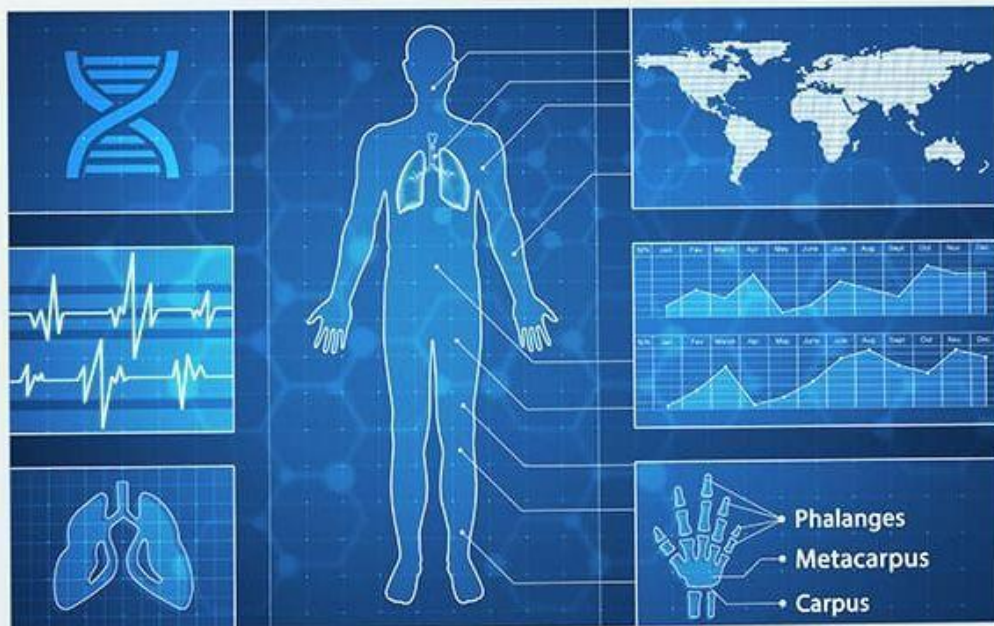


ДУ «Інститут охорони здоров'я дітей та підлітків
Національної академії медичних наук України»



Рак Л.І., Єщенко А.В.,
Кашіна-Ярмак В.Л., Мужановський В.Ю.

ФУНКЦІОНАЛЬНА ДІАГНОСТИКА У ДІТЕЙ ПІДЛІТКОВОГО ВІКУ

навчальний посібник

Харків – 2023

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ МЕДИЧНИХ НАУК УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНА УСТАНОВА «ІНСТИТУТ ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я ДІТЕЙ ТА
ПІДЛІТКІВ НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ МЕДИЧНИХ НАУК УКРАЇНИ»

Рак Л.І., Щенко А.В., Кашіна-Ярмак В.Л., Мужановський В.Ю.

ФУНКЦІОНАЛЬНА ДІАГНОСТИКА У ДІТЕЙ ПІДЛІТКОВОГО ВІКУ

навчальний посібник для лікарів загальної практики-сімейної медицини,
педіатрів, фахівців функціональної діагностики, наукових співробітників

Харків – 2023

Заклад розробник: Державна Установа «Інститут охорони здоров'я дітей та підлітків Національної академії медичних наук України» (ДУ «ІОЗДП НАМН»)

Автори:

Рак Лариса Іванівна — доктор медичних наук, старший науковий співробітник, завідувач відділення педіатрії і реабілітації ДУ «ІОЗДП НАМН»;

Єщенко Алла Валентинівна — кандидат медичних наук, доцент кафедри педіатрії № 3 та неонатології ННПО ХНМУ, старший науковий співробітник відділення педіатрії і реабілітації ДУ «ІОЗДП НАМН»;

Кашіна-Ярмак Вікторія Леонідівна — кандидат медичних наук, доцент кафедри педіатрії Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, старший науковий співробітник відділення педіатрії і реабілітації ДУ «ІОЗДП НАМН»;

Мужановський Віталій Юрійович — аспірант відділення педіатрії і реабілітації ДУ «ІОЗДП НАМН».

Рецензенти:

Гончарь Маргарита Олександрівна — доктор медичних наук, професор, завідувачка кафедри педіатрії № 1 і неонатології Харківського національного медичного університету;

Савіна Майя Василівна — доктор медичних наук, професор, професор кафедри неврології, психіатрії, наркології та медичної психології Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна.

Затверджено Вченою Радою 4 жовтня 2022 р., протокол № 6

ЗМІСТ

Перелік умовних скорочень	5
Список питань по темі для первинного контролю знань	8
Вступ. Особливості підліткового віку	9
Поняття про функціональну діагностику	14
Класифікація функціональних проб	18
Показання до проведення проб із дозованим фізичним навантаженням	21
Протипоказання до проведення проб	24
Підготовка до проведення дослідження	26
Критерії припинення проведення проби	28
Загальні принципи проведення функціональних проб	31
Функціональна діагностика стану серцево-судинної системи	32
Діагностичні дослідження без додаткового навантаження	32
Холтерівське моніторування ЕКГ	33
Добове моніторування АТ	34
Адаптаційний потенціал за методикою Р.М.Баєвського	37
Варіабельність серцевого ритму	39
Діагностичні дослідження з дозованим навантаженням	45
Функціональні проби з фізичним навантаженням	45
Проба Руф'є	47
Тест з 6-хвилинною ходьбою	50
Проба Мартіне-Кушелєвського	54
Комбінована проба Летунова	59
Поняття про фізичну працездатність	61
Степ-тест	64
Велоергометрія	68
Тредміл	84
Розрахункові показники серцево-судинної адаптації	92
Ендотеліальні проби	106
Електрофізіологічне дослідження	108
Проби з медикаментозними препаратами	109
Функціональна діагностика стану дихальної системи	114
Функціональні проби зовнішнього дихання	114
Спірометрія	117
Об'ємні показники дихання	119
Швидкісні показники дихання	124
Показники легеневої вентиляції	126
Пневмотахометрія	130

Спіроергометрія	130
Методи газового аналізу	130
Проба з гіпервентиляцією	131
Проба на бронхоконстрикцію	132
Дослідження функціонального стану м'язів	133
Функціональна діагностика стану нервової системи	137
Функціональна діагностика вегетативної нервової системи	138
Дослідження вегетативного тону	138
Дослідження вегетативної реактивності	142
Дослідження вегетативного забезпечення діяльності	147
Функціональна діагностика периферичної нервової системи	152
Функціональна діагностика центральної нервової системи	155
Сила нервових процесів	155
Рухливість нервових процесів	158
Швидкість нервових реакцій	158
Врівноваженість нервових процесів	159
Дослідження координаційної функції нервової системи	161
Деякі інструментальні методи дослідження	163
Функціональна діагностика вищої нервової системи	164
Діагностика пам'яті	165
Діагностика уваги	167
Дослідження емоційного стану	169
Психологічний стрес-тест	172
Дослідження темпераменту	173
Функціональна діагностика стану органів чуття	179
Діагностика функцій зору	179
Діагностика функцій слуху	183
Діагностика смаку	184
Діагностика нюху	185
Діагностика шкірного сприйняття	186
Діагностика рівноваги	187
Фізична підготовленість у підлітковому віці	188
Висновки	190
Тестові питання для контролю засвоєння знань	191
Література	198

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

АГ – артеріальна гіпертензія
АП – адаптаційний потенціал
АТп – артеріальний тиск пульсовий
АТс – артеріальний тиск систолічний
ВІ – вегетативний індекс Кердо
ВІІ – вентиляційний індекс Гаріссона
Відх.ЖЄЛ – відхилення фактичної ЖЄЛ від належної ЖЄЛ
ВНС – вегетативна нервова система
ВПР – вегетативний показник ритму
ДО – дихальний об'єм
ЕЗВД – ендотеліязалежна вазодилатація плечової артерії
ЕКГ – електрокардіографія
ЕхоКГ – ехокардіографія
Євд – ємність вдиху
ЖЄЛ – життєва ємність легень
ЖІ – життєвий індекс
ЗЄЛ – залишкова ємність легень
ЗОЛ – залишковий об'єм легень
ЗПО – загальний периферичний опір
ІА – індекс адаптації
ІАт – індекс адаптації відновлення ритму
ІВідн – індекс відновлення
ІВР – індекс вегетативної рівноваги
ІГСТ – індекс гарвардського степ-тест
ІЕ – індексом економічності
ІЕВ – індекс енергетичних витрат
ІЕРС – індекс ефективності (економічності) роботи серця
ІнР – індекс інотропного резерву
Інверт. – індекс напруги у вертикальному положенні
Інгор. – індекс напруги у горизонтальному положенні
ІндГ – індекс гіпоксії
ІнР – інотропний резерв
Інссс – індекс напруги
ІПОДС – інтегральний показник оцінювання дихальної системи
ІР – індекс Руф'є
ІС – індекс Скібінського

ІТ_г – індекс Тіффно
ІХР – індекс хронотропного резерву
КВ – коефіцієнт витривалості (коефіцієнт Квааса)
КВідн – коефіцієнт відновлення
КВК – коефіцієнт використання кисню
КВРМ – коефіцієнт економічності витрачання резервів міокарда
КЕК – коефіцієнт ефективності (економічності) кровообігу
КР КОП – коефіцієнт реакції кліно-ортостатичної проби
КСНС – коефіцієнт сили нервової системи
КФСкр – коефіцієнт функціонального стану кардіореспіраторної системи
КФСссс – коефіцієнт функціонального стану серцево-судинної системи
КХ – коефіцієнт Хільденбранта
М – маса тіла
МВЛ – максимальна вентиляція легень
МЕТ – метаболічний еквівалент фізичної працездатності
МОШ – максимальна об'ємна швидкість повітря
МСК – максимального споживання кисню
НМЕТ – належний МЕТ
ОФВ1 – об'єм форсованого видиху за першу секунду
ПАНО – поріг анаеробного обміну
ПАПР – показник адекватності процесів регуляції
ПЕК – показник ефективності кровообігу
ППО – питомий периферичний опір
ПЯР – показник якості реакції серцево-судинної системи
Р – рівень працездатності м'язів
РД – резерв дихання
РОвид – резервний об'єм видиху
РТ – реактивна (ситуативна) тривожність
РФС – рівень фізичного стану
СНІ, ПД, ХР – серцевий навантажувальний індекс, подвійний добуток
СОШ – середня об'ємна швидкість форсованого видиху
ТР – сумарна потужність всіх компонентів спектру
ТСК – тип саморегуляції кровообігу
УІ, СІ – ударний (серцевий) індекс
УО, СОК – ударний (сistolічний) об'єм крові
фЖЄЛ – форсована життєва ємність легень
ФЗЄ – функціональна залишкова ємність легень
ФКГ – фонокардіографія
ФТ – формула темпераменту
ХМ – холтерівське моніторування

ХОД – хвилинний об'єм дихання
ХОД – хвилинний об'єм дихання
ХОК, СВ – хвилинний об'єм крові, серцевий викид
ХР – хронотропний резерв
ЦНС – центральна нервова система
ЧД – частота дихання
ЧСС – частота серцевих скорочень
 ΔR – приріст респіраторного коефіцієнта
6MWT – тест з 6-хвилинною ходьбою (Six Minute Walk Test)
АТд – артеріальний тиск діастолічний
ЕХС.СО₂ – величина неметаболічного «надлишку» вуглекислого газу
f – величина м'язової сили за динамометрією
FA – абсолютна сила м'язів
FR – індекс станової сили
L – довжина тіла
N – вік
PWC170 – фізична працездатність (physical working capacity)
Rраб. – величина дихального коефіцієнта
S – площі поверхні тіла
Твд – час затримки дихання на видиху
V – гострота зору;
Vo₂ – величина споживання кисню
Vc – об'єм серця
Vco₂ – величина виділення вуглекислого газу
W – потужність навантаження
Wвд – потужність вдиху
Wвид – потужність видиху
WЛЖ – потужність роботи лівого шлуночка серця

СПИСОК ПИТАНЬ ПО ТЕМІ ДЛЯ ПЕРВИННОГО КОНТРОЛЮ ЗНАНЬ

1. Визначення підліткового віку.
2. Морфофункціональні особливості дітей підліткового віку.
3. Що включає в себе комплексна оцінка стану здоров'я підлітків?
4. Загальні поняття про функціональні проби та їх значення в клінічній медицині.
5. Які функціональні проби застосовуються на практиці у якості скринінгових для підлітків?
6. Нормативи щодо частоти пульсу, артеріального тиску, електрокардіографічних показників у підлітків різного віку.
7. Як відбувається розподіл учнів на медичні групи для занять фізкультурою в учбових закладах?
8. Від чого залежить фізична працездатність людини?
9. Поняття про функціональні можливості-серцево-судинної системи.
10. Що містить у собі поняття «функціональні можливості системи дихання»?
11. Значення вегетативної нервової системи в організмі людини.
12. Ознаки вегетативної дисфункції у підлітковому віці.
13. Основні функції центральної нервової системи, причини їх порушень у підлітків.
14. Значення оцінки вищої нервової діяльності у підлітків під час проведення профорієнтаційної лікарської консультації.

ВСТУП. ОСОБЛИВОСТІ ПІДЛІТКОВОГО ВІКУ

Діти підліткового віку знаходяться на межі дитинства та дорослості. Термін «підлітковий» походить від латинського слова «*adolescere*», тобто «рости». Цей період життя характеризується значними анатоמו-морфологічними, фізичними та психологічними змінами, які поступово призводять до формування статевозрілої, працездатної, соціально і психологічно повноцінної людини. ВООЗ визначає підлітковий вік у межах 10–19 років. Але його умовні хронологічні терміни зараз дискутуються та можуть варіювати у різних країнах, у середньому становлячи з 10 до 24 років життя. Перш за все, це обумовлено тим, що вік статевого дозрівання наразі поступово зменшується, а нейрокогнітивне становлення (особливо у високорозвинених країнах) відбувається дещо пізніше. Сучасне покоління віком 10–24 років є найбільшим в історії, нараховує приблизно 1,8 мільярда людей та складає майже чверть населення світу.

Пубертатний період складається з серії окремих, але взаємопов'язаних гормональних каскадів, які складаються з адренархе (активація гормонів стресу надниркових залоз, яка починається у віці від 6 до 9 років), стрибка росту та гонадархе (коли гонадотропіни гіпофіза викликають зміни гонад). Терміни біологічного дозрівання сигналізують про вступ у підлітковий вік. У популяціях, які добре харчуються, пік швидкості зростання настає приблизно у віці 11 років у дівчаток і 13 років у хлопчиків. 50 % дівчат мають ознаки телархе (початок росту молочних залоз) у віці 10 років і менархе (пізня фаза пубертатного періоду у дівчаток) приблизно у 12–13-річному віці. Завершення зростання і розвитку організму, соціальне становлення особистості та досягнення повної фізіологічної зрілості відбувається у підлітків у пост пубертатному періоді. Кінець періоду статевого дозрівання об'єднується з юнацьким віком, протягом якого поступово завершується соматичний ріст (у дівчат приблизно до 19 років, у юнаків — до 24 років).

У пубертаті організм зазнає значних кількісних та якісних фізіологічних змін з різкою перебудовою більшості органів і систем. Відповідно у цей час змінюються і функціональні можливості людини.

Підлітковому віку морфологічно притаманний період прискореного росту, так званий пубертатний стрибок, який передує бурхливому статевому дозріванню. У хлопців швидке зростання відбувається в середньому на 2 роки пізніше, ніж у дівчат. Швидкість росту підлітків може бути майже однаковою зростанню малюків — приблизно 10 см на рік для чоловіків та 9 см на рік для жінок. У цей же час також значно збільшується вага тіла. З початком пубертатного періоду під дією статевих гормонів починає формуватися чоловічий і жіночий типи статури. Наприклад, у хлопців ширина плечей буде перевищувати ширину тазу, а у дівчат навпаки. Прискорене зростання різних частин тіла відбувається в різний час, але для всіх підлітків воно має досить регулярну послідовність. Першими інтенсивно ростуть голова, кисті і стопи, потім збільшуються проксимальні ділянки рук і ніг, надалі відбувається зростання тулубу і плечей. Такий нерівномірний ріст визначає на певному етапі непропорційність тіла.

Гетерохронність дозрівання організму підлітків на всіх етапах його розвитку пояснює нерівномірність темпів розвитку окремих систем, органів і різних функцій одного й того ж органу. Це слід враховувати під час визначення функціональних можливостей. Гетерохронія у розвитку органів і систем зумовлює зниження витривалості й адаптації організму до навантажень.

Статевий диморфізм визначає неоднакові темпи розвитку м'язової, дихальної, серцево-судинної систем та обумовлюють різницю у фізичній працездатності дівчаток та хлопчиків.

Під час статевого дозрівання юнаки нарощують м'язи набагато швидше, ніж дівчата, хоча обидві статі відчувають швидкий розвиток м'язів. У дівчат в 16–17 років сила м'язів стає рівною силі дорослої жінки, тоді як у юнаків затримується розвиток м'язової сили до 20-річного віку та старше. Зростання м'язів в довжину відбувається повільніше, ніж зростання кісток. Однак зростання м'язів в довжину відбувається повільніше, ніж зростання кісток. Це обумовлює незручність, неповороткість і порушення координації рухів у підлітків. Витривалість розвивається трохи повільніше, ніж сила. У пубертатному періоді відбувається структуризація моторних можливостей і моторної спритності. Збільшення жиру

в організмі є набагато більш значним для дівчат (особливо безпосередньо перед статевим дозріванням). Співвідношення між м'язами та жиром серед хлопців у постпубертатному віці становить приблизно 3:1, серед дівчаток — близько 5:4. Це деякою мірою пояснює статеві відмінності в спортивних показниках.

Сполучна тканина у пубертаті не досягає морфофункціональної зрілості. Це призводить до слабкості зв'язкового апарату, що клінічно проявляється нестійкістю та порушеннями постави, гіпермобільністю суглобів, рухливістю внутрішніх органів, плоскостопістю, розвитком міопії тощо.

