хвороби легень (ХНЗЛ) широко використовується тест P. Nowacki, в якому застосовується ступінчасте зростаюче навантаження 2-хвилинної тривалості з підвищенням потужності на 0,25 Вт/кг маси обстежуваного. При такому підході до дозування навантаження хворі з різною масою тіла виявляються в рівних умовах дослідження, що дозволяє зіставити дані хворих різних вагових категорій. Для оцінки граничних можливостей запропоноване навантаження зі зростанням потужності з щомиттєвим або щохвилинним збільшенням від 5–25 Вт до відмови, тобто до появи ознак непереносимості навантаження [35].

Для оцінки контролю ефективності бронхолітичних засобів отримав популярність протокол постійного рівня роботи, який полягає у виконанні навантаження, відповідного рівня звичайного денного навантаження – 50 Вт на велоергометрі або 3 милі на годину на тредмілі, не менше 6 хвилин. Тест може бути проведений через 1 годину чи більше після інтенсивного тестування [43].

Широко використовуються протоколи постійного навантаження високої інтенсивності (70–80 % від належного рівня роботи) для демонстрації ефектів бронхолітичної терапії, реабілітаційних програм, а деякими авторами – як засіб вибору та оцінки проведеного лікування [7, 15, 24].

В останніх рекомендаціях Європейського респіраторного товариства та Американського торакального суспільства запропоновано протокол тестування зі ступінчастим зростаючим велоергометричним навантаженням. Тест складається із фази спокою, трихвилинної фази вільного педалювання, навантажувального періоду та періоду відновлення. Під час другого періоду навантаження збільшують кожні 3 хвилини від 5 до 25 Вт, залежно від тяжкості стану пацієнта. Тривалість роботи становить 10–12 хвилин або до досягнення граничних характеристик – появи суб'єктивних та об'єктивних критеріїв непереносимості навантаження. На думку P. Palange, тестування зі зростаючим велоергометричним навантаженням вважається золотим стандартом для оцінки фізичної працездатності у хворих на обструктивні захворювання легень. Цей протокол широко використовується на практиці [58]. Прагнення знизити витрати на проведення навантажувальних проб та зменшити вплив фізичного стомлення зумовило створення методики з 1- або 2-хвилинним збільшенням навантаження. Було

проведено тести з фізичним навантаженням у здорових осіб при тривалості ступеня 1 або 2 хвилин. Було зроблено висновок, що більшість результатів, отриманих при ступінчастому прирості робочого навантаження кожну 1 або 2 хвилину, є співставними, особливо при максимальному або піковому робочому навантаженні.

Необхідно згадати про існування протоколу з переривчастою роботою, який складається з коротких періодів: 3–4-хвилинного навантаження, що чергуються з періодами відпочинку. При цьому потужність навантаження прогресивно збільшується. Проте даний протокол рідко використовується в клінічній практиці [59].

Для виявлення гіперреактивності дихальних шляхів використовується бронхопровокаційна проба з фізичним навантаженням. Бронхоспазм, викликаний фізичним навантаженням, розглядається багатьма авторами, як один із проявів неспецифічної бронхіальної гіперреактивності. Серед факторів, що визначають розвиток бронхоконстрикції під час фізичного навантаження, провідне місце займає збільшення респіраторних теплота вологовитрат. Ця проба менш чутлива, ніж бронхопровокаційний тест з метахоліном, ацетилхоліном або гістаміном. K. Holzer підтвердив, що багато хворих мають негативний результат на тест із фізичним навантаженням при позитивній пробі з хімічними реагентами, водночас ними була зареєстрована і зворотна реакція [60].

У рекомендаціях ATS пропонується використовувати два види навантажувальних протоколів.

1. Тест із ступінчастим зростаючим фізичним навантаженням (вихідний рівень навантаження – 60 % від належної величини в першу хвилину, 75 % – у другу хвилину, 90 % – в третю і 100 % – в четверту). Після того, як досягнуть очікуваний рівень частоти серцевих скорочень (ЧСС) або вентиляції легень, навантаження має бути подовжене протягом не менше 4 хвилин.