Особливістю органів дихання у пубертатному віці є їх бурхливий ріст і розвиток. Відбувається інтенсивний розвиток грудної клітини, дихальних м'язів, зростання зон і сегментів легень, збільшення розмірів ацинусів, еластичних і м'язових волокон у стінках альвеол і міжальвеолярних просторах. Для підлітків характерна нерівномірність дихального ритму, частота дихання коливається від 16 до 22 за 1 хв. Зростає сила дихальних м'язів, що сприяє збільшенню резервних можливостей вентиляційної системи легень, виникає відносна гіпервентиляція. Швидке збільшення об'єму серця, порівняно з ростом об'єму судин, а також вегетативно-ендокринні впливи зумовлюють підвищення судинного тону. Виникаюче в разі цього підвищення тону легневих судин призводить до зниження і нерівномірного розподілу кровообігу в легенях. У підлітків збільшується частка альвеолярної вентиляції в хвилинному об'ємі дихання, наростає інтенсивність поглинання кисню і виділення вуглекислого газу в легенях, збільшується вентиляційно-перфузійне співвідношення в нижніх відділах легень. На початку пубертату тимчасово погіршується якість кисневих режимів. Коефіцієнт використання кисню у підлітків нижче, ніж у дорослих. Постачання тканин киснем є менш ефективним і ощадливим, ніж у дорослих. Темпи, ступінь розвитку, компенсаторні можливості дихальної системи залежать від відповідності її розвитку ступеню статевого дозрівання. За невідповідності дихальної системи і статевого дозрівання, як правило, страждає кисневий режим і підвищується напруга дихальної системи під час навантаження.

Організм підлітка високочутливий до впливу кисневої нестачі. Але система забезпечення транспортування кисню до тканин досягає зрілості не раніше 16–17 років. У підлітків має місце зниження витривалості та більш тривале відновлення організму після підвищеного навантаження. Характерною є невідповідність між високою потребою в кисні і зниженням економічності регулювання системи дихання. Це призводить до зниження адаптації до гіпоксії. А порушення регуляції дихання за вегетативної дисфункції може призводити до прискорення ритму і зниження дихального об'єму, що сприяє ослабленню дихальних шумів; у деяких підлітків за астеничної статури може визначатися нерівномірне переривчасте дихання та посилювати гіпоксію.

Значних змін у підлітковому віці зазнає серцево-судинна система. Відбувається інтенсивний ріст серця у довжину та ширину, збільшується об'єм його порожнин, відбувається диференціювання гістоструктури міокарду, ендокарду і нервової тканини серця. Ці зміни призводять до збільшення сили та толерантності до фізичних вправ. Статевий диморфізм яскраво проявляється в тому, що у чоловіків, як правило, мають місце більші розміри серця, вищий систолічний артеріальний тиск, нижчий пульс у спокої, більший вміст у крові гемоглобіну і еритроцитів, а також здатність переносити кисень з кров'ю, більша потужність до нейтралізації хімічних продуктів м'язових вправ.

У препубертатному віці відзначаються досить рівномірний ріст і розвиток серця і судин, але об'єм серця дещо відстає від сумарного об'єму просвіту судин. У пубертатному періоді інтенсивно наростає об'єм і маса серця. Але інтенсивність наростання маси серця відстає від темпів росту всього організму. У розвитку і рості серця також відбивається гетерохронія і статевий диморфізм. За період статевого дозрівання об'єм серця майже подвоюється, а товщина стінок його зростає повільніше; шлуночки збільшуються швидше, ніж передсердя. У дівчаток інтенсивне наростання об'єму серця починається раніше, ніж у хлопчиків, і швидше закінчується. Ріст серця у юнаків може продовжуватися до 20 років. У підлітковому віці кардіоміоцити мають найбільшу ширину, найбільший розмір ядер, але відношення площі ядер до площі клітин міокарда мінімальне, порівняно

з іншими віковими групами, отже міокард є недосконалим. Збільшення м'язової сили міокарда сприяє економізації діяльності серцево-судинної системи підлітків, тобто зменшується кількість скорочень серця в разі збільшення ударного об'єму. Просвіт судин, зокрема магістральних, відстає від росту серця підлітка. Невідповідність між збільшенням обсягу серця, темпами зростання магістральних судин, відставанням росту аорти (фізіологічна її вузькість) призводять до зростання функціонального навантаження і появи функціональних шумів і неприємних відчуттів в області серця. Може з'являтися підвищена втомлюваність, схильність до непритомностей, виражена дихальна синусова аритмія.

У підлітків закінчується розвиток симпатoadреналової системи, до того ж розвиток адреналового відділу закінчується раніше, ніж симпатичного (норадреналового). Це призводить до підвищення артеріального тиску (у хлопців більше, ніж у дівчат). Іннервація серця досягає закінчення свого розвитку вже в пубертатному віці. Але нервова тканина за темпами розвитку відстає від міокарда.

Недосконалість міокарда, уповільнений ріст нервової тканини серця, нестійкість вегетативної нервової системи і відставання росту судин від росту серця за наявності нейроендокринних дисфункцій у пубертатному віці створюють передумови для виникнення відхилень функціональної здатності серцево-судинної системи, що межують із патологією.

Зміни росту, підвищена рухова і нервово-психічна активність можуть призводити до значної напруги в роботі нервової системи, особливо вегетативного її відділу, ендокринних залоз і обміну речовин.

Порушення окремих функцій серцево-судинної та дихальної систем у підлітків у першу чергу можуть бути зумовлені нестійкістю вегетативної нервової системи, нейроендокринними та водно-електролітними зрушеннями.

Гетерохронність і гармонійність росту і розвитку залежать як від чинників біологічного, так і соціального середовища. На функціональні можливості організму підлітків впливають: анатомо-фізіологічні характеристики, ступінь морфофункціональної зрілості, досягнутий фізичний розвиток, рівень фізичної підготовки, особливості харчування, фактори навколишнього середовища і, звичайно,

стан здоров'я. Інтенсивне зростання, різкі зміни структури і метаболічної активності організму в період статевого дозрівання сприяють підвищеній реактивності стосовно чинників зовнішнього і внутрішнього середовища.

Підлітковий вік часто називають природною функціональною навантажувальною спробою, коли дисбаланс гормонів на різних рівнях організму може викликати стани, за яких складно визначити, де межа між функціональним відхиленням і патологією.

Здоров'я визначається не тільки наявністю або відсутністю захворювань, але й гармонійним та відповідним віку розвитком. Типовою є залежність фізіологічних нормативів від біологічного, а не календарного віку. Характеристика стану здоров'я підлітків не може бути повноцінною без оцінювання функціональної здатності та резервних можливостей зростаючого організму. Інформація про фізичні показники та функціональні можливості підростаючого покоління дозволяє своєчасно виявити відхилення у стані здоров'я, визначити напрямок лікувально-профілактичних заходів і тактику подальшого спостереження, надати рекомендації щодо фізичного навантаження, нормування навчальної, трудової та спортивної діяльності.

ПОНЯТТЯ ПРО ФУНКЦІОНАЛЬНУ ДІАГНОСТИКУ

Функціональна діагностика дає можливість комплексно визначити функціональні здатності підлітка та резервні можливості зростаючого організму. Дозволяє виявити ступінь пристосування окремих органів і систем людини до впливів зовнішнього середовища (фізичного навантаження, кисневої недостатності, стресу тощо) чи внутрішніх факторів (нейрогуморальної та ендокринної перебудови в пубертаті, функціональних порушень, органічних захворювань та ін.).

Функціональна діагностика допомагає встановити стан механізмів компенсації різноманітних функцій за допомогою клінічних, лабораторних та інструментальних методів дослідження. Більшість розповсюджених у практиці досліджень — клінічний огляд; дані анамнезу; клінічні, біохімічні, імунологічні та інші лабораторні показники; інструментальні методи оцінки серцево-судинної, нервової та ендокринної систем, органів дихання, шлунково-кишкового тракту, гепатобіліарних шляхів, сечостатевої системи тощо — надають інформацію щодо функціональної здатності органів і систем у стані відносного спокою. Тобто характеризують стан організму з його внутрішніми процесами, на які впливають перш за все стан розвитку та здоров'я. Але для визначення здатності до адаптації, стійкості до зовнішніх впливів, можливостей фізичного навантаження, для виявлення «слабких місць» у життєвоважливих функціях, ранньої діагностики прогностично несприятливих станів необхідно проводити дослідження з активними подразнюючими стимулами, які б моделювали у лабораторних умовах певні (фізичні, емоційні, розумові, стресові тощо) життєві ситуації.

До функціональних досліджень, які оцінюють реакцію органів і систем на фактори впливу та виявляють ступінь адаптації організму і приховані порушення функцій відповідних органів або систем, відносяться функціональні проби.

Функціональна проба — це дозований вплив на організм того чи іншого фактору, який дозволяє вивчити реакцію фізіологічних систем та реакцій організму на конкретний подразник в умовах, наближених до реальних.

Функціональні проби засновані на впливі на організм того чи іншого навантаження.

Навантаження вважається фізіологічним стресом, який сприяє виявленню порушень з боку органів та систем організму, які не можливо виявити в стані спокою. Їх можна використовувати для оцінки функціонального стану серцево-судинної, дихальної, вегетативної та центральної нервової систем, стану кістково-м'язової системи, слухового, зорового аналізаторів тощо. Результати функціональних проб у дітей підліткового віку наразі все частіше використовуються не тільки з метою діагностики, але й для складання індивідуальних програм фізичного тренування.

Навантаження за способом впливу поділяються на фармакологічні (атропінова, калієва, обзиданова та інші проби) та нефармакологічні (проба з дозованим фізичним навантаженням, гіпоксична, ортостатична, інформаційна та ін.). З нефармакологічних проб у функціональній діагностиці найчастіше використовуються проби з фізичним навантаженням.

За механізмом впливу фізичні навантаження поділяються на ізометричні, ізотонічні (динамічні) та комбіновані (резистивні). Ізометричне чи статичне навантаження полягає у впливі на м'язи без виконання активних рухів (наприклад, утримання певної ваги, збереження певної пози та ін.). Зміни серцево-судинної системи при цьому полягають у підвищенні артеріального тиску без значних змін об'ємного наповнення лівого шлуночка. Ізотонічне чи динамічне навантаження викликає м'язове скорочення, яке призводить до руху (наприклад, присідання, біг, велоергометрія тощо). При цьому збільшується об'єм наповнення лівого шлуночка та хвилинний об'єм кровообігу (що супроводжується збільшенням споживання кисню) без значних змін артеріального тиску. Комбіновані чи резистивні навантаження складаються з поєднання статичного та динамічного компонентів (наприклад, підняття ваги та більшість видів спорту).

За інтенсивного фізичного навантаження максимально збільшується симпатична імпульсація та різко зменшуються парасимпатичні впливи. Системна вазоконстрикція не охоплює коронарні та церебральні судини. Подальше підвищення навантаження призводить до збільшення кровообігу у скелетних м'язах, значного збільшення споживання кисню, зменшення загального периферійного судинного

опору та підвищення систолічного і пульсового артеріального тиску. Після припинення фізичного навантаження гемодинаміка стабілізується до вихідного рівня. Терміни змін серцево-судинних показників та необхідного споживання кисню залежать від віку, статі, фізичного стану, ступеню тренуваності, рівню здоров'я підлітка, а також від виду та інтенсивності фізичного навантаження.

Толерантність до навантаження є інтегральним показником фізіологічних можливостей організму. Максимальна фізична працездатність до навантаження у здорових людей залежить від стану коронарного резерву, рівня тренуваності, а також умов навколишнього середовища під час проведення навантажувальної проби. Звичайно, на толерантність до навантаження істотно впливає стан системи кровообігу, дихальної та кістково-м'язової систем, стан загального здоров'я тощо. Вона відрізняється у дітей різного віку і статі, різної ваги і зросту. При оцінці толерантності до навантаження потрібно орієнтуватися на обсяг виконаної роботи, а не тільки на тривалість (кількість хвилин) навантаження.

Різні функціональні проби зазвичай використовують для дослідження функцій окремих органів чи систем. Відомо, що часто показники проб одночасно свідчать про функціональні можливості декількох систем, а інколи і організму в цілому. Це пояснюється тим, що робота тієї чи іншої вісцеральної системи знаходиться під значною нейрогуморальною регуляцією. Наприклад, пульсова реакція на фізичне навантаження може відображати функціональний стан серця, судинну реакцію, а також особливості вегетативної регуляції серцево-судинної системи. Комплексне оцінювання функціонального стану організму передбачає дослідження відразу декількох показників, які характеризують різні сторони життєдіяльності.

Результати досліджень у дітей підліткового віку оцінюються з урахуванням стану здоров'я та вікових характеристик. Важливими для об'єктивного визначення функціональної здатності організму є дані про фізичний та інтелектуальний розвиток дитини, фізіологічну адаптацію основних життєзабезпечуючих систем, становлення системи імунітету, регуляторний вплив нейрогуморальних та ендокринних складових у різні періоди підліткового віку; а також дані щодо минулих чи стійких відхилень у розвитку чи стані здоров'я.

КЛАСИФІКАЦІЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ПРОБ

Класифікація функціональних проб

I. За характером впливу:

- із м'язовим навантаженням;
- зі зміною положення тіла;
- із затримкою дихання;
- з психоемоційним навантаженням;
- вегетативні навантажувальні тести;
- зі зміною температури зовнішнього середовища;
- зі зміною атмосферного тиску;
- зі зміною складу повітря, що вдихається;
- з харчовим навантаженням;
- з призначенням фармакологічних препаратів.

II. За метою:

- діагностичні;
- для визначення ефективності лікування та/чи реабілітації;
- науково-дослідницькі.

III. За досліджуваною системою чи функцією:

- серцево-судинної системи;
- дихальної системи;
- вегетативної нервової системи;
- вищої нервової системи;
- сенсорної системи;
- м'язової системи;
- полісистемні;
- всього організму (дослідження фізичної працездатності) тощо.

IV. За необхідними інструментами проведення:

- з секундоміром;

- з тонометром;
- з ЕКГ;
- з ЕхоКГ;
- з РЕГ;
- з ЕЕГ;
- з монітором добового вимірювання АТ/ЕКГ;
- зі спірометром;
- з оксиметром;
- з пневмотахометром;
- з динамометром;
- з аудіометром;
- з ергометром;
- з тредмілом
- з використанням декількох інструментів та інші.

Детальна класифікація функціональних проб в залежності
від способу проведення

I. Проби з фізичними навантаженнями:

1. Залежно від часу реєстрації показників:

- а) проби на відновлення;
- б) тести на зусилля.

2. Залежно від кількості виконаних навантажень:

- а) одномоментні (проба Руф'є, проба Мартіне-Кушелєвського; 15-тисекундний біг);
- б) двомоментні (проба Короткова);
- в) трьохмоментні (комбінована проба Летунова та ін.).

3. Залежно від характеру виконуваних рухів:

- а) неспецифічні (використовуються рухи, характерні практично всім видам спорту — біг, присідання, педалювання, сходження на сходинку тощо);

б) специфічні (використовуються рухи, які імітують рухи конкретного виду спорту; наприклад, плавання для плавця, біг для бігуна та інше).

4. Залежно від інтенсивності виконуваних навантажень:

- а) максимальні;
- б) субмаксимальні (75 % і менше від максимальних);
- в) помірні (стандартні).

5. Залежно від умов проведення тестування:

- а) тестування в лабораторних умовах з використанням різних видів ергометрів;
- б) тестування в умовах спортивного або оздоровчого тренування.

II. Проби, пов'язані зі змінами умов навколишнього середовища.

1. Дихальні проби:

- а) із затримкою дихання під час вдиху (проба Штанге);
- б) із затримкою дихання під час видиху (проба Генчі);
- в) зі змінами газового складу вдихуваного повітря.

2. Температурні проби:

- а) холодна;
- б) теплова.

III. Проби зі зміною венозної реверсії крові до серця:

1. Проби зі змінами положення тіла у просторі:

- а) ортостатична (активна, пасивна);
- б) кліностатична.

2. Проби з напругою (проба Вальсальви, проби Флека і Бюргера).

IV. Харчові проби (аліментарні).

- 1. На толерантність до глюкози;
- 2. На виведення рідини та ін.

V. Фармакологічні проби (з калієм, атропіном та ін.).

Порівняльна оцінка навантажувальних проб представлена в таблиці 1.

Таблиця 1

Порівняльна оцінка деяких видів навантажувальних проб

Вид навантажувальної проби	Тредміл	Велоергометрія	Сходинки	Швидкий біг	Статичне навантаження
Відтворюваність результатів	++++	+++	++	+	++
Дозування у фізичних одиницях	+++	++++	++	+	++
Економічність	+	++	+++	++++	+++
Можливість використання в групах	++	++	+++	++++	+++
Використання природних навантажень	++	+	++	+++	++

ПОКАЗАННЯ ДО ПРОВЕДЕННЯ ПРОБ ІЗ ДОЗОВАНИМ ФІЗИЧНИМ НАВАНТАЖЕННЯМ

Виділяють основні показання для проведення проб з дозованим фізичним навантаженням для дослідження карді-респіраторного апарату та функціонального стану серцево-судинної системи у дітей та підлітків.