2. Протокол з постійним рівнем навантаження протягом 6–8 хвилин, де робота становить 45–60 % від належної величини максимальної вентиляції легень (МВЛ). Даний тест рекомендується використовувати у хворих із більш вираженими порушеннями функції зовнішнього дихання. Спірометрія має проводитися до і після навантаження на 5, 10, 15, 20, 30 хвилинах відпочинку. Об'єм форсованого видиху за першу секунду (ОФВ1) є основним показником для оцінки результату. Деякі автори проводять більш ранні вимірювання – на 1-й та 3-й хвилині після навантаження, оскільки бронхоспазм іноді може виникати відразу після закінчення навантаження. ERS School Courses рекомендують вимірювання ОФВ1 на 1, 3, 5, 7 і 15 хвилині. Тест вважається позитивним при зниженні ОФВ1 більше ніж на 10 % [61, 62].

Що ж відбувається при проведенні кардіореспіраторного тестування з навантаженням? На будь-який стрес організм відповідає реакцією напруги регуляторних систем і мобілізацією механізмів адаптації, причому у відповідь на однаковий за інтенсивністю вплив, в одних людей напруга регуляторних систем помірна, в інших – різко виражена. Це залежить

від резервів організму та рівня здоров'я. Фізіологічним обґрунтуванням застосування функціональних навантажувальних проб є одна з найбільш важливих системних закономірностей, сформульована П. К. Анохіним: «На будь-який вплив організм відповідає зміною ряду фізіологічних функцій і вибором в нових умовах оптимального режиму життєдіяльності. Характер перехідних реакцій при цьому відображає особливості відповідних регуляторних механізмів і може служити критерієм їх якості».

Факторами, що визначають фізичну працездатність, є респіраторна функція, вентиляційно-перфузійні відносини, функція серця, регуляція периферичного кровообігу, метаболізм м'язів. Респіраторна функція складається з безлічі компонентів, головними з яких є: бронхіальна прохідність, дифузійна здатність, еластичні властивості легень та респіраторна м'язова функція. Кожен із цих компонентів має функціональний запас міцності, від якого залежить, якою мірою буде обмежена фізична активність пацієнта. Дослідження функціонального запасу міцності можливе лише в стресових умовах навантаження. Сама фізіологія м'язової діяльності заснована на координованому функціонуванні дихальної, серцево-судинної та м'язової систем. Недостатність однієї з цих систем може призвести до погіршення переносимості фізичних навантажень. Переносимість фізичного навантаження можна визначити як здатність організму забезпечувати максимальне надходження кисню під час інтенсивної фізичної роботи [7, 13–15, 47, 49].

Система доставки кисню складається з функціональних складових:

- респіраторної функції, що включає легеневу механіку і роботу дихальних м'язів, а також механізми регуляції вентиляції;
- вентиляційно-перфузійних відносин, кисневої дифузії;
- зміни ЧСС і ударного об'єму;
- розподілу кровотоку на користь працюючих м'язів;
- метаболізму м'язів, що включає функції окислювальних і гліколітичних ферментів.

Незважаючи на значні резерви організму, навіть незначне відхилення від норми будь-якого з елементів системи доставки кисню проявляється зниженням величини МСК – основного показника продуктивності кардіореспіраторної системи, який є мірою аеробної потужності та інтегральним показником системи транспорту кисню. Оскільки фізичне навантаження є свого роду стресом, навантажувальні тести дозволяють виявити початкові прояви патології легень та серцево-судинної системи, які в спокої «маскуються» резервними можливостями організму [34]. У здорових осіб МСК обмежується можливостями киснево-транспортної функції серця та здатністю м'язів екстрагувати та утилізувати кисень із течією крові, для забезпечення аеробного метаболізму. В осіб із патологією кардіореспіраторної системи – ступенем дихальної і серцевої недостатності, порушенням тканинного метаболізму [24, 25, 31]. Значний вплив на максимальне

споживання кисню має загальна фізична тренуваність. Треновані спортсмени мають МСК приблизно вдвічі вище норми, властивої людям, що ведуть звичайний спосіб життя. Наприклад, у легкоатлетів МСК при фізичному навантаженні може збільшуватися більше ніж у 20 разів і досягати до 80 мл/хв на 1 кг. Крім того, з віком у людей, що займаються спортом все життя, серцево-судинна система має великий функціональний резерв порівняно з «неактивними» людьми аналогічного віку [12, 36, 37, 38]. Збільшення функціонального резерву серцево-судинної системи під час навантажувального тестування спочатку досягається за рахунок збільшення ударного об'єму і зростання ЧСС. При навантаженнях субмаксимальної та максимальної потужності, подальше зростання серцевого викиду відбувається виключно за рахунок збільшення ЧСС. Зростання ЧСС спочатку зумовлено зменшенням впливу парасимпатичної нервової системи, а потім – збільшенням симпатичної активності. Максимальна ЧСС знижується зі збільшенням віку. Серцевий викид у здорових людей одного віку є різним по величині ударного об'єму. Як правило, він вищий у чоловіків, у більш високих та більш тренуваних людей. У здорових ЧСС під час навантаження збільшується лінійно зі збільшенням показника МСК. Досягнення належних значень ЧСС є відображенням максимального або субмаксимального зусилля і розцінюється як досягнення максимального поглинання кисню. Досягнення максимуму цього показника не рекомендується досягати у хворих і є суворою умовою припинення. У хворих із захворюваннями легень максимальне значення ЧСС звичайно не досягає належних величин, а пульс може бути вищим від належного для даного рівня максимального споживання кисню, і по мірі прогресування захворювання резерв ЧСС зростає, а кисневий пульс падає. Зниження кисневого пульсу – це відображення гемодинамічних наслідків динамічної гіперінфляції [46, 47]. Зазвичай максимальне поглинання кисню, як і зовнішня робота, під час навантаження збільшується майже лінійно до моменту досягнення максимального споживання кисню. Подальше збільшення потужності нетривало підтримується анаеробним метаболізмом із розвитком молочного ацидозу. Відношення МСК до роботи є так званою величиною кисневої вартості роботи та незалежне від статі, віку, росту та відображає ефективність метаболічного перетворення хімічної енергії в механічну роботу [48, 49].

Гемодинамічні параметри при проведенні навантажувального тестування змінюються таким чином. Систолічний артеріальний тиск може підвищитися до 220 мм рт. ст. на піку навантаження, в той час як діастолічний – знаходиться в нормі, не перевищуючи 90 мм рт. ст. Падіння артеріального тиску під час навантаження – явище ненормальне, і проведення тестування має бути припинене негайно. Крім того, треба враховувати, що збільшення серцевого викиду і пов'язаного з ним зростання легеневого кровотоку при виконанні фізичного навантаження викликають помірне підвищення тиску в легеневій артерії. У хворих із легеневою патологією додаткове залучення легневих судин

у ровообіг та їх дилатація призводить до значного падіння легеневого судинного опору. І якщо у здорової людини при цьому тиск у легеневій артерії не зростає до тих пір, поки величина серцевого викиду не збільшиться в 2–3 рази, то у хворих на БА незначна легенева гіпертензія може спостерігатися вже навіть у стані спокою. В нормі при навантаженні тиск у легеневій артерії зростає, а при БА, особливо тяжкого її перебігу, опір у легневих судинах при навантаженні залишається постійним або незначно зростає. Факторами, що визначають легенева гіпертензію при БА, є: спазм судин, ремоделювання легневих артерій, деструкція капілярного ложа внаслідок емфіземи (на пізніх етапах захворювання). Щоб подолати зазначені перепони кровотоку і забезпечити нормальну перфузію, потрібне збільшення тиску. Розвиток легеневої гіпертензії та легеневого серця є закономірним результатом тривалого перебігу обструктивних хвороб легень (БА, обструктивний бронхіт) [50]. На думку ряду вчених, нормальні показники тиску в легеневій артерії та загального легеневого опору в спокої не завжди свідчать про відсутність порушень легеневої гемодинаміки, оскільки не виключають наявності прихованої легеневої гіпертензії, зумовленої змінами легеневої циркуляції, які виявляються при фізичному навантаженні або у фазі загострення запального процесу в бронхах. По мірі зростання обструкції бронхів збільшується систолічний, діастолічний і середній тиск у легеневій артерії [51].