Кардіо-респіраторне тестування з фізичним навантаженням у дітей проводиться:

з діагностичною метою

- для оцінки здатності до аеробних вправ (VO_{2max}^1/VO_{2peak}^2)
- для оцінки лімітуючих факторів фізичного навантаження
- для оцінки серцевого ритму і ЧСС
- для оцінки реакції артеріального тиску
- для оцінки спричиненої фізичним навантаженням бронхоконстрикції або диспное
- для оцінки симптомів, які індукуються чи посилюються фізичним навантаженням (біль у грудях, задишка, підвищена втомлюваність)

з метою оцінки тяжкості захворювання

при захворюваннях серця:

- для оцінки аритмій, спричинених фізичним навантаженням, та порушень реполяризації
- для оцінки ішемії міокарда
- визначення показань до медикаментозного чи хірургічного втручання
- для оцінки ефективності хірургічної корекції
- для оцінки та оптимізації функції кардіостимулятора

при захворюваннях органів дихання:

- для оцінки порушень газообміну
- для оцінки загального легеневого газообміну
- для оцінки гіпоксії

з метою уточнення прогнозу

- для оцінки перебігу прогресуючого захворювання (для регулярного спостереження)
- для оцінки інших (додаткових) потенційних факторів, які сприяють обмеженню вправ

з метою перевірки серцево-легеневих функцій

- для оцінки придатності і встановлення базового рівню перед початком програми втручання
- для скринінгової оцінки перед операцією або перед лікуванням

з метою оцінювання ефекту від лікування

- для оцінки впливу ліків на реакцію на фізичне навантаження

Показання до проведення навантажувальних проб з оцінкою функціональних можливостей серцево-судинної системи у дітей

I клас:

1. оцінка фізичної працездатності дітей і підлітків з вродженими чи набутими аномаліями серця, оцінка динаміки стану після хірургічної корекції аномалій серця;
2. оцінка стану дітей та підлітків з симптомами стенокардії;
3. оцінка роботи електрокардіостимулятора при фізичному навантаженні;
4. оцінка функціонального стану молодих спортсменів, які мають симптоматику, зумовлену фізичним навантаженням;

IIA клас:

1. оцінка ефективності лікувальних заходів (медикаментозних та хірургічних) у дітей та підлітків з тахіаритміями, які провокувалися фізичним навантаженням;

2. оцінка тяжкості вроджених чи набутих уражень клапанів серця;
3. оцінка серцевого ритму при аритміях, ймовірно пов'язаних з фізичним навантаженням або виявлених під час проведення навантажувальної проби;

ІІБ клас:

1. обстеження дітей і підлітків, родичі яких у молодому віці померли раптовою смертю, пов'язаною з фізичним навантаженням;
2. спостереження за дітьми з ймовірним ураженням коронарних судин внаслідок захворювань подібних до хвороби Кавасакі чи системного червоного вовчака;
3. оцінка шлуночкової відповіді на навантаження дітей із вродженою повною атріовентрикулярною блокадою;
4. оцінка реакції на навантаженні дітей та підлітків, які отримують бета-адреноблокатори з метою аналізу адекватності призначеного лікування;
5. оцінка адаптації коригованого інтервалу QT, як додатковий засіб диференціальної діагностики вродженого синдрому подовженого інтервалу QT;
6. оцінка реакції артеріального тиску на навантаження після хірургічної корекції коарктації аорти;
7. оцінка кисневого забезпечення під час навантаження у дітей та підлітків з відносно компенсованими ціанотичними вадами серця

ІІІ клас:

1. оцінка резервних можливостей здорових дітей та підлітків перед направленням у спортивні секції;
2. обстеження дітей та підлітків з больовим синдромом у грудної клітині нестенокардитичного характеру;
3. оцінка передсердних і шлуночкових екстрасистолій у дітей та підлітків, які не мають інших захворювань.

Значимість показань за інформативністю і необхідністю проведення знижується від I до III класу (від абсолютно необхідних до необов'язкових).

Узагальнюючі показання для проведення функціональних проб з фізичним навантаженням у дітей та підлітків:

1. оцінка специфічних симптомів, що індукуються чи посилюються при фізичних навантаженнях;
2. оцінка або виявлення патологічної відповіді з боку серцево-судинної системи і системи органів дихання;
3. виявлення патологічних адаптивних реакцій у дітей з соматичною патологією;
4. оцінка ефективності медичних та хірургічних методів лікування;
5. визначення вихідних даних та ефективності проведення реабілітаційних заходів;
6. оцінка прогнозу захворювання;
7. оцінка функціонального стану і фізичної працездатності;
8. оцінка економічності використання функціональних резервів;
9. визначення резервних можливостей організму, особливо при наданні рекомендацій щодо занять спортом;
10. оцінка рівню фізичної підготовленості та визначення спортивних можливостей для вдосконалення майстерності.

ПРОТИПОКАЗАННЯ ДО ПРОВЕДЕННЯ ПРОБ

Протипоказання для проведення функціональних проб залежать від складності та важкості у виконанні певної проби.

Особливої обережності потребує застосуванні проб з фізичним навантаженням. Ризик зумовлений можливістю розвитку життєзагрозливих ускладнень під час проведення дослідження.

Протипоказання для проведення функціональних проб з дозованим фізичним навантаженням з у дітей та підлітків поділяють на абсолютні та відносні.

Абсолютні протипоказання:

- серцева недостатність II і III ступеня;
- обструкція вихідного тракту лівого шлуночка (гіпертрофічна кардіоміопатія, стеноз аорти);
- активні запальні процеси в серці (кардит, міокардит, ендокардит, перикардит);
- неконтрольовані шлуночкові порушення ритму I–IV;
- значна дихальна недостатність;
- клінічно виражені стійкі порушення функції ЦНС;
- інші позасерцеві причини, які не дають можливості застосовувати навантаження;
- незгода пацієнта/батьків тощо.

Відносні протипоказання:

- аневризма;
- артеріальна гіпертензія, якщо артеріальний тиск більше 180/100 мм рт. ст. (для підлітків старше 11 років), більше 160/80 мм рт. ст. (для дітей молодше 11 років);
- реконвалесценція після гострих і загострення хронічних інфекційних захворювань (1 місяць);

- тяжкі порушення серцевого ритму і провідності: мерехтіння чи тріпотіння передсердь, хронічна шлуночкова тахікардія, напади пароксизмальної шлуночкової тахікардії і фібриляції шлуночків в анамнезі із синкопе або без них, повна атріовентрикулярна блокада із ЧСС менше 40 уд./хв, синдром слабкості синусового вузла;

- гіпертермія;
- деякі серцеві вади (визначаються ступенем серцевої недостатності);
- важка форма цукрового діабету;
- тиреотоксикоз, мікседема, виражене ожиріння;
- хвороби суглобів, нервової чи нервово-м'язової системи тощо.

У деяких випадках питання про можливість і доцільність проведення функціональної проби вирішується індивідуально. Діапазон відносних протипоказань може бути зменшений при проведенні дослідження у спеціалізованому, достатньо оснащеному медичному закладі. За наявності відносних протипоказань до проведення проби рекомендовано обирати стандартне або субмаксимальне навантаження, що є більш безпечним і допомагає здійснити діагностичний пошук.

ПІДГОТОВКА ДО ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

Перед початком дослідження підліток та його батьки чи особи, що їх замінюють, повинні бути проінформовані про хід перебігу, цілі, користь і ризики запланованої функціональної проби. Дослідження тільки тоді буде діагностично інформативним, коли дитина зацікавлена у його правильному проведенні. Обов'язковим є підписання інформованої згоди.

З метою правильного стандартизованого виконанням навантажувальних проб необхідно здійснити наступні підготовчі заходи:

- Перед дослідженням уточнити, які препарати підліток приймає. За необхідності, припинити прийом медикаментів. Рекомендуються наступні терміни відміни препаратів: кордарон та серцеві глікозиди — не менше ніж за 14 днів до проведення тесту; антагоністи кальцію, бета-адреноблокатори (при різкій відміні може феномен рикошету), сечогінні засоби, інгібітори АПФ, седативні — за 48 годин; нітрати пролонгованої дії — за 12 годин та ін. Не скасовуються протидіабетичні препарати, антикоагулянти.

- Підліток не повинен їсти і курити протягом 2–3 год перед дослідженням. За необхідності допускається вживання рідини та легкий сніданок (не можна проводити проби натщесерце).

- Не рекомендують виконувати значні фізичні навантаження протягом принаймні 12 год до навантажувальної проби.

- Одяг і взуття досліджуваного повинні бути зручними для виконання навантажувальних проб.

- Встановити доброзичливі стосунки з обстежуваним пацієнтом. Пояснити хід випробування, якщо це потрібно, навчити виконанню завдання. Переконатися, що підліток усе зрозумів правильно.

- Попередити підлітка про необхідність негайного інформування щодо зміни самопочуття (втому, слабкість, запаморочення, головний біль та ін.), які виникли під час проведення проби.

- Приміщення, у якому проходить проба, повинно бути чистим, зовнішньо привабливим для дитини, добре вентильованим та освітленим.

Відомо, що при підвищенні температури навколишнього середовища може збільшуватися частота серцевих скорочень, швидше виникає відчуття втоми. Якщо вологість повітря перевищує 60 %, то серцево-судинна реакція на фізичне навантаження може значно змінюватися. Звичайно, висока вологість у поєднанні з високою температурою повітря знижує толерантність дитини до фізичного навантаження. Під час навантажувального тесту з газоаналізом необхідно враховувати атмосферний тиск і температуру, тому що гази розширюються за високої температури і низького атмосферного тиску і стискаються за холодного повітря і високого тиску. Тому приміщення для функціональних проб обов'язково повинно відповідати певним стандартним критеріям щодо температури повітря, вологості та атмосферного тиску. Усі ці фактори можуть впливати на функціонування серцево-судинної, дихальної систем, забезпечення організму киснем, функціонування слухового, зорового аналізаторів тощо.

- Приміщення для дослідження повинно бути досить просторим (в ідеалі не менше 40 м²) з температурою повітря 20–24 °С та відносною вологістю 50–60 %.
- При використанні інструментальної апаратури перед початком проби впевнитися у її справності та робочому стані.
- Під час тестування необхідно постійно спостерігати за правильністю виконання запропонованої проби.
- Точно і своєчасно реєструвати необхідних показники протягом виконання проби, в кінці фізичного навантаження або відразу ж після нього. Навіть мінімальна затримка у фіксації даних може призвести до неправильної інтерпретації результатів і помилкових висновків.
- При проведенні функціональних проб із субмаксимальним і, особливо, максимальним навантаженням у приміщенні повинні знаходитися медикаменти для невідкладної допомоги та обладнання для реанімації.
- Персонал, який приймає участь в дослідженнях, повинен бути підготовлений для проведення серцево-легеневої реанімації.

КРИТЕРІЇ ПРИПИНЕННЯ ПРОВЕДЕННЯ ПРОБИ

Навантажувальні проби вважаються безпечним методом дослідження для дітей, але інколи трапляються випадки ускладнень. Частіше вони пов'язані з різноманітними вегетативними розладами, з психологічною невідповідністю обстежуваного, але бувають і більш серйозні ситуації, обумовлені різними причинами, наприклад життєзагрозливими порушеннями ритму.

Лікар, який контролює перебіг функціональної проби, визначає обсяг дослідження, оцінює відповідність інтенсивності навантаження стану пацієнта, самопочуття обстежуваного та ступень втоми за ЧСС та за суб'єктивною шкалою Борга. Гуннар Борг запропонував шкалу для оцінки втоми під час фізичного навантаження на основі особистих відчуттів людини. В класичному варіанті застосовується шкала від 6 до 20 балів, модифікована шкала стала 10-бальною (табл. 2).

Таблиця 2

Шкала Борга

Оригінальна шкала Борга	Опис відчуттів від навантаження	Приклад з повсякденного життя	Модифікована шкала Борга
6	Стан спокою	Читання книг, перегляд TV	0
7	Дуже-дуже легке	Зав'язування шнурків	0,5
8			
9	Дуже легке	Праця, яка не потребує значних зусиль (складання одягу)	1
10			
11	Легке	Праця, яка потребує деяких зусиль, але не прискорює дихання (ходьба магазином)	2
12			
13	Помірно важке	Праця з помірними зусиллями, прискорений пульс і дихання, але без задихи (швидка ходьба)	3
14			
15	Важке	Праця, яка потребує енергійних зусиль, серце б'ється швидко, дихання часте (велоспорт, плавання)	4
16			
17	Дуже важке	Найвищий рівень активності, який можна підтримувати	5
18			6
19	Дуже-дуже важке	Фінішний ривок у гонці, який неможливо підтримувати довгий час	7
20			8
	Вкрай важке (близьке до максимального)		9
	Максимальне		10

20-ти бальна шкала для старших підлітків і дорослих може використовуватися, як орієнтир за серцевим ритмом. Помножуючи бал Борга на 10 отримують значення приблизно відповідне частоті серцевих скорочень при певному рівні фізичної активності (тобто, у спокої 60, при вкрай важкому навантаженні 200). Показник 15–16 балів свідчить про досягнення анаеробного порога. Важливим є виявлення невідповідності між рівнем фізичного навантаження та частотою пульсу.

Побічні явища, пов'язані з виконанням функціональної проби: втома, задишка, біль в області серця, диспное, блідість шкірних покривів, підвищення чи падіння артеріального тиску, порушення ритму серця, травми кістково-м'язової системи, пошкодження м'яких тканин, патологічні симптоми у більш пізні терміни після навантажувальної проби та інше.

Критерії для припинення проведення проби з фізичним навантаженням

Клінічні критерії:

- біль в області серця;
- виражена задишка, задуха, диспное;
- різко виражена втома;
- головний біль, запаморочення, ліпотімія;
- різка блідість, ціаноз шкірних покривів;
- слабкість, холодний піт;
- порушення координації рухів, атаксія;
- відмова дитини/батьків (осіб, що їх замінюють) від подальшого дослідження.

Гемодинамічні критерії:

• значне збільшення частоти пульсу при зниженні артеріального тиску у порівнянні з попереднім етапом навантаження. Навантаження може проводитися до ЧСС, що становить 75–90 % максимального прогнозованого. Дослідження припиняється при ЧСС, за якої досягається максимальне споживання кисню,

тобто максимальна фізична працездатність. American Heart Association визначає максимальну прогнозовану ЧСС для віку до 25 років 160 уд./хв;

- підвищення систолічного артеріального тиску > 160 мм рт. ст. (у дітей молодше 11 років), > 180 мм рт. ст. (у дітей 11 років і старше), падіння артеріального тиску по мірі зростання навантаження з симптомами слабкості, запаморочення;

- підвищення діастолічного артеріального тиску > 90 – 100 мм рт. ст., зниження діастолічного тиску > 10 мм рт. ст. нижче за вихідний;

- прогресивне падіння сатурації кисню.

ЕКГ критерії:

- поява або збільшення потенційно небезпечних порушень ритму і провідності (парні шлуночкові екстрасистоли, шлуночкова тахікардія, напад пароксизмальної тахікардії, миготлива аритмія, фібриляція шлуночків);

- депресія або підйом сегменту ST порівняно з вихідним > 2 мм;

- інверсія зубця T.

ЗАГАЛЬНІ ПРИНЦИПИ ПРОВЕДЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ПРОБ

Функціональні проби повинні бути однотипними, стандартними і дозованими. Тільки це дозволяє стандартизовано оцінювати отримані результати, порівнювати дані у різних осіб або у одного й того ж підлітка в динаміці. Функціональні проби мають бути максимально безпечними, інформативними, а також доступними і нескладними (щоб не потребувати особливих навичок для виконання).

Під час проведення більшості функціональних проб рекомендується дотримуватися певної послідовності:

1. У стані спокою визначити, зареєструвати та оцінити вихідні дані показників, які досліджуються.
2. Провести запланований навантажувальний тест.
3. Визначити та зареєструвати показники під впливом функціональної проби.
4. Визначити та зареєструвати показники протягом періоду відновлення до повернення їх до вихідного рівня.
5. Проаналізувати отримані результати.

Фіксація вимірних даних повинна бути своєчасна та стандартизована для полегшення процесу опрацювання та аналізу.

Під час функціональної діагностики серцево-судинної системи особлива увага приділяється оцінюванню ступеню зміни частоти серцевих скорочень і артеріального тиску, їх відповідності виконаному навантаженню, відповідності реакції пульсу змінам артеріального тиску, відповідності змін нормативним показника для відповідного віку і статі. Оцінюються час і характер відновлення пульсу і артеріального тиску.

ФУНКЦІОНАЛЬНА ДІАГНОСТИКА СТАНУ СЕРЦЕВО-СУДИННОЇ СИСТЕМИ

ДІАГНОСТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ БЕЗ ДОДАТКОВОГО НАВАНТАЖЕННЯ

Функціональна діагностика резервів серцево-судинної системи є найбільш розповсюдженим функціональним дослідженням у дітей підліткового віку. Функціональний стан серця і системи кровообігу оцінюється як у стані відносного спокою, так і під час проведення навантажувальних проб.

До діагностичних досліджень без додаткового навантаження відносяться:

- Пальпація, перкусія та аускультация ділянки серця та магістральних судин (оцінка периферичної та центральної пульсації, серцевого ритму, звукових феноменів, розмірів серця та ін.);
- Визначення артеріального тиску (АТ) (сistolічного, діастолічного, пульсового тощо);
- Електрокардіографія (ЕКГ) (оцінка частоти серцевих скорочень, ритму та провідності, ознак ішемії, перевантаження міокарда, порушень електролітного обміну, розмірів серцевих відділів, фармакологічних ефектів тощо);
- Фонокардіографія (ФКГ) (дозволяє об'єктивізувати звукові характеристики роботи серця та магістральних судин, точніше оцінити інтенсивність та топіку тонів і шумів серця);
- Холтерівське моніторування (ХМ) або добове дослідження ЕКГ (виявлення та диференційна діагностика фізіологічних та патологічних порушень ритму серця протягом добової життєдіяльності).

Холтерівське моніторування ЕКГ

Холтерівське моніторування ЕКГ є провідним в обстеженні дітей з порушеннями ритму серця. Реєстрація проводиться без обмеження вільної активності пацієнта. Під час добової зйомки ЕКГ рекомендується записувати час та тривалість різних занять (фізичне навантаження, стрес, підйоми по сходах на певні поверхи, сон, лікувальні процедури); суб'єктивні відчуття (біль, задишка, серцебиття, запаморочення, слабкість, неприємні відчуття в грудній клітині) та інше.

Розшифровка запису холтерівського моніторингу включає: 1) сигнал-усереднену ЕКГ; 2) варіабельність та турбулентність серцевого ритму (розподіл RR-інтервалів без аритмії чи вираженість ознак аритмії); 3) варіабельність зубця Т, його дисперсія чи мікроальтернація (оцінка аритмогенної готовності міокарда). Подовження/скорочення інтервалу QT, наявність коливань форми зубця Т від комплексу — важливі прогностичні ознаки з високим рівнем доказовості (А рівень достовірності). Деякі нормативи холтерівського моніторингу у дітей підліткового віку представлені в таблиці 3.