Важливим показником функціонального стану серцево-судинної системи є також швидкість відновлення ЧСС. Під час фізичного навантаження у здорових людей у відповідь на збільшені метаболічні потреби організму підвищується хвилинний об'єм дихання як за рахунок частоти дихання, так і за рахунок збільшення дихального об'єму. Дихальний об'єм зростає приблизно до 50 % життєвої ємкості, і подальше збільшення вентиляції здійснюється в основному за рахунок частоти дихання, оскільки почастищення дихання є більш економічнішим способом збільшення вентиляції при високих рівнях навантаження. Для визначення того, чи є обмеження фізичної працездатності результатом вентиляційних розладів, необхідно виміряти МВЛ. У здорових людей максимальний об'єм дихання при МСК зазвичай становить від 60 до 70 % максимальної вентиляції легень. Решта 30–40 % МВЛ, які не використовуються, – резерв дихання. Існування цього резерву означає, що у здорових людей максимальна фізична працездатність обмежується серцево-судинними, а не вентиляторними факторами [52]. Величину МВЛ правильніше розглядати як критерій форсованої потужності дихального апарату, його граничної «пропускної спроможності», зумовленої властивостями респіраторних м'язів, біомеханіки легень і повітряних шляхів. По мірі прогресування захворювання максимальний об'єм дихання часто обмежується обструктивними порушеннями функції зовнішнього дихання, що призводить до динамічної гіперінфляції, яка проявляється збільшенням частоти дихання та зниженням дихального об'єму [53, 54]. У результаті цього збільшується навантаження на дихальні м'язи.

У літературі також описано інший характер вентиляторної відповіді на граничну фізичне навантаження. На думку авторів, у хворих на бронхообструктивні хвороби легень вентиляція часто більш висока, ніж очікується, через збільшення вентиляції мертвого простору, недостатнього газообміну і підвищеної вентиляторної вимоги, що призводить до зниження фізичної працездатності та дисфункції периферичних м'язів [55–57]. У хворих підвищення частоти дихання під час фізичного навантаження призводить до скорочення часу видиху, а значить – до зниження евакуації повітря з альвеол, тобто відбувається посилення «повітряної пастки». В свою чергу, зростання легеневої гіперінфляції перешкоджає поглибленню дихання, що призводить до розвитку порочного кола. Подібне обмеження дихального об'єму в умовах підвищеного дихального зусилля під час навантаження відображає нейромеханічну дисоціацію респіраторного апарату, яка, в свою чергу, вносить основний вклад в інтенсивність задишки у хворих на БА під час фізичного навантаження [58–61].

На фізичну активність впливає і функціональний стан нервової системи. Світовими дослідженнями було показано, що у хворих на БА, особливо у тих, що мають тривалий перебіг захворювання, присутні різні клінічні прояви ураження нервової системи – як центральної, так і периферичної. У таких пацієнтів виявляють зміни біопотенціалів головного мозку, що свідчать про порушення функцій стовбурових, мезодієнцефальних і лімбікоретикулярних утворень. А ці зміни, в свою чергу, погіршують перебіг астми [62].

Крім того, роль інфекційного фактора у перебігу БА було доведено в ході багатьох досліджень. Окремі автори пов'язують порушення функціональної активності міокарда у хворих на астму із тривалим персистуванням патогенної та умовнопатогенної мікрофлори та дією двох факторів: інфекційно-токсичного і алергічного (медіаторного) [26, 46].

На сьогоднішній день відбувається активне накопичення наукового матеріалу щодо порушень у функціональному стані кардіореспіраторної системи у хворих на БА та причин, що призводять до їх виникнення.

## Висновки

Проведення тестування з фізичним навантаженням у хворих на БА, його аналіз та прогнозування є актуальним, що дозволить розробити нові способи діагностики, лікування і профілактики виникнення та прогресування порушень кардіореспіраторної системи та покращити якість життя у хворих даної категорії.

## Література

1. Анохин, П. К. Принципиальные вопросы общей теории функциональных систем [Текст] / П. К. Анохин // Принципы системной организации функций. – М.: Наука, 1980. – 195 с.
2. Асафова, Н. Н. Состояние вегетативных функций при физической работе и работоспособность человека [Текст] / Н. Н. Асафова. – Горький, 1989. – 22 с.
3. Александрин, В. А. Вегетативная регуляция дыхательной и сердечно-сосудистой систем у больных бронхиальной астмой: автореф. дис. ... канд. мед. наук [Текст] / Александрин В. А.; СПб. гос. мед. ун-т им. И. П. Павлова. – СПб, 2003. – 16 с.

4. Баевский, Р. М. Оценка адаптационных возможностей организма и риска развития заболеваний / Р. М. Баевский, А. П. Берсенева. — М. : Медицина, 1997. — 265 с.
5. Применение эргоспирометрии для оценки нарушений функции дыхания в реабилитации пульмонологических пациентов [Текст] / С. А. Бедрицкий [и др.] // 15-й Национальный конгресс по болезням органов дыхания : сборник резюме. — М., 2005. — С. 123.
6. Волков, Н. И. Кислородный запрос и энергетическая стоимость напряженной мышечной деятельности человека [Текст] / Н. И. Волков, И. А. Савельев // Физиология человека. — 2002. — № 4. — С. 80–93.
7. Гаврисюк, В. К. Анализ перспектив применения функциональных тестов с ходьбой у больных хроническими заболеваниями легких / В. К. Гаврисюк, А. И. Ячник, Е. А. Беренда // Укр. пульмонолог. журнал. — 2004. — № 3. — С. 46–50.
8. Гаврисюк, В. К. Нарушения сердечно-сосудистой системы у больных бронхиальной астмой [Текст] / В. К. Гаврисюк // Укр. пульмонолог. журн. — 2000. — № 2 (додаток). — С. 31–32.
9. Гембицкий, Е. В. Нарушение холинергической регуляции у больных бронхиальной астмой [Текст] / Е. В. Гембицкий, Л. М. Печатников // Терапевт. архив — 2009. — № 4. — С. 9–13.
10. Значение функциональных дыхательных проб в дифференциальной диагностике дыхательной и сердечной недостаточности [Текст] / О. В. Гришин [и др.] // Терапевт. арх. — 1999. — № 4. — С. 13–17.
11. Елфимов, А. И. Физиологические особенности адаптивных реакций кардиореспираторной системы человека в различных условиях среды обитания : дис. ... д-ра мед. наук. [Текст] / А. И. Елфимов — М. : Здоровье, 1996. — 331 с.
12. Исаев, Г. Г. Регуляция дыхания при мышечной работе [Текст] / Г. Г. Исаев — Л. : Наука, 1990. — 120 с.
13. Канаев, Н. Н. Особенности реакции дыхания на физическую нагрузку [Текст] / Н. Н. Канаев // Руководство по клинической физиологии дыхания. — Л. : Медицина, 1980. — С. 233–261.
14. Кириллов, М. М. Влияние медикаментозной терапии бронхиальной астмы на систему микроциркуляции и гемостаз [Текст] / М. М. Кириллов, И. В. Присяжнюк, Т. Г. Шаповалова // Пульмонология. — 2002. — Т. 12, № 2. — С. 17–21.
15. Клемент, Р. Ф. Функционально-диагностические исследования в пульмонологии [Текст] / Р. Ф. Клемент, Н. А. Зильбер. Метод. рекомендации. — СПб., 1993. — 150 с.
16. Колошко, О. М. Вплив перебігу бронхіальної астми на стан та функції серцево-судинної системи [Текст] / О. М. Колошко // Укр. пульмонолог. журн. — 1999. — № 4. — С. 64–69.
17. Минеев, В. Н. Влияние физической нагрузки на мембранорецепторный комплекс эритроцитов и диффузионную способность легких при бронхиальной астме [Текст] / В. Н. Минеев, Ю. Д. Рабик, С. Ф. Клименкова // Сборник резюме 14-го Национального конгресса по болезням органов дыхания. — М., 2004. — 120 с.
18. Марченко, В. Н. Механизмы нейровегетативной регуляции кардиореспираторной системы у больных бронхиальной астмой и пути коррекции выявленных нарушений: автореф. ... д-ра мед. наук [Текст] / В. Н. Марченко. — СПб.: Изд-во «НИИХ СПбГУ», 2004. — 38 с.
19. Влияние различных факторов на ВНС у больных бронхиальной астмой [Текст] / И. П. Маркова [и др.] // 9-й Национальный конгресс по болезням органов дыхания. — М., 1999. — С. 31.
20. Влияние бронхообструктивного синдрома на показатели суточного мониторинга артериального давления [Текст] / Л. И. Ольбинская, А. А. Белов, О. А. Цветкова, Н. А. Лакшина // Пульмонология. — 2001. — № 3. — С. 20–25.
21. Преварский, Б. П. Клиническая велоэргометрия [Текст] / Б. П. Преварский, Г. А. Буткевич — К. : Здоров'я, 1985. — 80 с.
22. Синицина, Т. М. Факторы, влияющие на выполнение физической работы у больных бронхиальной астмой [Текст] / Т. М. Синицина, С. Ф. Клименкова, Ю. Д. Рабик // Сборник тезисов докладов VI Булатовских чтений, посвященных 100-летию кафедры госпитальной терапии им. акад. М. В. Чернуцкого СПбГМУ им. акад. И. П. Павлова. — СПб., 2001. — С. 34–35.