Таблиця 3

Деякі норми показників холтерівського моніторингу у дітей підліткового віку

Показник	Значення
Короткі паузи ритму	молодше 16 років — до 1500 мс, старше 16 років — до 1750 мс
Підйом сегмента ST	до 2 мм у дітей старше 10 років у нічний час
Зміна амплітуди зубця Т в позитивному діапазоні	норма
Порушення ритму	короткочасних епізодів міграції водія ритму вислизаючі комплекси і ритми, особливо у нічний час
екстрасистолії	Може бути рідкісна, поодинокі Наявність поодинокі рідкісної Максимально допустима кількість надшлуночкових екстрасистол — не більше 20 на годину, шлуночкових — не більше 10–15 на годину.
тахікардія	до 40 % на добу — норма
патологічна брадикардія	діти 7–11 років — менше 45 уд/хв підлітки 12–16 років — менше 40 уд/хв старше 16 років — менше 35 уд/хв
Тривалість інтервалу QT	максимальна до 480 мс у підлітків, незалежно від рівня ЧСС
Циркадний індекс (відношення середнього денного і нічного рівнів ЧСС)	у дітей старше 2 років і дорослих — 1,24–1,45

Можливі ознаки порушень ритму серця при ХМ позначені в табл. 4.

Таблиця 4

Порушення ритму у здорових осіб при холтерівському моніторингу ЕКГ

Порушення ритму	Діти	Особи молодого віку
Нічна брадикардія з ЧСС ≤ 40 уд./хв	+	+
Нічна брадикардія з ЧСС 30–40 уд./хв	+	+
Синусова аритмія	+++	++
AV-блокада I ступеня	+	+
AV-блокада II ступеня за типом Венкебаха*	+	+
Паузи між R-R > 2 с*	+	+
R-R > 3 с*	+	+
Шлуночкова екстрасистоля: 10–50 екстрасистол за 24 год	+	+
50–100 екстрасистол за 24 год	–	–
100–500 екстрасистол за 24 год	–	–
Поліморфні	–	+
Парні	–	–
Суправентрикулярна екстрасистоля: 50–100 екстрасистол за 24 год	–	–
100–1000 екстрасистол за 24 год	–	–
Надшлуночкова тахікардія	–	–
+ симптом може виникати у здорових осіб ++ симптом часто виявляється у здорових осіб – у здорових осіб не виявляють * в основному під час сну		

- Добове моніторування артеріального тиску (виявляє реакцію АТ на фізичні навантаження і психоемоційні стреси, варіабельність АТ і пульсу протягом доби, зв'язок змін тиску з подіями життєдіяльності).

Добове моніторування АТ

Добове моніторування АТ відбувається за допомогою портативного автоматичного реєстратора в умовах звичайної повсякденної діяльності, кожні 30 хв. вдень, щогодини вночі. Під час проведення дослідження підлітку рекомендують фіксувати інформацію про зміни свого самопочуття, час прийому їжі, фізичного навантаження, сну, прийому лікарських препаратів тощо.

Було визначено (1997 р., M.S. Soergel), що показники АТ краще корелюють з довжиною тіла, ніж з віком дитини (табл. 5).

Таблиця 5

Значення 50 и 95-го перцентилю артеріального тиску за даними добового моніторингу у дітей та підлітків у залежності від росту (M.S. Soegel et al.)

Зріст (см) / n	Перцентиль АТ Доба		Перцентиль АТ День		Перцентиль АТ Ніч	
	50	95	50	95	50	95
Хлопці						
120(33)	105/65	113/72	112/73	123/85	95/55	104/63
130(62)	105/65	117/75	113/73	125/85	96/55	107/65
140(102)	107/65	121/77	114/73	127/85	97/55	110/67
150(105)	109/66	124/78	115/73	129/85	99/56	113/67
160(115)	112/66	126/78	118/73	132/85	102/56	116/67
170(83)	115/67	128/77	121/73	135/85	104/56	119/67
180(69)	120/67	130/77	124/73	137/85	107/55	122/67
Дівчата						
120(40)	103/65	113/73	111/72	120/84	96/55	107/66
130(58)	105/66	117/75	112/72	124/84	97/55	109/66
140(70)	108/66	120/76	114/72	127/84	98/55	111/66
150(111)	110/66	122/76	115/73	129/84	99/55	112/66
160(56)	111/66	124/76	116/73	131/84	100/55	113/66
170(105)	112/66	124/76	118/74	131/84	101/55	113/66
180(25)	113/66	124/76	120/74	131/84	103/55	114/66

Розрахункові параметри добового моніторингу (табл. 6):

- середні значення АТ (АТс, АТд, АТп, середнє гемодинамічний) за добу, день, ніч. Оцінюються згідно з центильними таблицями показників АТ залежно від віку, статі, зросту дітей;

- максимальні та мінімальні значення АТ за добу, день, ніч;

- гіпертонічне навантаження; відсоток перевищення - відсоток вимірів, у яких величини АТ перевищують норму;

- індекс часу артеріальної гіпертензії (АГ) (показник «навантаження тиском» – співвідношення періоду з підвищеним АТ і часу моніторингу АТ за добу/день/ніч).

Полегшити діагностичний процес може одночасна реєстрація ЕКГ та АТ з подальшою обробкою комплексною обробкою даних.

Таблиця 6

Параметри добового моніторингування

Показник	Значення
Індекс часу гіпертензії за добу	менше 25 % — норма від 25 до 50 % — лабільна форма АГ понад 50 % — стабільна форма АГ
Добовий індекс (ступінь нічного зниження АТ)	норма — менше на 10–20 % від денної середньої величини <ul style="list-style-type: none"> • «dippers» — нормальне зниження АТ в нічний час, добовий індекс коливається від 10 до 20 % • «non-dippers» — відсутність зниження АТ в нічний час, добовий індекс менше 10 % • «over-dippers» — підвищене зниження АТ у нічний час, добовий індекс більше 20 % • «night-peakers» — підйом АТ у нічний час, добовий індекс менше 0 % (у нормі не зустрічається, ознака симптоматичної АГ)
Величина ранкового підйому АТ (різниця між мінімальним нічним та максимальним ранковим (до 11 год) значенням АТ)	норма залежить від зросту пацієнта (у підлітків не більше 56 мм рт. ст. для САТ та не більше 36 мм рт. ст. для ДАТ)
Швидкість ранкового підйому АТ (відношення величини ранкового підйому до часу, за який він відбувся)	у нормі САД не більше 10 мм рт. ст. та ДАТ не більше 6 мм рт. ст. на годину
Варіабельність АТ (величина середнього квадратичного відхилення значень АТ)	у нормі варіабельність САТ не перевищує вдень і вночі 15 мм рт. ст., ДАТ — вдень не більше 14 мм рт. ст., вночі — не більше 12 мм рт. ст. При збільшенні показника зростає ризик ураження органів-мішеней
Середньодобовий пульсовий АТ	у нормі — менше 53 мм рт. ст.

Реовазографія (характеризує параметри центральної та/чи локальної гемодинаміки); реокардіографія використовується для функціонального дослідження центральної гемодинаміки, типу кровообігу, показників діяльності серця (визначають величину серцевого викиду, ударний об'єм серця, об'ємну швидкість кровотоку в аорті, ізотропну функцію міокарда, величину загального периферійного опору кровотоку, тип гемодинаміки, фазовий аналіз серцевого циклу та ін.).

- Ехокардіографія (ЕхоКГ), в тому числі доплер-ЕхоКГ (дозволяє оцінити структуру і функції серця, ознаки систолічної чи діастолічної дисфункції, стан та функції клапанного апарату тощо).

- Додаткові методи ЕхоКГ під час проведення функціональної діагностики:
 - черезстравохідна ЕхоКГ (завдяки максимальному наближенню електродів до лівого передсердя дозволяє реєструвати високоамплітудні передсердні потенціали, досліджувати електричний потенціал предсердного комплексу, проводити топічну діагностику порушень ритму серця);
 - контрастна ЕхоКГ (застосовується для контрастування правих камер серця при підозрі на дефект або лівих камер серця для дослідження перфузії міокарда);
 - стрес-ЕхоКГ (з використанням фізичного навантаження — велоергометрії, тредміл-тесту та ін., медикаментозного навантаження тощо).
- Варіаційна пульсометрія або кардіоінтервалографія (призначена для оцінювання напруги регуляторних механізмів серцево-судинної системи, зокрема, пов'язаних з функціонуванням центрального та автономного контурів регуляції).

Адаптаційний потенціал за методикою Р.М. Баєвського

Для об'єктивізації ступеню адаптації серцево-судинної системи до фізичного навантаження запропоновано використовувати розрахунковий показник — адаптаційний потенціал. Оригінальна методика по його визначенню була розроблена Р.М. Баєвським. Значення полягає у прогнозуванні подальшого стану здоров'я та тактики оздоровлення обстежуваного.

Дослідження адаптаційного потенціалу відбувається у стані спокою і ґрунтується на антропометричних даних, фактичному віці підлітка та показниках центральної гемодинаміки.

$$AP = 0,011 \times ЧСС + 0,014 \times AT_c + 0,008 \times AT_d + 0,014 \times N + 0,009 \times M - 0,009 \times L - 0,27$$

де – АП — адаптаційний потенціал;

ЧСС — частота серцевих скорочень у спокої (уд/хв);

АТс — артеріальний тиск систолічний (мм рт. ст.);

АТд — артеріальний тиск діастолічний (мм рт. ст.);

N — вік (роки);

M — маса тіла (кг);

L — довжина тіла (м).

Стан адаптаційних можливостей в залежності від значення АП — у табл. 7.

Таблиця 7

Оцінка адаптаційних можливостей за адаптаційним потенціалом

Бали	Стан адаптації	Рекомендації
≤ 2,1 у.о.	Задовільна адаптація	Загальні оздоровчі заходи
2,11–3,2 у.о.	Напруження механізмів адаптації	Оздоровчі та профілактичні заходи
3,21–4,3 у.о.	Незадовільна адаптація	Профілактичні та лікарські заходи
≥ 4,31 у.о.	Зрив механізмів адаптації	Лікарські заходи

Відмічається значна кореляційна залежність між значенням АП і показниками діяльності серця та менша кореляція з масою тіла дитини.

У підлітковому віці можлива висока мінливість ЧСС, АТс і АТд. Що, за даними деяких досліджень (Маліков М.В., Сватсьєв А.В., Богдановська Н.В. Функціональна діагностика у фізичному вихованні і спорті: Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів – Запоріжжя: ЗДУ, 2006. – 227 с.), може бути перешкодою для діагностичного врахування даного показника.

Була запропонована модифікація обчислення адаптаційного потенціалу з використанням результатів варіаційної пульсометрії.

Варіабельність серцевого ритму

(варіаційна пульсометрія, кардіоінтервалографія)

Дослідження варіабельності серцевого ритму допомагає визначитися з особливостями вегетативної регуляції ритму серця, рівнем фізичної тренуваності, стресової напруги, ефективністю проведеного лікування.

Метод варіаційної пульсометрії заснований на реєстрації частоти пульсації крові в артеріях, результати дослідження виражаються в індексах Р.М. Баєвського. Кардіоінтервалографія дозволяє аналізувати кардіоінтервали ЕКГ методом

частотно-спектрального аналізу з визначенням зв'язку спектральних компонентів з різними відділами нервової системи. Наразі ці два метода дослідження входять до визначення варіабельності серцевого ритму (*Heart rate variability*), яка досліджується шляхом безперервного запису ЕКГ у II стандартному відведенні протягом 5 хв (коротко) або 24 год (тривало) за стандартами Європейської та Північноамериканської кардіологічних асоціацій (1996 р.). За її допомогою визначаються ступень напруги механізмів регуляції системи кровообігу, включаючи нейрогуморальні впливи на серце. Спектральний метод аналізу варіабельності серцевого ритму полягає в аналізі хвильової структури кардіоінтервалограми та досліджує дію трьох регуляторних систем: симпатичного та парасимпатичного відділів автономної нервової системи та дію центральної нервової системи.

За допомогою математичної обробки результатів після дослідження визначаються:

- Мода (M_o , с) — тривалість інтервалу R-R, яка часто зустрічається (відображає вплив гуморальних каналів центрального контуру на автономний контур регуляції);

- Амплітуда моди (AM_o , %) — кількість інтервалів R-R, які відповідають значенням M_o (відображає вплив нервових каналів центрального контуру на автономний контур регуляції);

- Варіаційний розмах (ΔX , ВР, с) — різниця між максимальним і мінімальним значеннями інтервалів R-R (відображає автономну регуляцію ритму серця — вплив парасимпатичної нервової системи та дихання)

$$\Delta X = R-R_{MAX} - R-R_{MIN} \quad (1)$$

- Індекс вегетативної рівноваги (ІВР, у.о.) (відображає співвідношення між симпатичною і парасимпатичною ланками регуляції серцевого ритму);

$$ІВР = AM_o / \Delta X \quad (2)$$

- Вегетативний показник ритму (ВПР) – чим він менше, то більшим є парасимпатичний вплив;

$$\text{ВПР} = 1/(\text{M}_0 \times \Delta X) \quad (3)$$

- Індекс напруги (ІНссс, у.о.) (відображає ступень функціональної напруги регуляторних механізмів системи кровообігу):

$$\text{ІНссс} = \text{A}\text{M}_0/(2 \times \text{M}_0 \times \Delta X) \quad (4)$$

За ейтонії становить 30–90 у.о. Менше 30 у.о. може свідчити про ваготонію, більше 90 у.о. – про переважання симпатичної ланки регуляції.

- Показник адекватності процесів регуляції (ПАПР, у.о.) дозволяє визначати домінування нервової чи гуморальної складової центрального контуру регуляції, вплив на синусовий вузол симпатичного відділу.

$$\text{ПАПР} = \text{A}\text{M}_0/\text{M}_0 \quad (5)$$

Нормою прийнято вважати ПАПР = 1–2; помірне напруження регуляції, наприклад, при стресі ПАПР = 3–4; значне підвищення напруження регуляції за рахунок високої активності симпато-адреналової системи ПАПР = 4–6; перенапруження та недостатність пристосувальних реакцій ПАПР = 6–8; виснаження регуляторних систем (патологічний стан) ПАПР = 8–10.

- Математичне очікування (RRNN, M) — середнє значення тривалості інтервалу R-R (найбільш постійний показник серцевого ритму, характеризує гуморальне регулювання);

- Середнє квадратичне відхилення (SDNN, СКО, мс) — характеризує вагусну регуляцію;

- Показник стабільності варіабельності ритму серця (SDANN, standard deviation of the average NN interval) — для обчислення спочатку усереднюють інтервали R-R за всі 5-хвилинні відрізки запису, а потім обчислюють їх стандартне відхилення;

- Середньоквадратична різниця між тривалістю сусідніх інтервалів R-R (RMSSD, мс) — міра варіабельності серцевого ритму з малою тривалістю циклів;

- Триангулярний індекс варіабельності ритму серця (HRV in dex) — обчислюється по гістограмі кардіоінтервалів, побудованої з інтервалом в 8 мс, шляхом поділу загального числа аналізованих R-R на частоту R-R, що відповідає моді;
- Частка сусідніх синусових інтервалів R-R, які різняться більш ніж на 50 мс. (pNN 50, %) — характеризує синусову аритмію, пов'язану з диханням;
- Коефіцієнт варіації (CV, KB) — характеризує вагусну регуляцію (показник, нормований за частотою пульсу).

$$CV = SDNN / RRNN \times 100 \quad (6)$$

До показників вегетативного гомеостазу за методом Р.М. Баєвського відносять: індекс вегетативної рівноваги (ІВР), індекс напруги регуляторних систем (ІНССС), вегетативний показник ритму (ВІР).

Виділяють три основні компоненти спектрального аналізу:

- HF (High Frequency, s-хвилі) — дихальні хвилі або швидкі хвилі ($T = 2,5-6,6$ с, $\nu = 0,15-0,4$ Гц.), відбивають процеси дихання та інші види парасимпатичної активності;
- LF (Low Frequency, m-хвилі) — повільні хвилі I порядку (МВІ) або середні хвилі ($T = 10-30$ с, $\nu = 0,04-0,15$ Гц), пов'язані з симпатичною активністю (насамперед вазомоторного центру);
- VLF (Very Low Frequency, l-хвилі) — повільні хвилі II порядку (МВІІ) або повільні хвилі ($T > 30$ с, $\nu < 0,04$ Гц) — різного роду повільні гуморально-метаболічні впливи.

При спектральному аналізі визначають сумарну потужність всіх компонентів спектру (TP) і абсолютну сумарну потужність для кожного компонента, при цьому TP визначається як сума потужностей в діапазонах HF, LF і VLF.

Симпатико-парасимпатична взаємодія оцінюється співвідношенням процентних вкладів LF і HF (LF/HF). Так, у здорової людини у положенні лежачи обчислені за зазначеною формулою вклади LF та HF становлять 48,95 та 47,78 % відповідно, що вказує на врівноваженість тонічних впливів ВНС. При вставанні

внесок LF зростає до 75,96 %, а внесок HF знижується до 23,48 %, що відображає посилення симпатичних та зменшення вагальних впливів на ГС в ортопробі.

Стан сегментарних механізмів вегетативної регуляції оцінюється за LF, HF, а надсегментарних VLF. Вимірювання VLF-, LF- і HF-компонентів можна проводити як в абсолютних одиницях (мс або мс), так і в відносних (%) до загальної потужності спектру (SDNN, СКО), яка приймається за 100 %.

Деякі нормативні показники варіабельності ритму серця у дітей та підлітків представлені у табл. 8. Оцінка вегетативного статусу — у табл. 9.