23. Мышечные механизмы снижения физической работоспособности при хронической сердечной недостаточности и влияние на них β-адреноблокаторов [Текст] / А. Л. Сыркин [и др.] // Кардиология. — 2005. — № 10. — С. 31–38.
24. Убайдуллаев, А. М. Состояние газообмена при физической нагрузке в прогнозе развития диастолической дисфункции желудочков сердца [Текст] / А. М. Убайдуллаев, С. С. Мирзахамидова, Ф. У. Исмаилова // Пульмонология. — 2004. — № 2. — С. 108–111.
25. Фещенко, Ю. И. Динаміка колонізуючої мікрофлори верхніх дихальних шляхів у хворих на бронхіальну астму в процесі лікування [Текст] / Ю. И. Фещенко, Л. М. Курик // Астма та алергія. — 2011. — № 3. — С. 5–8.
26. Фещенко, Ю. И. Сравнительные данные про распространенность болезней органов дыхания и медицинская помощь больным с болезнями пульмонологического и аллергологического профиля в Украине за 2011 год [Электронный ресурс]. — Режим доступа : <http://www.ifp.kiev.ua/doc/staff/pulm>.
27. Фещенко, Ю. И. Современная стратегия ведения бронхиальной астмы [Текст] / Ю. И. Фещенко, Л. А. Яшина // Астма та алергія. — 2007. — № 3–4. — С. 8–11.
28. Глобальная стратегия лечения и профилактики бронхиальной астмы [Текст] / Под ред. А. Г. Чучалина. — М. : Изд-во «Атмосфера», 2002. — 160 с.
29. Качество жизни у больных бронхиальной астмой и хронической обструктивной болезнью легких [Текст] / А. Г. Чучалин [и др.]. — М. : Атмосфера, 2004. — 254 с.
30. Чучалин, А. Г. Одышка: патофизиологические и клинические аспекты [Текст] / А. Г. Чучалин // Пульмонология. — 2004. — № 5. — С. 6–16.
31. Чичерина, Е. Н. Состояние сердечно-сосудистой системы у больных бронхиальной астмой различной степени тяжести [Текст] / Е. Н. Чичерина, В. В. Шипицына // Проблемы туберкулеза и болезней легких. — 2003. — № 8. — С. 25–28.
32. Шмелев, Е. И. Бронхообструктивный синдром — универсальное патологическое состояние в пульмонологии [Текст] / Е. И. Шмелев // Пульмонология и аллергология. — 2006. — № 1. — С. 3–8.
33. Ячник, А. И. Возможности эргоспирометрии в ранней диагностике нарушений кровообращения у больных хроническим обструктивным заболеванием легких [Текст] / А. И. Ячник // Укр. пульмонолог. журнал. — 2006. — № 2. — С. 61–65.
34. ATS Statement : Guidelines for the Six-Minute Walk Test [Text] // Am. J. Respir. Crit. Care Med. — 2002. — Vol. 166. — P. 111–117.
35. Astrand, I. Aerobic work capacity in men and women with special reference to age [Text] / I. Astrand // Physiol. Scand. Suppl. — 1960. — Vol. 49. — P. 1–92.
36. Bentley, D. J. Comparison of W(peak), VO<sub>2</sub>(peak) and the ventilation threshold from two different incremental exercise test : relationship to endurance performance [Text] / D. J. Bentley, L. R. McNaughton // Sci. Med. Sport. — 2003. — Vol. 6. — P. 422–435.
37. Basic mechanisms of development of airway structural changes in asthma [Text] / E. D. Fixman [et al.] // Eur. Respir. J. — 2007. — Vol. 29. — P. 379–389.
38. Buland, R. J. Two-, six- and 12-minute walking tests in respiratory disease [Text] / R. J. Buland, J. Pang, E. R. Gross // BMJ. — 1982. — Vol. 284. — P. 1607–1608.
39. Global Strategy for Asthma Management and Prevention, Global Initiative for Asthma (GINA) [Электронный ресурс] / National Institutes Of Health : National Heart, Lung, and Blood Institute — 2011. — 124 p. — Режим доступа : <http://www.ginasthma.org>.
40. Normal standards for an incremental progressive cycle ergometer test [Text] / N. L. Jones [et al.] // Am. Rev. Respir. Dis. — 1985. — Vol. 131. — P. 700–708.
41. Conditions Associated With an Abnormal Nonspecific Pattern of Pulmonary Function Tests [Text] / R. E. Hyatt [et al.] // Chest. — 2009. — Vol. 135. — P. 419–424.
42. Relations of Oxygen Uptake to Work in Normal Men and Men with Circulatory Disorders [Text] / J. E. Hansen [et al.] // Am. J. Cardiol. — 1987. — Vol. 59. — P. 669–674.
43. Hansen, J. E. Predicted values for clinical exercise testing [Text] / J. E. Hansen, D. Y. Sue, K. Wasserman // Am. Rev. Respir. Dis. — 1984. — Vol. 129. — P. 49–55.