Таблиця 8

Деякі нормативні показники варіабельності ритму серця у дітей та підлітків

Величина	Нормативи (M ± m)
SDNN	141 ± 39 мс
SDANN	127 ± 35 мс
RMSSD	27 ± 12 мс
HRVin dex	37 ± 15
R-R _{MIN}	700 мс
R-R _{MAX}	900 мс
RRNN	800 ± 56 мс
SDNN	63 ± 35 мс
RMSSD	64 ± 6 мс
CV	5–7 %
TP	3105 ± 1018 мс ²
VLF	1267 ± 400 мс ² / 20–50 %
LF	1170 ± 416 мс ² / 20–50 %
HF	668 ± 203 мс ² / 15–45 %
AMo	30–50 %
BIP	3–10
ІНссс	50(30)–200 — норма гіперактивність симпатичного відділу: ІНссс ≥ 200 у.о. гіперактивність парасимпатичного відділу: ІНссс ≤ 50 у.о.

Таблиця 9

Оцінка вегетативного статусу

Вегетативний тонус	Варіаційний розмах (ΔX, с)	Амплітуда моди (AMo, %)	Індекс напруги (ІНссс, у.о.)
Виражена симпатикотонія	< 0,06	> 80	> 500
Помірна симпатикотонія	< 0,15	> 50	> 200
Вегетативна рівновага	0,16–0,29	31–49	51–199
Помірна ваготонія	> 0,30	< 30	< 50
Виражена ваготонія	> 0,50	< 15	< 25

Оцінка адаптаційного потенціалу серцево-судинної системи за результатами даних варіабельності серцевого ритму, запропонована Маліковим М.В. (табл. 10):

Таблиця 10

Значення АП за методикою Малікова М.В.

Рівні адаптивних можливостей	Значення АП у 7–18 років
Низький	< 0,406
Нижче середнього	0,407–0,631
Середній	0,632–1,084
Вище середнього	1,085–1,310
Високий	> 1,310

$$AP = \text{ПЕРС} / \text{ІНссс} \tag{7}$$

де – АП — величина адаптаційного потенціалу, у.о.;

ПЕРС — показник ефективності роботи серця, у.о.;

ІНссс — індекс напруги, у.о.

$$\text{ПЕРС} = \text{АМох} \times \text{Мох} / 2 \times \Delta\text{Хh} \tag{8}$$

де – Моh — величина амплітуди комплексу, що часто зустрічається (мв);

АМоh — відношення числа амплітуд комплексів, відповідних Моh до загального числа амплітуд, виражене у відсотках (%);

ΔХh — різниця між максимальним і мінімальним значеннями амплітуд комплексів (мв).

У подальшому модифікована формула розрахунку АП була уточнена Богдановською Н.В., Маліковим М.В. (2003 р.). Крім даних кардіоінтервалографії, цей варіант підрахунку включив, подібно до формули класичного адаптивного потенціалу Р.М. Баєвського, дані антропометрії та вік досліджуваного.

$$AP = K1 - K2 \times L + K3 \times M + K4 \times ((\text{Моh} \times \text{АМоh}) / 2 \times \Delta\text{Хh}) - K5 \times N - K6 \times (\text{АМо} / (2 \times \text{Моh} \times \Delta\text{Х})) \tag{9}$$

де – Моh, АМоh, ΔХh, АМо, Моh, ΔХ — пояснення вище

L — довжина тіла, м;

M – маса тіла, кг;

N – вік, роки;

$K1 = 1,817$;

$K2 = 0,99 \text{ м}^{-1}$;

$K3 = 0,0237 \text{ кг}^{-1}$;

$K4 = 0,0097 \%$;

$K5 = 0,0092 \text{ роки}^{-1}$;

$K6 = 0,0048 \text{ \%} / \text{с}^2$ — коефіцієнти рівняння множинної регресії.

За цією формулою представлена наступна єдина для всіх людей (незалежно від віку) шкала оцінки адаптивних можливостей системи кровообігу (табл. 11).

Таблиця 11

Шкала оцінки адаптивних можливостей серцево-судинної системи

Рівні адаптивних можливостей	Значення АП
Низький	< 1,01
Нижче середнього	1,01–1,195
Середній	1,196–1,625
Вище середнього	1,626–1,79
Високий	> 1,79

Зміни показників варіабельності серцевого ритму можуть свідчити про порушення вегетативного контролю над серцево-судинною діяльністю та є несприятливим фактором для подальшого стану здоров'я.

Варіабельність серцевого ритму може досліджуватися в динаміці, як контроль за реакцією на фізичне навантаження, на тренування у спортсменів, для визначення резерву адаптації та швидкості перебігу відновлювальних процесів. Цей метод також застосовується для оцінки функціональних проб з дозованим фізичним навантаженням, зі зміною положення тіла (кліно-, ортопроби) для визначення вегетативної реактивності та вегетативного забезпечення серцевої діяльності у дітей.

ДІАГНОСТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ З ДОЗОВАНИМ НАВАНТАЖЕННЯМ

Функціональна діагностика у стані спокою допомагає визначити функціональний стан та топіку патологічних змін. Дослідження в стані спокою не оцінює здатність організму ефективно використовувати свої біологічні можливості. Дослідження в динаміці під час проведення навантажувальних проб виявляє механізми, шляхи й «ціну» адаптації організму до різних чинників зовнішнього середовища: фізичного навантаження, дозованої гіпоксії, стресу та ін.

Функціональні проби з фізичним навантаженням

Функціональні проби з дозованим фізичним навантаженням є цінним неінвазивним інструментом для уточнення адаптації організму підлітка до виконання аеробних вправ, діагностичного пошуку щодо патології серцево-судинної, нервової, дихальної та інших систем організму, а також для оцінки ефектів лікувальних заходів при різних захворюваннях.

Патогенетичне значення використання фізичного навантаження у діагностиці стану серцево-судинної системи полягає в тому, що такі навантаження потребують суттєвого посилення кровообігу для забезпечення працюючих м'язів достатньою кількістю кисню та видалення вуглекислоти й продуктів тканинного метаболізму, що утворюються. З початком виконання вправи відбуваються нейрогуморальні реакції, які призводять до активізації симпато-адреналової системи (підвищення основних показників системи кровообігу: частоти серцевих скорочень, системного артеріального тиску, ударного та хвилинного об'ємів крові, об'єму циркулюючої крові та ін.), і зумовлюють зміни судинного тону в органах і тканинах (зниження тону й розширення судин периферійного судинного русла, з одночасним збільшенням тону і звуженням мілких судин внутрішніх органів). Відбувається фізіологічний перерозподіл регіонального кровообігу між функціонально активними і неактивними при навантаженні органами. Якщо у стані спокою кровообіг у внутрішніх органах складає біля 50 % хвилинного об'єму крові, то при максимальному фізичному навантаженні він може знижуватися до 3–4 %.

У процесі проведення функціональних проб реєструють та аналізують наступні показники: зміни частоти серцевих скорочень по відношенню до початкового значення; зміни артеріального тиску; час повернення показників пульсу і АТ до початкового рівня, зміни ЕКГ.

Функціональні проби з фізичним навантаженням поділяються на дві групи: проби на відновлення або якісні, проби на зусилля або кількісні.

Проби на відновлення проводяться з використанням стандартних фізичних навантажень. Під час проб враховують зміни показників після припинення навантаження. Результати дають можливість оцінити рівень адаптації на навантаження, швидкість і ефективність відновних процесів; доволі прості у виконанні і не потребують складної апаратури. В якості стандартного навантаження у нетренованих осіб найчастіше застосовують пробу Мартіне-Кушелєвського, пробу Руф'є, у тренуваних осіб — комбіновану пробу Летунова.

Проби на зусилля проводяться для визначення загальної та/чи спеціальної фізичної працездатності. Фізичну працездатність та аеробну продуктивність досліджують прямими і непрямими методами. Прямі методи передбачають виконання максимальних навантажень (на межі аеробних здібностей). Непрямі методи передбачають виконання субмаксимальних навантажень. Інтенсивність субмаксимальних навантажень становить 50–75 % від максимальних. Непрямі тести рекомендуються експертами ВООЗ для широкого впровадження при обстеженні здорових і хворих людей. Ці проби мають більш розширені протипоказання, ніж проби на відновлення; потребують особливих умов проведення (наявність необхідного для дослідження обладнання: різноманітні види ергометрів (велоергометр, тредбан або тредміл та ін.); апаратура для проведення функціональної діагностики (електрокардіограф, пульсоксиметр, реограф, газоаналізатори та ін.); засоби для надання за необхідністю невідкладної медичної допомоги (дефібрилятор тощо).

Проба Руф'є

Проба Руф'є — найпростіший скринінговий метод визначення функціонально-резервних можливостей серцево-судинної системи та визначення толерантності особи до фізичних навантажень. Наразі згідно сумісному Наказу МОЗ та МОН України (2009 р.) використовується для розподілу учнів учбових закладів на медичні групи для занять на уроках фізичної культури.

Після 3–5 хв. відпочинку у положенні сидячи у підлітка підраховують пульс кожні 15 с до отримання 2–3 однакових результатів. Обстежуваний виконує 30 присідань з витягнутими вперед руками протягом 45 с. Під час виконання проби необхідно стежити за збереженням стандартних умов виконання навантаження, за зовнішніми ознаками втоми дитини. Після закінчення присідань сидячі проводиться підрахунок пульсу за перші 15 с першої хвилини відновлення та за останні 15 с першої хвилини відновлення.

Оцінку функціональних можливостей серцево-судинної системи проводять за індексом Руф'є (IP), який розраховується за формулою:

$$IP = \frac{4 \times (ЧСС_1 + ЧСС_2 + ЧСС_3) - 200}{10} \quad (10),$$

де – ЧСС — частота серцевих скорочень,

ЧСС1 — пульс за 15с. у стані спокою,

ЧСС2 — пульс за перші 15с. першої хвилини відновлення,

ЧСС3 — пульс за останні 15с. першої хвилини відновлення.

Рівні функціонально-резервних можливостей серця у підлітків визначаються з урахуванням п'яти градацій:

- менше 3 — високий рівень;
- 4–6 — вище середнього (добрий);
- 7–9 — середній;
- 10–14 — нижче середнього (задовільний);
- більше 15 — низький.

Значення проби мають одне з провідних значень для віднесення школярів до медичних груп з фізкультури. До основної група відносять здорових дітей з гармонічний, високий або середній рівень фізичного розвитку з високим або вище середнього рівнем функціонально-резервних можливостей серцево-судинної системи за пробою Руф'є. Підготовча група — це діти в реабілітаційному періоді після випадку гострої захворюваності, з середнім рівнем можливостей за пробою Руф'є. Спеціальну групу складають учні зі значними відхиленнями в стані здоров'я з низький або нижче середнього рівнем функціонально-резервних можливостей.

У дітей було запропоновано під час оцінювання результатів враховувати вік дитини, вносячи поправку 1,5 на кожні 2 роки менше 15 років.

Значення проби Руф'є в залежності від віку запропоновані в роботі: Шахназарян К.Е., Владова В.С. (таблиця 12). (Значущість вікових показників пульсу для врахування результатів проби Руф'є в учнів // Спортивна медицина, лікувальна фізкультура та валеологія—2012 : XVI Міжн. наук.-практ.конф. 17–19 травня 2012 р. – Одеса : Одес. нац. мед. ун-т., 2012. – С. 113–115.)

Таблиця 12

Значення проби Руф'є в залежності від віку (за Шахназарян К.Е. зі співавт.)

Рівні функціонального резерву серцево-судинної системи	Значення проби Руф'є в залежності від віку				
	15 років і старше	13-14 років	11-12 років	9-10 років	7-8 років
Низький	більше 15	більше 16,5	більше 18	більше 19,5	більше 21
Задовільний	10–14	11,5–15,5	13–17	14,5–18,5	16–20
Середній	7–9	8,5–10,5	10–12	11,5–13,5	13–15
Добрий	4–6	5,5–7,5	7–9	8,5–10,5	10–12
Високий	менше 3	менше 4,5	менше 6	менше 6,5	менше 8

У літературі часто зустрічається оцінка тесту Руф'є у дітей з урахуванням віку, яка представлена у роботі: Гусева А.А., Поляков С.Д., Корнеева И.Т. (таблиця 13) (Вегетативний статус і функціональний стан серця юних скелелазів // Медичний науковий та учбово-методичний журнал. – 2005. – №27. – С.181–199.)

Таблиця 13

Оцінка проби Руф'є в залежності від віку (за Гусевою А.А. зі співавт.)

Оцінка результату	Оцінений тест Руф'є в залежності від віку				
	15 років і старші	13-14 років	11-12 років	9-10 років	7-8 років
Незадовільно	15	16,5	18	19,5	21
Слабко	11–15	12,5–16,5	14–18	15,5–19,5	17–21
Задовільно	6–10	7,5–11,5	9–13	10,5–14,5	12–16
Добре	0,5–5	2–6,5	3,5–8	5–9,5	6,5–11
Відмінно	0	1,5	3	4,5	6

Незадовільні результати проби Руф'є поводом до більш детального дообстеження та складання плану тренувань для підвищення рівню адаптації серцево-судинної системи. За необхідністю, проба Руф'є робиться повторно через один-два місяці.

Тест з 6-хвилинною ходьбою

Тест з 6-хвилинною ходьбою (6MWT) являється легким у використанні, без необхідності застосовувати спеціальне обладнання та спеціальні навички персоналу. Спочатку тест був розроблений для дорослого населення, потім його використання було поширено на дітей без змін у протоколі проведення. Це безперервний тест ходьби з власним темпом, під час якого зазвичай підтримується постійна швидкість. Враховуючі певну монотонність дослідження, для підвищення зацікавленості у дітей обговорюються питання залучення ігрових і мотиваційних компонентів. 6MWT має достатні докази відтворюваності та надійності, валідність вивчається в різних групах досліджуваних при різних патологічних станах.

Згідно зі стандартами Американського торакального товариства, тест проводиться з використанням 100-футового коридору (30,48 м) при свіжому повітрі. Коридор може становити також 20 або 50 м. Рекомендується розмітити трасу через кожні 3 м, з позначенням розворотів. У процесі дослідження вимірюється відстань, яку пацієнт може швидко пройти по рівній твердій поверхні за 6 хвилин. Він оцінює глобальні та інтегровані реакції всіх систем, задіяних під час вправ, включаючи легеневу та серцево-судинну системи, системний кровообіг,

периферичний кровообіг, кров, нервово-м'язове напруження та м'язовий метаболізм. За рахунок довільного вибору ритму ходьби, її інтенсивності та можливості зробити зупинку, більшість обстежених підлітків не досягають максимальної працездатності під час 6MWT. Однак саме таке навантаження відповідає більшості повсякденних видів діяльності (субмаксимальний рівень).

Перед проведенням тесту пацієнту пропонують оцінити ступінь своєї втоми за шкалою Борга (див. вище). Проводять інструктаж, пояснюючі, що його метою є пройти якомога далі протягом 6 хвилин, але не бігти; ходити потрібно взад-вперед у даному коридорі; якщо з'явиться втома, задишка та ін., він може сповільнитися, зупинитися і відпочити; під час відпочинку можна навіть спертися на стіну, але як тільки зможе, необхідно відновити ходьбу. За необхідністю, підлітку показують, як треба ходити і повертатися на розвороті. Потім пацієнта розташовують на стартовій лінії і починають тестування. Таймером відраховують потрібний час. Рекомендують використовувати стандартні фрази заохочення («у вас все добре», «продовжуйте, все добре», «залишилася половина шляху» і т.п.). рівний тон голосу; не відволікатися та спостерігати за підлітком, вчасно зупинити його, коли час пройде. Після тесту пацієнт повторно оцінює свою втому за шкалою Борга. Досліджується частота пульсу, АТ та (інколи) рівень SpO₂ за пульсоксиметром. Фіксують пройдену відстань. Дані заносять на бланк.

6MWT не визначає пікове поглинання кисню, не діагностує причину задишки під час фізичного навантаження та не оцінює причини чи механізми обмеження фізичних навантажень. Він є доповненням до серцево-легеневого тесту з навантаженням та не замінює його.

Тест 6MWT може використовувався як одноразовий вимір функціонального стану пацієнтів чи як не однократне вимірювання реакції на медичні втручання тощо. Рекомендується, щоб інтервал між тестами був не менше однієї години, оскільки коротший проміжок часу може призвести до втоми та зниження продуктивності при повторному тестуванні. Важливо також, що цей інтервал часу не подовжувався значно, оскільки можуть виникати варіації клінічного стану пацієнта, які впливають на результат, і максимальний інтервал між тестами

рекомендується не перевищувати одного тижня.

Оцінювання результатів тесту проводиться у порівнянні з належними результатами — розрахунковим показником дистанції 6MWD-N, які визначаються за формулами P. L. Enright та D. L. Sherrill (2001 р.) (Enright P.L. Reference equations for the six-minute walk in healthy adults / P.L.Enright, D.L.Sher-rill // Am. J.Respir.Crit. Care Med. –1998. – Vol. 158 (5). –P. 1384–1387.):

$$\text{для чоловіків:} \quad 6\text{MWD-N} = (7,57 \times L) - (5,02 \times N) - (1,76 \times M) - 309$$

$$\text{для жінок:} \quad 6\text{MWD-N} = (2,11 \times L) - (2,29 \times N) - (5,78 \times M) + 667$$

(11),

де – 6MWD-N — розрахунковий показник дистанції (м),

L — зріст (см),

N — вік (роки),

M — вага (кг).

Під час проведення двох тестів 6MWT здійснюють порівняння показників за абсолютними значеннями чи у відсотках з результатами прогнозованих значень та з результатами тестів між собою.

За показниками тесту можна проводити кількісну оцінку резерву адаптації (Толмачова С.Р., Богмат Л.Ф. зі співав., 2014р.).

$$IA_d = D_2 / D_1 \quad (12)$$

де – IA — індекс адаптації,

D₂ — дистанція, пройдена на другому тестуванні,

D₁ — дистанція, пройдена на першому тестуванні.

Інтерпретація: IA > 1 — достатній резерв адаптації,

IA < 1 — виснажений резерв адаптації

$$IA_t = t_2 : t_1 \quad (13)$$

де – IA_t — індекс адаптації відновлення ритму,

t₁ — час відновлення вихідного ритму після першого тесту,

t₂ — час відновлення ритму після другого тесту.

Приклад бланку для запису результатів 6MWT (розроблений Комітетом ATS зі стандартів клінічних лабораторій дослідження легеневої функції)

Ім'я пацієнта: _____	Ідентифікатор пацієнта _____	Ідентифікатор _____
прогулянки: _____	технічного працівника: _____	Дата _____
Пол Ч Ж	Вік: _____	Раса: _____ Зріст: _____ м _____ см,
Вага: _____ кг	Артеріальний тиск: _____ / _____	
Ліки, прийняті перед тестом (доза та час): _____		
Додатковий кисень під час тесту: Ні Так, потік _____ л/хв, тип _____		
	Початок тесту _____	Кінець тесту _____
Час закінчення тесту _____	: _____	: _____
ЧСС _____	_____	_____ (шкала Борга)
Задишка _____	_____	_____ (шкала Борга)
Втома _____	_____	_____ (шкала Борга)
SpO ₂ _____	_____ %	_____ %
Зупинено чи призупинено до 6 хвилин? Ні Так, причина: _____		
Інші симптоми наприкінці тренування: стенокардія, запаморочення		
біль в стегнах, ногах або литках Кількість кіл: _____		
_____ (×60 метрів) + остаточний частковий круг: _____ метрів =		
загальна пройдена відстань за 6 хвилин: _____ метрів		
Прогнозована відстань: _____ метрів Прогнозований відсоток: _____ %		
Технічні коментарі: _____		
Інтерпретація (включаючи порівняння з 6MWD до втручання): _____		

Фактори, що можуть знижують відстань, пройдену при 6MWT:

- Надмірна вага
- Жіноча стать
- Погане розуміння сенсу і мотивація
- Коротший коридор (більше поворотів)
- Захворювання легень
- Серцево-судинні захворювання
- Розлади опорно-рухового апарату

Фактори, що підвищують відстань, пройдену при 6MWT:

- Вищий зріст (довші ноги)
- Чоловіча стать
- Висока мотивація

- Пацієнт, який раніше проводив тест
- Стимулюючі ліки, прийняті перед дослідженням
- Добавка кисню у пацієнтів з гіпоксемією, спричиненою фізичними навантаженнями

Значення тесту 6MWT інтенсивно вивчається при різних патологічних станах, особливо при патології серцево-судинної та дихальної систем. Найсильнішим показанням для 6MWT є вимірювання реакції на медичні втручання у пацієнтів із захворюваннями серця або легень середнього та тяжкого ступеня. 6MWT використовувався як одноразовий вимір функціонального стану пацієнтів, а також як предиктор захворюваності та смертності.

Проба Мартіне-Кушелєвського

Проба Мартіне-Кушелєвського — це функціональна проба з дозованим фізичним навантаженням, яка є однією з найпростіших у відтворенні та дозволяє оцінити адаптацію серцево-судинної системи.

Під час проведення проби використовується стандартне фізичне навантаження: 20 присідань за 30 с.

Після відпочинку, протягом не менше 3–5 хв, у обстежуваного в положенні сидячи визначають вихідний рівень пульсу та артеріального тиску. Частоту пульсу підраховують за 10-ти секундні інтервали часу до тих пір, поки не буде отримано 2–3 однакові цифри підряд. Потім, не знімаючи манжети, обстежуваному пропонують виконати 20 глибоких присідань за 30 с. Важливо стежити за зовнішніми ознаками перевтоми чи несприятливими реакціями на фізичне навантаження і у разі їх виникнення пробу припиняють. По закінченні присідань проводять підрахунок пульсу за перші 10 с першої хвилини відновлюваного періоду, а далі протягом останніх 50 с першої хвилини вимірює АТ. З початку другої хвилини лікар знову підраховує частоту пульсу за 10 секундні інтервали часу до трикратного повторення значення вихідної частоти пульсу. Проте, навіть, якщо пульс відновився вже на другій хвилині відновлювального періоду, рекомендується не припиняти його реєстрацію, а продовжувати рахувати пульс до кінця

третьої хвилини. По закінченні 3-ої хвилини вимірюють знову рівень АТ. Частоту пульсу доцільно рахувати до кінця 3-ої хвилини у зв'язку з тим, що існує ймовірність виникнення так званої «негативної фази пульсу», тобто зменшення його величини нижче від вихідного рівня більше ніж на 2–3 і більше ударів за 10 с. Таке зменшення частоти пульсу, як правило, триває не менше трьох 10-секундних відрізків, а потім частота пульсу знову збільшується і поступово повертається до нормативних значень. «Негативну фазу» пульсу пов'язують з дисбалансом у функціонуванні симпатичного і парасимпатичного відділів ВНС, що призводить до зміни послідовності процесів відновлення при фізичному навантаженні. Цю фазу реєструють в осіб з лабільною нервовою системою, при вегетативній дисфункції тощо.

Схема запису результатів проби Мартіне-Кушелевського

ЧСС у спокої =	Хвилини після навантаження					Час відновлення
АТ у спокої =	1-а	2-а	3-я	4-а	5-а	
Секунди після навантаження						t _{чсс} =
10						
20						
30						t _{ат} =
40						
50						
60						
АТ						

Якщо після навантаження негативна фаза пульсу утримується більше ніж 3 хв., то така реакція особи на фізичне навантаження оцінюється як незадовільна.

Адаптація до фізичного навантаження тренуваних осіб більшою мірою відбувається за рахунок збільшення ударного об'єму і меншою — за рахунок підвищення частоти серцевих скорочень, а у нетренуваних чи недостатньо тренуваних осіб адаптація до фізичного навантаження досягається переважно за рахунок збільшення ЧСС і меншою мірою — за рахунок збільшення ударного об'єму.

Виділяють 5 основних типів реакції серцево-судинної системи: нормотонічний, гіпотонічний, гіпертонічний, дістонічний та східчастий.

•Нормотонічний тип реакції:

- прискорення частоти пульсу на 60–80 % (не більше, ніж на 100 %, в середньому на 6–7 уд. за 10 с);
- помірне підвищення систолічного АТ до 15–30 % (15–35 мм рт. ст.);
- помірне зниження (або не змінення) діастолічного АТ на 10–15 % (5–10 мм рт. ст.),

Вважається сприятливим у зв'язку з тим, що відбулося збільшення хвилинного об'єму крові при м'язовому навантаженні, як внаслідок збільшення частоти серцевих скорочень, так і збільшення систолічного викиду крові. Функціональний стан серцево-судинної системи при цьому оцінюється як добрий або високий. Проте, якщо при даному типі реакції показники пульсу і АТ повністю не відновлюються до кінця 3-ої хвилини (тобто, період відновлення є уповільненим) — то така індивідуальна реакція вважається лише умовно сприятливою, а функціональний стан серцево-судинної системи оцінюється як задовільний або середній. Може зустрічатися у малотренованих осіб.

•Гіпертонічний тип:

- значне прискорення пульсу — більше 100 %;
- значне підвищення АТ систолічного — до 180–200 мм рт. ст. і вище;
- певне підвищення АТ діастолічного — до 90 і вище мм рт. ст., або тенденція до підвищення; підвищення пульсового АТ (котре в даному випадку зумовлено підвищеним опором кровотоку в результаті спазму периферичних судин і свідчить про надто напружену діяльність міокарду);
- період відновлення суттєво уповільнений (більше 3 хвилин).

Вважається несприятливим. Підґрунтям до гіпертонічної реакції стає підвищення периферійного опору судин, тобто відбувається спазм артеріол замість їх розширення. Цим підвищенням периферичного опору судин і пояснюється збільшення сили систоли, що визначає підвищення АТ с, а при цьому серце вимушене працювати з дуже великим напруженням. Період відновлення показників,

що визначають реактивну відповідь діяльності серцево-судинної системи є суттєво уповільненим — його тривалість зіставляє більше 3-х хвилин. Такий тип реакції є характерним для осіб, які страждають на есенціальну гіпертензію або для схильних до негативних реакцій на стресорні впливи, може зустрічатися при значному перенапруженні та при перевтомі. Схильність до гіпертонічного типу реакції може зумовити виникнення судинних «катастроф».

• Астенічний (гіпотонічний) тип:

- значне прискорення пульсу — більше, ніж на 100 % (досягає 120–150 %);
- незначне підвищення (або зниження) АТ систолічного;
- зниження (або не змінення) АТ діастолічного;
- пульсовий АТ частіш знижується, а якщо і підвищується, то незначно — всього на 12–25 %;
- значно уповільнений період відновлювання — більше 5–10 хвилин.

Вважається несприятливим. Посилення кровообігу досягається переважно тільки за рахунок збільшення ЧСС при незначному ударному об'ємі серця, тобто серце працює мало ефективно і з великими енерговитратами. Спостерігається у нетренованих та мало тренуваних осіб, при вегетативних дисфункціях по гіпотонічному типу, після перенесених захворювань, при перевтомі та перенапруженні у спортсменів. Однак у дітей і підлітків даний тип реакції, при зниженні діастолічного АТ та нормальному періоді відновлення, вважається варіантом норми.

• Дистонічний тип:

- значне прискорення пульсу — більше, ніж на 100 %;
- істотне підвищення АТ систолічного (іноді вище, ніж 200 мм рт. ст.);
- зниження АТ діастолічного до нуля («феномен нескінченного тону»), яке триває протягом більше 2-х хвилин (тривалість даного феномену до 2-х хв вважається варіантом фізіологічної реакції);
- уповільнення періоду відновлювання.

Вважається несприятливим і свідчить про надмірну лабільність системи кровообігу, що зумовлено різким порушенням нервової регуляції периферичного (мікроциркуляторного) судинного русла. Спостерігається при порушеннях з

боку вегетативної нервової системи, неврозах, після перенесених інфекційних захворювань, часто у підлітків у пубертатному та препубертатному періодах, при перевтомі і перенапруженні у спортсменів. Стан серцево-судинної системи оцінюється як незадовільний або низький.

• Східчастий (ступеневий) тип:

- різке збільшення пульсу — більш, ніж на 100 %;
- східчає підвищення систолічного АТ, тобто систолічний АТ, виміряний безпосередньо після навантаження — на першій хвилині — нижче, ніж на 2 або 3 хвилинах періоду відновлювання;
- уповільнений період відновлювання.

Вважається несприятливим. Свідчить про послаблену систему кровообігу, не здатну адекватно і швидко забезпечувати перерозподіл кровотоку, необхідний для виконання м'язової роботи. Часто спостерігається при захворюваннях серцево-судинної системи, після перенесених інфекційних захворювань, при перевтомі, при низькій фізичній підготовці, а також недостатній загальній тренуваності у спортсменів. Функціональний стан серцево-судинної системи незадовільний або низький.

Тобто, гіпертонічний, гіпотонічний, дістонічний і східчастий типи реакції вважаються патологічними, нормотонічний тип також рахується незадовільним у разі не відновлення пульсу і АТ до третьої хвилини після навантаження.

За даними проби Мартіне-Кушелєвського запропоновано обчислювати показник якості реакції серцево-судинної системи на фізичне навантаження;

$$\text{ПЯР} = (\text{АТп2} - \text{АТп1}) / (\text{ЧСС2} - \text{ЧСС1}) \quad (14)$$

де – ПЯР — показник якості реакції серцево-судинної системи, у.о.

АТп1 — артеріальний тиск пульсовий до навантаження, мм рт. ст.;

АТп2 — артеріальний тиск пульсовий після навантаження, мм рт. ст.;

ЧСС1 — частота серцевих скорочень до навантаження, уд/хв;

ЧСС2 — частота серцевих скорочень після навантаження, уд/хв.

Оцінка ПЯР:

- 0,1–0,2 у.о. — нераціональна реакція;
- 0,3–0,4 — задовільна реакція;
- 0,5–1,0 — добра реакція;
- > 1,0 — нераціональна реакція.

Комбінована проба Летунова

3-х східчаста проба Летунова — це комбінована функціональна проба, призначена для дослідження реакції серцево-судинної системи на різні типи фізичного навантаження. Включає:

1. Дозоване фізичне навантаження (20 присідань за 30 секунд).
2. Навантаження на швидкість (біг на місці протягом 15 секунд у максимально швидкому темпі).
3. Навантаження на витривалість (біг на місці протягом 2–3-хвилин (в залежності від віку) в темпі 180 кроків за хвилину з високим підніманням стегна (приблизно на 65–75°) і вільними рухами руками, зігнутими в ліктьових суглобах, як при звичайному бігу).

Методика дослідження включає реєстрацію значень пульсу та АТ у періоді спокою та після навантаження. Тривалість відпочинку після першого навантаження, протягом якого вимірюють ЧСС та АТ, складає 2 хвилини, після другого — 4 хвилини, після третього — 5 хвилин. За допомогою комбінованої проби можна оцінити адаптацію організму до фізичних навантажень різної інтенсивності, що відповідає розминці, вправам на швидкість і витривалість, які використовують на більшості занять з фізкультури і спорту.

Після 20 присідань дослідження проводиться, як у пробі Мартіне-Кушелєвського, але протягом 2 хвилин. Після 15-секундного бігу у періоді відпочинку (4 хвилини) в перші і останні 10 секунд кожної хвилини відпочинку реєструють частоту пульсу, а з 15-ї до 50-ї секунди — вимірюють АТ. Після 3-хвилинного бігу реєстрація показників здійснюється аналогічно, на останній п'ятій хвилині

відпочинку кожні 10 секунд реєструють частоту пульсу до досягнення вихідного рівня у двох-трьох вимірюваннях поспіль.

Під час частини проби з присіданнями визначається тип реакції на навантаження, після кожної наступної частини водночас посилюються реакції пульсу та систолічного АТ; діастолічний АТ в нормі помірно знижується при всіх навантаженнях. Тривале невідновлення пульсу (більше 6–8 хв після 3-хвилинного бігу) і зниження при цьому систолічного артеріального тиску вказують на порушення функціонального стану серцево-судинної системи. З підвищенням тренуваності спостерігається більш економна реакція на навантаження і швидке, протягом 3–4 хв відновлення. Під час виконання функціональної проби звертається увага на прояви ознак втоми (надмірна задишка, збліднення, порушення координації рухів тощо), що дозволяє комплексно оцінити ступінь переносимості навантаження.

Стан серцево-судинної системи можливо оцінювати за допомогою розрахункових показників. Деякі з них:

- ПЯР (показник якості реакції) — обчислюється та оцінюється, як у пробі Мартине-Кушелевського (див. вище),

- ПЕК (показник ефективності кровообігу)

$$\text{ПЕК} = (\text{АТс} / \text{ЧСС}) \times 100 \quad (15)$$

де – АТс — артеріальний тиск систолічний відразу після навантаження (мм рт. ст.);

ЧСС — частота серцевих скорочень в кінці або відразу після навантаження (уд/хв).

Величина ПЕК у нормі: 90-125. Зменшення або збільшення ПЕК свідчить про погіршення якості адаптації до навантаження.

- КВ (коефіцієнт витривалості, коефіцієнт Квааса)

$$\text{КВ} = (\text{ЧСС} \times 10) / \text{АТп} \quad (16)$$

де – ЧСС — частота серцевих скорочень в кінці або відразу після навантаження (уд/хв).

АТп — артеріальний тиск пульсовий відразу після навантаження (мм рт.ст.);

Величина КВ у нормі: 16. Його збільшення вказує на погіршення якості реакції, а зменшення — на покращення реакції серцево-судинної системи.

Пробу Летунова частіше використовують у спортсменів та підлітків з достатньою фізичною підготовкою.

Поняття про фізичну працездатність людини

Фізична працездатність людини — це потенційна або реальна здатність виконувати максимальні фізичні зусилля у динамічній, статичній або комбінованій роботі. Загальну фізичну працездатність розглядають, як можливість людини виконувати фізичну роботу достатньої інтенсивності протягом досить тривалого часу при збереженні адекватних параметрів відповідних реакцій організму. Комплексно оцінити стан здоров'я підлітків можливо тільки з визначенням їх потенційних фізичних можливостей, тобто здатності до трудової, спортивної, військової діяльності. Наразі обов'язкове дослідження «фізичної працездатності» рекомендовано Всесвітньою організацією охорони здоров'я (ВООЗ) і Міжнародною федерацією спортивної медицини (МФСМ).

Доведено, що у здорових дорослих людей та старших підлітків максимальна фізична працездатність (з максимальним споживанням кисню) відбувається при збільшенні ЧСС до 170 уд/мин. Вибір цієї ЧСС обумовлений тим, що у молодих людей саме у діапазоні пульсу від 170 до 200 уд/хв. знаходиться зона оптимального функціонування кардіореспіраторної системи. Частота пульсу 170 уд/хв характеризує оптимальний за продуктивністю режим функціонування серцево-судинної системи під час фізичних навантажень. Тому, згідно світовим стандартам, толерантність до фізичного навантаження або фізична працездатність (physical working capacity) — PWC170 (W170) — визначають з застосуванням дозованого субмаксимального навантаження, яке підвищує ЧСС до 170 ударів (при чому досягається 75–90 % максимальної потреби кисню). Достатню м'язову

роботу забезпечують за допомогою двох тестів з фізичним навантаженням: степ-тесту та велоергометрії.

Тести для визначення фізичної працездатності

- *Субмаксимальний тест Валунда-Шестранда* — це проба для визначення фізичної працездатності молоді (до 30 років). Проводять у спортсменів або здорових тренуваних людей.

Полягає в тому, що виходячи з наявності лінійної залежності між ЧСС і W, виконується лише два субмаксимальні навантаження та визначається величину тієї м'язової роботи, при якій ЧСС досягає 170 уд/хв. (PWC170). Для дітей, враховуючи їх більш низьку межу допустимого зростання пульсу, застосовують тести PWC130 та PWC150 — визначення фізичної працездатності при досягненні ЧСС в 130 та 150 уд/хв.

Застосовуються два варіанта проведення тесту: на велоергонометрі або при сходженні на сходинку. Потужність 2-ї частини тесту, залежно від маси тіла, віку і статі, дорівнює 150-250 Вт, потужність 1-ї частини вдвічі менша.