44. *Influence of the incremental step size in work rate on exercise response and gas exchange in patients with pulmonary hypertension* [Text] / S. Glaser [et al.] // BMC Pulm. Med. – 2008. – Vol. 8. – P. 3–9.
45. *A link between chronic asthma and chronic infection* [Text] / R. J. Martin [et al.] // J. Allergy Clin. Immunol. – 2001. – Vol. 107. – P. 595–601.
46. *Standardisation of spirometry* [Text] / M. R. Miller [et al.] // Eur. Respir. J. – 2005. – Vol. 26. – P. 319–338.
47. *Recommendations on the use of exercise testing in clinical practice* [Text] / P. Palange [et al.] // Eur. Respir. J. – 2007. – Vol. 29. – P. 185–209.
48. *Normal Values in Adults During Exercise Testing* [Text] / D. Y. Sue [et al.] // Chest Clinical North Am. – 1984. – Vol. 5. – P. 89–98.
49. *Normal and Abnormal Cardiopulmonary Response to Exercise* [Text] / M. Zaltzman [et al.] // Cardiology. – 1986.
50. *Cahalín, L. The relationship of the 6-min walk test to maximal oxygen consumption in transplant patients with end-stage lung disease* [Text] / L. Cahalín, P. Pappagianopoulos, S. Prevost // Chest. – 1995. – Vol. 108. – P. 452–459.
51. *Carter, R. 6-minute Walk Test for Assessment of Functional Capacity in Patient With COPD* [Text] / R. Carter, D. B. Holiday, C. Nwasuruba // Chest. – 2003. – Vol. 123. – P. 1408–1415.
52. *Clinical exercise testing with reference to lung diseases: indications, standardization and interpretation strategies* [Text] / Roca J. [et al.] // Eur. Respir. J. – 1997. – Vol. 10. – P. 2662–2689.
53. *Donnelly, J. E. Estimation of peak oxygen consumption from a sub-maximal half mile walk in obese females* [Text] / J. E. Donnelly, D. J. Jacobsen, J. M. Jakicic // Int. J. Obes. Relat. Metab. Disord. – 1992. – Vol. 16. – P. 585–589.
54. *Dyer, C. A. The incremental shuttle walking test in elderly people with chronic airflow limitation* [Text] / C. A. Dyer, S. J. Singh, R. A. Stockley // Thorax. – 2002. – Vol. 57. – P. 34–38.
55. *Enright, P. L. Reference equations for the six-minute walk in healthy adults* [Text] / P. L. Enright, D. L. Sherrill // Am. Respir. Crit. Care Med. – 1998. – Vol. 158. – P. 1384–1387.
56. *Enright, P. L. The six-minute walk test* [Text] / P. L. Enright // Respir. Care. – 2003. – Vol. 48, № 8. – P. 783–785.
57. *Jones, N. L. Exercise limitation in health and disease* [Text] / N. L. Jones, K. J. Killian // N. Engl. J. Med. – 2000. – Vol. 343. – P. 632–641.
58. *International variation in the prevalence of COPD (the BOLD study): a population-based prevalence study* [Text] / A. S. Buist [et al.] // Lancet. – 2007. – Vol. 370. – P. 741–750.
59. *ERS Task Force on Standardization of Clinical Exercise Testing. Clinical exercise testing with reference to lung disease: indications, standardization and interpretations strategies* [Text] // Eur. Respir. J. – 1997. – Vol. 10. – P. 2662–2689.
60. *Cardiopulmonary exercise testing in unexplained dyspnea* [Text] / S. E. Gay [et al.] // Clinical exercise testing. – Basel, Switzerland: Karger, 2002. – P. 81–88.
61. *An exercise challenge for epidemiological studies of childhood asthma: validity and repeatability* [Text] / M. M. Haby [et al.] // Eur. Respir. J. – 1995. – Vol. 8. – P. 729–736.