Перше навантаження — тривалість 5 хвилин. Частота педалювання або підйому на сходинку — 90–100 кроків за хвилину (близько 15 сходжень за хвилину по 2-х сходових сходах). ЧСС та АТ визначають на останніх секундах навантаження або відразу після навантаження.

Між 1-ою та 2-ою сходинками навантаженням дається відпочинок у 3 хвилини.

Друге навантаження-тривалість 5 хв. Частота сходжень на сходинку або педалювання на велоергометрі — 120–130 кроків за хвилину (близько 20 сходжень за хвилину по 2-х сходових сходах). Визначають ЧСС та АТ відразу після 2-го навантаження.

Кожну хвилину протягом наступних 5 хвилин вимірюють ЧСС та АТ.

- *Модифікація В.Л. Карпмана.* Цей варіант тесту передбачає виконання двох навантажень зростаючої потужності. Потужність першого навантаження (W1) залежить від маси людини. Для практично здорової людини вона складає

приблизно 1 Вт/кг; для людини, яка не займається фізичною працею або тренуваннями — 0,5 Вт/кг. Наприкінці першого навантаження підраховують ЧСС за 30 секунд. Залежно від її розміру і величини першого навантаження за спеціальною таблицею визначають величину другого навантаження (W_2). У випадках, коли різниця між потужністю першого і другого навантажень невелика, точність визначення фізичної працездатності значно зменшується. Важливо, щоб різниця між показниками ЧСС наприкінці навантажень була не менше, ніж 40 уд./хв. Це забезпечує отримання найбільш точних результатів. Виконуються 2 навантаження з тривалістю 5 хв різної, але помірної потужності, з 3-хвилинним інтервалом відпочинку. Наприкінці навантажень протягом останніх 30 с підраховують ЧСС. Подвоюючи ці числа, отримують ЧСС за 1 хвилину після першого й другої навантаження.

Тест в модифікації Л.І. Абросімової зі співавт. передбачає виконання одного навантаження. Для отримання точних результатів, порівняних з результатами тесту в модифікації В.Л. Карпмана, необхідно підібрати навантаження, при якому до моменту його завершення ЧСС досягне 150–160 уд./хв.

Також визначення фізичної працездатності відбувається за двома навантаженнями при степергометрії. Пацієнт протягом 3 хвилин здійснює підйоми на сходинку висотою 35 см з частотою 20 підйомів за хвилину (частота метронома 80 ударів за хвилину). На один удар метронома відбувається один рух. По закінченні навантаження рахують пульс протягом 10 с. Далі виконується друге навантаження з частотою 30 підйомів за хвилину (120 уд./хв). Після закінчення другого навантаження знову рахують пульс. Потім визначають PWC170 за допомогою таблиці. На горизонтальній лінії знаходять ЧСС після першого навантаження, а на вертикальній — відповідно після другого навантаження. Перетин двох показників дає величину відносного PWC170 у перерахунку на 1 кг ваги тіла. За відсутності отриманої під час дослідження ЧСС у таблиці, величину відносного показника PWC170 можна віднайти за формулою.

- *Загальноєвропейський варіант тесту* передбачає виконання трьох зростаючих за потужністю, не розділених інтервалами відпочинку навантажень,

тривалість кожного з яких 3 хвилини. За цей час навантаження зростає вдвічі — через 3 і 6 хвилин від початку тестування. ЧСС вимірюється протягом останніх 15 секунд кожної 3-хвилинної серії. При цьому навантаження регулюється так, щоб до кінця виконання тесту ЧСС збільшилась до 170 уд./хв. Потужність навантаження розраховується на одиницю маси тіла випробуваного. Висхідна потужність установлюється з розрахунку 0,75–1,25 Вт/кг, а її збільшення здійснюється відповідно зі зростанням ЧСС.

Степ-тест

Степ-тест або проба Майстра полягає у застосуванні фізичного навантаження у вигляді підйому та спуску зі сходинки на сходинку визначеної висоти.

Висота сходинки розраховується виходячи з розміру ноги дитини, число підйомів — або стандартизовано, або обчислюється для виконання певної визначеної роботи (у Вт). Враховуючі, що ЧСС 170 уд./хв досягається за потужності навантаження біля 3 Вт/кг, потужність 1, 2 та 3 ступенів складає 1, 2 и 3 Вт/кг відповідно. Це вважається стандартним навантаженням, що відповідає 6, 12, 18 кгм/хв ($1\text{Вт} \approx 6,12 \text{ кгм/хв}$). Висота стандартних сходинок: 133; 267; 400 мм відповідно.

Результати дослідження полягають в аналізі зміни частоти пульсу до навантаження та у періоді відновлення. Використовують розрахункові показники, такі, як індекс степ-тесту, показник фізичної працездатності тощо.

Показник фізичної працездатності (PWC170, кг/хв):

$$\text{PWC170} = 1,5 \times M \times h \times n \quad (17)$$

де – M — маса тіла (кг);

h — висота сходинки (м);

n — кількість сходжень за 1 хв.

За тестом у модифікації Л.І. Абросімової зі співавт. розрахунок PWC170 можна провести за формулою:

$$\text{PWC170} = W / \text{ЧСС}_1 - \text{ЧСС}_0 \times (170 - \text{ЧСС}_0) \quad (18)$$

де – W — потужність навантаження;
 $ЧСС_0$ — ЧСС спокою (до навантаження);
 $ЧСС_1$ — ЧСС після навантаження.

Якщо виконуються 2 навантаження (перше у вигляді 3-хвилинного підйому на сходинку висотою 35 см з частотою 20 підйомів за хвилину, потім підрахунок ЧСС за 10 с, далі друге навантаження з частотою 30 підйомів за хвилину і знову підрахунок ЧСС за 10 с), то PWC_{170} (кгм/хв) визначають за формулою або таблицею:

$$PWC_{170} = A \times M \tag{19},$$

де – A — величина відносного PWC_{170}
 M — маса тіла досліджуваного (кг).

Величину відносного показника PWC_{170} обчислюють за формулою:

$$A = 7,2 \times (1 + 0,5 \times (28 - ЧСС_1) / (ЧСС_2 - ЧСС_1)) \tag{20},$$

де – $ЧСС_1$ — пульс після першого навантаження;
 $ЧСС_2$ — пульс після другого навантаження.

Визначення відносного показника PWC_{170} за допомогою даних степ-тесту представлено у таблиці 14.

Таблиця 14

Визначення відносного показника PWC170 за допомогою даних степ-тесту

Пульс за 10 сек при підйомі на сходинку														
2-ге навантаження (P2)	1-е навантаження (P1)													
	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
18	22,7													
19	18,9	21,9												
20	16,6	18,2	20,7											
21	15,0	16,0	17,3	19,2										
22	13,8	14,5	15,3	16,2	18,0									
23	13,0	13,5	13,9	14,4	15,3	16,8								
24	12,4	12,7	12,9	13,2	13,7	14,4	15,6							
25	11,9	12,1	12,2	12,3	12,6	13,0	13,5	14,4						
26	11,4	11,6	11,7	11,7	11,8	11,9	12,7	12,6	13,2					
27	11,2	11,2	11,2	11,2	11,2	11,3	11,4	11,5	11,7	12,0				
28	10,8	10,8	10,8	10,8	10,8	10,8	10,8	10,8	10,8	10,8	10,8			
29	10,5	10,5	10,4	10,4	10,4	10,4	10,3	10,2	10,2	10,1	9,6	9,6		
30	10,3	10,3	10,2	10,2	10,1	10,1	9,9	9,9	9,7	9,6	9,4	9,0	8,4	
31	10,1	10,1	10,0	9,9	9,8	9,8	9,7	9,6	9,4	9,2	9,0	8,6	8,1	7,2
32	10,0	9,9	9,8	9,7	9,6	9,6	9,4	9,1	9,0	8,7	8,4	7,9	7,6	7,2
33	9,8	9,8	9,6	9,6	9,5	9,4	9,3	9,1	9,0	8,6	8,5	8,2	7,8	7,2

Пояснення: на горизонтальній лінії знаходять ЧСС (P1) після першого навантаження, а на вертикальній — відповідно ЧСС (P2) після другого навантаження. Перетин двох показників дає величину відносного PWC170 у перерахунку на 1 кг ваги тіла.

Універсальним для оцінки фізичної працездатності є Гарвардський степ-тест.

У стані спокою в обстежуваного реєструється пульс за 30 секунд і АТ.

Навантаження полягає в підйомі на сходинку протягом визначеного часу. Підйом здійснюється у наступному порядку: одна нога ставиться на сходинку, потім друга нога ставиться на сходинку (обидві ноги випрямляються), перша нога опускається на підлогу, на підлогу опускається друга нога. У таблиці 15 показані висота сходинки та час сходження у підлітків.

Пацієнт виконує сходження на сходинку в ритмі 30 кроків за хвилину. Темп задається метрономом, який встановлюється на 120 уд./хв. Після виконання роботи 3 рази (упродовж перші 30 секунд 2-й, 3-й і 4-й хвилин) реєструється величина ЧСС (уд/за 30 с). Якщо обстежуваний проявляє зовнішні ознаки надмірної втоми (блідість, задишка, порушення координації та ін.) або через

втому починає відставати від заданого темпу, то тест припиняють і фіксують фактичний час роботи в секундах.

Таблиця 15

Висота сходинки та час сходження у підлітків

Контингент досліджуваних	Висота сходинки, см	Час сходження, хв
Хлопчики і дівчатка 8–11 років	35	3
Юнаки (12–18 років)		
площа тіла < 1,85 кв. м.	45	4
площа тіла > 1,85 кв. м.	50	4
Дівчата (12–18 років)	40	4
Чоловіки (> 18 років)	50	5
Жінки (> 18 років)	43	5

За індексом гарвардського степ-тесту (ІГСТ) оцінюють швидкість відновлення пульсу після стандартної фізичного навантаження (табл. 16).

Індекс гарвардського степ-тесту (ІГСТ) розраховують за такою формулою:

$$ІГСТ = \frac{t \times 100}{(ЧСС1 + ЧСС2 + ЧСС3) \times 2} \quad (21),$$

де – t — фактичний час сходження (с.);

ЧСС1, ЧСС2 і ЧСС3 — частота серцевих скорочень за 30 с відповідно на 2-й, 3-ій і 4-ої хвилинах відновлення.

Таблиця 16

Значення ІГСТ для якісної оцінки фізичної працездатності (Сенаторова Г.С., 2014)

ІГСТ	Фізична працездатність
50 і нижче	Дуже погана
51–60	Погана
61–70	Середня
71–80	Добра
81–90	Дуже добра
91 і вище	Відмінна

Крім розрахунку індексу можна встановити, яка «ціна» адаптації серцево-судинної системи до досягнення певного рівня працездатності. Якщо високе значення ІГСТ супроводжується нормотонічним типом реакції з відновленням

пульсу й артеріального тиску на 5-й хвилині, в інших випадках така ж висока працездатність досягається більш значним напруженням серцево-судинної системи й супроводжується гіпертонічною, дістонічною, гіпотонічною або ступеневою реакціями.

Висновок про фізичну працездатність та резервні можливості системи кровообігу роблять при зіставленні індексу гарвардського степ-тесту з характером реакції пульсу та артеріального тиску.

Фізичну працездатність підтримує відповідний функціональний стан кардіореспіраторної системи. Кількісною характеристикою фізичної працездатності також є величина максимального споживання кисню (МСК) — найбільша кількість кисню, яку обстежуваний може спожити під час виконання динамічного навантаження із залученням великої частини м'язів. Цей показник розглядається як об'єктивний параметр толерантності до навантаження.

Значно стандартизувати методику та створити точно дозоване фізичне навантаження дозволяє інший метод дослідження фізичної працездатності — велоергометрія.

Велоергометрія

Оцінювання фізичної працездатності може проводитися під час дозованого навантаження у вигляді обертання педалей стаціонарного велосипеда.

Пацієнту пропонується «їхати» на нерухомому велосипеді зі швидкістю 40–80 об/хв., дітям міняють темп залежно від віку. Одночасно знімають ЕКГ, реєструють АТ, ЧСС, насичення крові киснем до проби, під час її виконання та після закінчення до повернення показників до вихідного рівня. Рухи верхньої половини тіла при велоергометрії виражені незначно, що полегшує запис ЕКГ та вимірювання АТ. Щоб запобігти ізометричним навантаженням і навантаженням, спрямованим на подолання опору, які залежать від положення рук, пацієнту не потрібно з силою стискати кермо, плечовий пояс має бути розслаблений. Не можна підніматися в сідлі, його висота встановлюється так, щоб у нижньому положенні педалі нога була повністю випрямлена в колінному суглобі. Навантаження

при велоергометрії може бути субмаксимальним або максимальним залежно від віку, стану здоров'я та поставленої задачі. Максимальне навантаження застосовується у здорових і тренуваних дітей. При захворюванні серця або при підозрі на нього можливе використання тільки субмаксимального навантаження. Згідно частоти серцевих скорочень, величина фізичного навантаження повинна становити 70–85 % від максимальної для даного віку. У підлітків часто встановлюється потужність навантаження для досягнення ЧСС 170 уд./хв., що становить 2–3 Вт/кг (1 Вт \approx 6,12 кгм/хв). При значеннях менше 2 Вт/кг говорять про знижену толерантність до фізичного навантаження, понад 3 Вт/кг — про підвищену. Можливе використання різних значень потужності навантаження залежно від віку: у дітей віком 6–7 років — 1–1,5 Вт/кг; 8 років — 1,5–2,5 Вт/кг; 9–14 років — 2–3 Вт/кг; 15–17 років — 2,5–3,5 Вт/кг.

Стандартний протокол навантажувальної проби (протокол R. Bruse) представлений у таблиці 17.

Таблиця 17

Стандартний протокол навантажувальної проби (протокол R. Bruse)

Сходишки навантаження	Велоергометр, Вт
1	25
2	50
3	75
4	100
5	125
6	150

У дітей від 5 до 15 років належна максимальна потужність навантаження розраховується орієнтовно за формулою (Godfrey, 1974):

$$W_{\text{макс.}} = 15 \times (L - 100) / 6 \tag{22},$$

де – W — макс. потужність навантаження (Вт),

L — довжина тіла дитини (см).

Під час велоергометрії максимальне навантаження у дівчат на 12 % менше, ніж у хлопців відповідного віку.

У підлітків і дорослих рівень максимальної (максЧСС) та субмаксимальної ЧСС (субмаксЧСС) під час навантаження при велоергометрії, розраховується за формулами (за рекомендаціями American College of Cardiology/American Heart Association):

$$\begin{aligned} \text{максЧСС} &= 220 - N \\ \text{субмаксЧСС} &= 200 - N \end{aligned} \quad (23),$$

де N — вік (роки).

При велоергометрії виділяють наступні види фізичних навантажень:

- постійне навантаження (не змінюються весь час дослідження), переноситься зазвичай сприятливо;
- ступінчасто зростаюче навантаження (початкове навантаження протягом 4–5 хвилин до відносної стабілізації пульсу, після відпочинку 5–10 хвилин потужність збільшують (як правило, вдвоє), та в подальшому збільшують на величину початкової потужності. У дітей до 9 років рекомендується міняти темп обертання педалей, так як у них переривання проби може бути обумовлено місцевою втомою м'язів. Навантаження збільшують послідовно до досягнення субмаксимальної частоти пульсу;
- безперервно зростаюче навантаження (потужність навантаження підвищують кожні 2–3 хвилини вдвоє без перерви до досягнення субмаксимальної частоти ритму).

За даними деяких дослідників (Тавровська Т.В. 2007 р.), важливим є суб'єктивна оцінка рівню навантаження за шкалою Борга. Наприклад, при ступінчасто зростаючому навантаженні на велоергометрі при досягненні ЧСС 170 уд./хв тільки 35 % зі 187 хлопчиків 15–17 років сприймали його, як субмаксимальне (5–10 балів за 10-рівневою), інші оцінили його, як недостатнє. Існуючі відмінності у сприйнятті інтенсивності навантаження при досягненні ЧСС 170 уд./хв може свідчити й про те, що тільки ЧСС не може бути критерієм оцінки працездатності. У підлітків частіше рекомендують використовувати не ступінчасто зростаючі, а неперервно зростаючі навантаження.

Одним з варіантів неперервно зростаючої велоергометрії є тест Новаккі.

Тест Новаккі передбачає визначення часу, протягом якого досліджуваний здатен виконувати навантаження певної потужності, яке залежить від маси тіла людини. Величина початкового навантаження складає 1 Вт/кг. Якщо дану пробу застосовують на етапі реабілітації після патологічного стану, то початкове навантаження складає $\frac{1}{4}$ Вт/кг. Пробу можна використовувати при відборі у юнацькому спорті. На кожній наступній сходинці навантаження поступово зростає без інтервалів відпочинку, інтенсивність роботи поступово збільшується на 1 Вт/кг. Тривалість кожного етапу складає дві хвилини. Тест проводиться до тих пір, поки досліджуваний може виконувати навантаження або до появи ознак порогу толерантності (поки він не відмовиться від виконання проби).

Оцінка результатів тесту Новаккі відображена у таблиці 18.

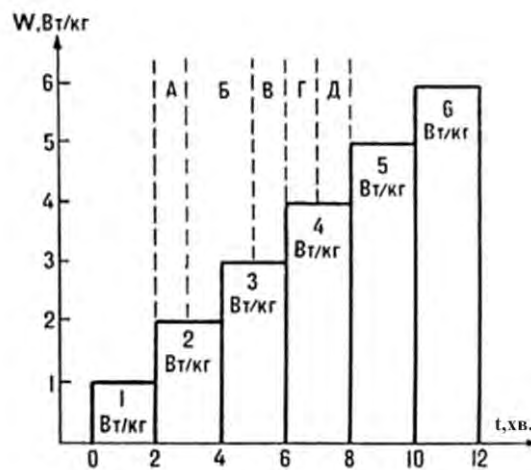


Рис.1 Схема проведення тесту Новаккі.

Для оцінки результатів тесту з урахуванням потужності навантаження і тривалості його утримання розроблена оцінювальна таблиця.