#### КАРДИОПУЛЬМОНАЛЬНОЕ ТЕСТИРОВАНИЕ БОЛЬНЫХ БРОНХИАЛЬНОЙ АСТМОЙ

Л. М. Курик, А. И. Адамчук, А. А. Канарский,  
И. П. Турчина, Е. И. Крылач, М. Б. Сингаевский

##### Резюме

На сегодняшний день недостаточно данных о функциональной координации межсистемных связей центральной, легочной, кардиогемодинамики, гемореологии и гемостаза в физической активности больных БА, ведь они составляют макро- и микроуровневые системы кровотока, играющие в организме человека основную и организующую роль. Учитывая актуальность восстановительного лечения и физической реабилитации больных БА, особый интерес представляют вопросы определения способности пациентов к предельным физическим усилиям, т.е. физической работоспособности. Существует много разновидностей клинических нагрузочных тестов для объективной оценки функциональных резервов организма. С использованием одних

можно получить основную информацию – эти методы просты в исполнении и не требуют специального оснащения, другие дают полную оценку функции всех систем, задействованных в выполнении пробы, и требуют сложного оборудования. В настоящее время предпочтение отдается велоэргометрии и тредмилу, поскольку они позволяют точно дозировать нагрузку и обеспечивают участие в работе крупных групп мышц.

Кардиопульмональное тестирование с нагрузкой все чаще используется в клинической практике для диагностики заболеваний, сопровождаемых одышкой при физической нагрузке и снижением толерантности к физической нагрузке. Результаты пробы позволяют объективно оценить функциональные резервы организма, получить важную информацию о каждой из систем, участвующих в выполнении физической нагрузки. Нагрузочное тестирование является основным компонентом для оценки легочного восстановления у больных хронической обструктивной болезнью легких, бронхиальной астмой и другими хроническими болезнями легких.

Проведение тестирования с физической нагрузкой у больных бронхиальной астмой, его анализ и прогнозирование актуально, что позволит разработать новые способы диагностики, лечения и профилактики возникновения и прогрессирования нарушений кардиореспираторной системы и улучшить качество жизни у данной категории больных.

**Ключевые слова:** бронхиальная астма, кардиопульмональное тестирование, кардиореспираторная система, физическая активность.

Научно-практический журнал «Астма и Аллергия», 2013, №3

#### CARDIOPULMONARY TESTING OF PATIENTS WITH BRONCHIAL ASTHMA

L. M. Kuryk, O. I. Adamchuk, O. A. Kanarskyi,  
I. P. Turchyna, O. I. Krylach, M. B. Synhaievskyi

##### Summary

Currently, we lack data on functional coordination of inter-system connections among central, pulmonary system, cardiohemodynamics, hemorheology and homeostasis in physical activity of patients with BA, as these comprise the macrolevel and microlevel of blood circulatory system that play main and organizing roles in a human body. With a view of topicality pertaining to remedial treatment and physical rehabilitation of patients with BA, the issues of determining the patients capacity to maximum exercise, i.e. physical working capacity, are of particular interest. There are many kinds of clinical exercise tests developed for objective estimation of the body functional reserves. Some tests are simple and do not require any special equipment, however, they give general information; others give full estimation of all system functions involved in the exercise, but they require complex equipment. Preferences are currently given to bicycle ergometry and treadmill, as they allow for precise amount of exercise and ensure working of large ground of muscles.

Cardiopulmonary exercise testing is increasingly often used in clinical practice to diagnose diseases with panting during exercise and reduced tolerance to exercise. Test results allow for objective assessment of body functional reserves, gaining of valuable information about each system involved in the test, and identification of mechanisms that limit making the exercise. Exercise test is a basic component required to assess lung restoration in patients with chronic obstructive pulmonary disease (COPD), BA and other chronic pulmonary diseases.

Exercise testing of patients with bronchial asthma, its analysis and forecasts are of immediate interest, as it will allow for development of new methods to diagnose, treat and prevent appearance and progression of cardiorespiratory disorders, and allow for improved quality of life in this category of patients.

**Key words:** bronchial asthma, cardiopulmonary testing, cardiorespiratory system, physical activity.

Theoretical and practical J. «Asthma and Allergy», 2013, 3