Нормальна фізична працездатність за даним показником у нетренованих осіб відповідає навантаженню потужністю 3 Вт/кг, яке виконувалося протягом двох хвилин, а у тренуваних осіб — 4 Вт/кг.

Найчастіше використовують тест PWC170, оскільки показники цього тесту можна використати для непрямого визначення МСК.

Таблиця 18

Оцінка результатів тесту Новаккі

Потужність навантаження, Вт/кг	Час роботи на кожній сходитці (хв)	Оцінка результатів тестування
2	1	Низька працездатність у нетренованих (А*)
3	1	Задовільна працездатність у нетренованих (Б)
3	2	Нормальна працездатність у нетренованих (В)
4	1	Задовільна працездатність у спортсменів (Г)
4	2	Хороша працездатність у спортсменів (Д)
5	1–2	Висока працездатність у спортсменів
6	1	Дуже висока працездатність у спортсменів

*А, Б, В, Г, Д – маркування за схемою тесту

Тривалість проведення проби зазвичай становить 9 хвилин, інколи вона може збільшуватися до 12 хвилин (при високій фізичній працездатності). Після закінчення дослідження необхідно продовжувати обертання педалей ще 40–60 с для попередження виникнення колапсу з різким зменшенням венозного повернення внаслідок периферичної вазодилатації при припиненні роботи «м'язового насосу».

Реакція на навантаження оцінюється за змінами ЧСС, АТ, ЕКГ, насичення крові киснем тощо.

При поступовому підвищенні потужності навантаження про адекватність її на кожному рівні свідчить збереження постійних ЧСС та АТ і відсутність патологічних змін на ЕКГ в останні 2 хв кожного рівня навантаження. Інколи необхідно продовжувати спостереження протягом 6–8 та більше хвилин після завершення проби, до нормалізації показників ЧСС, АТ і ЕКГ.

Загальну фізичну працездатність прийнято розглядати, як здатність людини виконувати фізичну динамічну роботу достатньої інтенсивності протягом досить тривалого часу при збереженні адекватних параметрів відповідних реакцій організму.

Зміни ЧСС

Висока ЧСС під час субмаксимальному навантаженні чи у періоді відновлення може бути спровокована:

- ознакою зниження об'єму циркулюючої крові,
- анемією,
- низьким периферійним судинним опором,
- порушенням регуляції судинного тонуусу при вегетативній дисфункції,
- хвилюванням,
- детренованістю, особливо на тлі підвищеної маси тіла
- недостатністю кровообігу,
- дилатаційною кардіоміопатією та ін.

У порівнянні з дорослими у дітей під час вправи спостерігається менший ударний об'єм лівого шлуночка, який вони компенсують підвищенням частоти серцевих скорочень. Чим менше об'єм лівого шлуночка, тим менше здатність до перенесення кисню до органів і тканин. Раннє досягнення субмаксимальної ЧСС — це одна з ознак зниженої толерантності до фізичного навантаження.

Низька ЧСС при велоергометрії може бути пов'язана з:

- високим рівнем фізичної підготовки,
- впливом медикаментів (наприклад, бета-адреноблокаторів),
- синдромом слабкості синусового вузла та ін..

Може бути, що субмаксимальної ЧСС не вдається досягнути навіть до кінця 3 хвилини навантаження.

Зміни АТ

Зміни АТ обумовлені розміром серцевого викиду та станом периферійного опору судин. У нормі суттєво збільшується серцевий викид, меншою мірою зменшується периферійний судинний опір. Як наслідок цього, спостерігається збільшення систолічного АТ, незначне збільшення діастолічного АТ (у деяких здорових дітей АТд навіть зменшується на піку навантаження). Систолічний АТ повертається до вихідного рівня протягом 6 хвилин після закінчення навантаження. Через розширення периферійних судин, може залишатися нижчим, ніж до проби, протягом декількох годин після проби.

Відсутність збільшення АТ, зниження систолічного АТ може бути при:

- серцевій патології зі зниженням серцевого викиду (кардіоміопатія, аортальний стеноз та ін.),
- вегетативна дисфункція за гіпотонічним типом,
- значна детренованість,
- вплив медикаментів (бета-адреноблокатори, ІАПФ тощо)
- інколи відбувається падіння АТ на піку навантаження у здорових.

Значне збільшення АТ відбувається у:

- у хлопчиків максимальний систолічний АТ збільшується більше, ніж у дівчат (не вище 200 мм рт. ст.),
- у дітей старшого віку,
- при підвищеній масі тіла тощо.

Згідно реакцій ЧСС та АТ, виділяють наступні типи реакції:

1. Нормотонічна (приріст ЧСС на 85–90 уд./хв, поступовий приріст АТс на 70–75 мм рт. ст.; незначне збільшення, зниження (до 40–60 мм рт. ст.) або не змінення АТд; поступове повернення до вихідних значень ЧСС та АТ протягом 5–6 хвилин після завершення проби). Патологією вважається різке підвищення АТ після першої сходинки навантаження.

2. Гіпотонічна (приріст ЧСС вище адекватного; приріст АТс менше 60 мм рт. ст.; збільшення, зниження або не змінення АТд; приріст АТп менше 15 %)

3. Гіпертонічна (приріст ЧСС адекватний; зміни АТ у вигляді

a. систолічного варіанту — приріст АТс більше, ніж на 70 мм рт. ст. (іноді > 200 мм рт. ст.) при виконанні навантажень низької та середньої потужності,

b. систоло-діастолічного варіанту — високий приріст АТс та АТд (більше 160–180 / 80–100 мм рт. ст. залежно від віку) при виконанні навантажень низької та середньої потужності,

c. діастолічного варіанту — ізольований приріст АТд (найбільш несприятливий варіант).

4. Дистонічна (значний приріст АТс (іноді 200 та більше мм рт. ст.), значне зниження АТд (нижче 40 мм рт.ст., іноді «феномен нескінченного тону»); уповільнений період відновлення. Реакція характерна для нетренованих осіб підліткового віку або при перетренованості у спортсменів.

Під час велоергометрії у здорових підлітків АТс змінюється пропорційно потужності навантаження. Запропонована формула (Jones):

$$АТс = 120 \pm 0,08 \times W \quad (24),$$

де W — потужність навантаження (кгм/хв.)

Якщо зміни АТ під час проби не є нормою, але не вкладаються у будь-який конкретний тип визначеної реакції, рекомендують їх не класифікувати і вказати у висновку: «Тип реакції АТ на навантаження визначити не вдається».

Зміни ЕКГ

Зміни ЕКГ на фізичне навантаження при велоергометрії в нормі:

- амплітуди зубця Р збільшується,
- інтервали PQ, QT скорочуються відповідно до ЧСС,
- амплітуда зубця R у відведеннях V5–V6 може збільшуватися на початку фізичного навантаження, у подальшому вона нормалізується або зменшується,
- зубець Т — зміни неспецифічні,
- зубець U збільшується,
- сегмент ST — підвищений при синдромі ранньої реполяризації шлуночків зменшується до ізолінії, діагностичне значення має зміщення ST на 2 мм від ізолінії порівняно з вихідними показниками.

Рівень насичення крові киснем

Насичення крові киснем характеризує аеробні властивості організму. Максимальне споживання кисню визначає кількість кисню, яку організм здатний засвоїти за одиницю часу. Наразі показник максимального споживання кисню (МСК) є головним параметром для характеристики толерантності організму

людини до фізичного навантаження, а також основним критерієм фізичного здоров'я людини. МСК — це найбільша кількість споживаного кисню при виконанні динамічного навантаження, яке включає в роботу більшу частину загальної м'язової маси. МСК представлено кількістю кисню, що транспортується і використовується у клітинному обміні.

Насичення крові киснем напряму залежить від величини серцевого викиду, який у здорових людей майже лінійно збільшується під час фізичного тренування. Серцевий викид, а також і споживання кисню зростають майже у 3 рази під час тесту з максимальним навантаженням. МСК еквівалентно максимальному хвилинному об'єму крові, помноженому на максимальну артеріовенозну різницю за киснем. Оскільки хвилинний об'єм крові знаходиться у прямій залежності від ударного об'єму та ЧСС, споживання кисню прямо пов'язане з ЧСС. МСК є неінвазивним методом оцінки хвилинного об'єму крові.

Залежність від віку полягає в тому, що максимальна кількість кисню споживається у віці 15–30 років та прогресивно зменшується при старінні. Існують статеві розбіжності. Якщо у віці 12–16 років між дівчатками і хлопчиками немає суттєвої різниці в МСК, то уже у 12–14 років у дівчат МСК дещо знижується, а надалі у жінок спостерігаються менші значення МСК (це пов'язано і з меншою м'язовою масою, і з меншою кількістю гемоглобіну та об'єму крові, і з меншим ударним об'ємом) у порівнянні з чоловіками. Виявлено дуже тісну залежність МСК від маси тіла, тому більш точні значення МСК при вираженні його у відносних величинах (мл/кг/хв).

Значно впливає на МСК рівень фізичної підготовленості. Так, після 3-х тижнів постільного режиму у здорових чоловіків воно знижується на 25 %. У помірно активних молодих людей МСК приблизно дорівнює 12 метаболічних одиниць, досягаючи при заняттях спортом 18–24 метаболічні одиниці (60–85 мл/кг/хв).

З початком фізичної роботи поглинання кисню швидко збільшується та досягає стабільних показників відповідно навантаженню. У дітей можливе 10-кратне збільшення кисню крові під час тренування, у дорослих — у 10–15 разів, у

спортсменів — до 20 разів. Споживання кисню залежить від розмірів, зокрема, маси тіла людини. При виконанні різних дозованих навантажень і використанні різних протоколів показники максимального споживання кисню можуть різнитися. При досягненні меж можливостей постачання кисню при навантаженні необхідну енергію починає забезпечувати анаеробний гліколіз, що призводить до підвищення рівня молочної кислоти у м'язах і плазмі крові. На піке анаеробного порогу відбувається різке збільшення рівня лактату. Паралельно збільшується рівень бікарбонату і CO_2 , що викликає рефлекс гіпервентиляції. У здорових підлітків під час фізичного навантаження насичення крові киснем повинна триматися на рівні більше 90 %. Якщо під час тренування сатурація знижується менше 90 %, реакція вважається патологічною і може свідчити про наявність серцево-судинних та респіраторних проблем.

Прямий метод визначення МСК засновано на спіроергометрії та потребує використання спеціального обладнання (пульсоксиметру, газоаналізаторів відкритого типу з автоматичним виміром поглинання кисню і виділення вуглекислого газу тощо).

Частіше використовують непрямі методи оцінки МСК. У них рівень МСК оцінюють за таблицями, номограмами та формулами (таблиці S. Fox, номограми I. Astrand, формули R. Bruce, J. Detry, W. vonDobeln, В.Л. Карпмана). Як номограми, так і розрахункові формули МСК мають певні похибки, пов'язані з недооцінкою того, що маса тіла пацієнта складається не тільки з м'язової маси, але й з жирового шару, який не поглинає кисень так активно як м'язи. Отже, в осіб із ожирінням розрахункове МСК буде завищеним, а фізична працездатність, як правило, знижена і не відповідає розрахунковому МСК. Розбіжність між розрахунковим МСК, вимірним прямим і непрямим методом, становить мінімум $\pm 10\text{--}15\%$.

Для отримання максимально точних результатів МСК у формулу розрахунку повинні входити, як мінімум, данні про масу тіла, вік та ЧСС пацієнта.

МСК знижується зі збільшенням віку та підвищенням маси і, навпаки, МСК збільшується зі збільшенням ЧСС.

Абсолютна величина МСК може бути обчислена за формулою Карпмана, яка

- для осіб із невисоким ступенем тренуваності має такий вигляд:

$$МСК = 1,7 \times W + 1240 \quad (25)$$

де – W — потужність останньої сходинки навантаження, Вт,

- для спортсменів, що спеціалізуються у швидкісно-силових видах спорту:

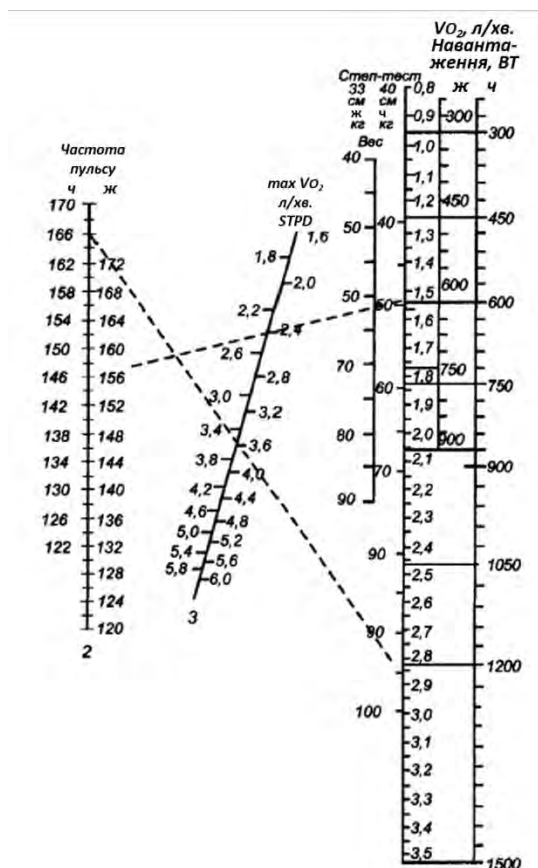
$$МСК = 2,2 \times W + 1240 \quad (26)$$

- для спортсменів, що тренуються на витривалість:

$$МСК = 2,2 \times W + 1070 \quad (27)$$

В нормі між величиною споживання кисню і ЧСС існує лінійна залежність. МСК відображає функціональні можливості серцево-судинної та дихальної системи та фізичного стану в цілому, тобто аеробну здатність.

Номограма I.Astrand



Знаючи потужність виконаної роботи і ЧСС, за номограмою можна визначити рівень МСК.

Номограма Астранда – Ріммінга

Щоб оцінити МСК за номограмою, з'єднують лінією ЧСС під час навантаження (за шкалою зліва) і вагу обстежуваного (за шкалою праворуч), і знаходять у точці перетину з центральною шкалою величину МСК.

Абсолютна величина МСК у людей, які не займаються спортом, не перевершує 2–2,5 л/хв. У спортсменів вона досягає 4,5–6,0 л/хв.

Відносний показник МСК (ВМСК, мл/хв/кг) більш точно, ніж абсолютний, характеризує аеробну здатність, значення розраховується за формулою:

$$\text{ВМСК} = \frac{\text{МСК}}{M} \quad (28),$$

де – M — маса тіла, кг,

$$\text{тобто, МСК} = [(1,7 \times W \times 6) + 1240] / M \quad (29),$$

де – W — потужність останньої сходинки навантаження, Вт,

M — маса тіла, кг.

Величина відносного МСК за методикою С.А. Душаніна визначається за даними ЕКГ (у відведенні V6)

$$\text{МСК (мл/кг/хв.)} = R \times 100 / (R + S) \quad (30),$$

де – R — амплітуда зубця R у відведенні V6, мм;

S — амплітуда зубця S у відведенні V6, мм.

Норма — до 60 мл/кг/хв. Для спортсменів — 60–75 мл/кг/хв. і більш.

Розрахунок величини МСК за формулою фон Добельна:

$$\text{МСК} = A \times \sqrt{\frac{W}{\text{ЧСС}_{\text{max}} - h}} \times K \quad (31),$$

де – A — поправочний коефіцієнт з урахуванням віку і статі (табл. 19);

W — потужність навантаження (кгм / хв);

ЧСС_{тах} — ЧСС в кінці навантаження (уд/хв);

h — віково-статева поправка до пульсу;

K — віковий коефіцієнт (табл. 20).

Таблиця 19

Поправочні коефіцієнти A і h у дітей та підлітків

Вік, років	Коефіцієнт A		Поправка, h	
	хлопчики	дівчатка	хлопчики	дівчатка
8	1,05	0,80	-30	-30
9	1,11	0,85	-30	-30
10	1,11	0,95	-30	-30
11	1,15	0,95	-40	-30
12	1,20	0,98	-50	-40
13	1,20	0,98	-50	-40
14	1,25	1,05	-60	-40
15	1,27	1,05	-60	-40
16	1,29	1,10	-60	-40

Таблиця 20

Вікові коефіцієнти (K)

Вік, років	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
коефіцієнт	0,931	0,922	0,914	0,907	0,900	0,891	0,883	0,878	0,868	0,861	0,853

За даними Рутенфранса і Геттінгера, відносний показник МСК у школярів у віці 9–17 років в середньому становить 50–54 мл/кг у хлопчиків і 38–43 мл/кг у дівчаток.

У дітей нормальні значення МСК різняться залежно від статі, віку і тренуваності. Відомі декілька варіантів нормативних показників (табл. 21).

Таблиця 21

Максимальне споживання кисню у дітей та підлітків

Вік (роки)	Хлопці		Дівчата	
	л/хв	мл/хв/кг	л/хв	мл/хв/кг
9	1,51	50	1,22	40
11	1,93	50	1,49	39
13	2,35	50	2,03	43
15	3,17	53	2,02	38
17	3,7	54	2,19	38

Фізична працездатність

Фізична працездатність (PWC170) характеризує рівень толерантності до фізичного навантаження.

При субмаксимальному тесті Валунда-Шестранда (методику див. вище) за формулою В.Л. Карпмана зі співавт. розраховують величину фізичної працездатності (PWC170):

$$PWC170 = W1 + (W2 - W1) \times \frac{(170 - ЧСС1)}{(ЧСС2 - ЧСС1)} \quad (32),$$

де – $W1, W2$ — потужність першої і другої частини навантаження,
 $ЧСС1, ЧСС2$ — частота серцевих скорочень наприкінці першої і другої частини навантаження.

Якщо застосовують тести PWC130 та PWC150 — визначення ФП при досягненні ЧСС в 130 та 150 уд/хв відповідно за формулами:

$$PWC170 = W1 + (W2 - W1) \times \frac{(130 - ЧСС1)}{(ЧСС2 - ЧСС1)} \quad (33)$$

або

$$PWC170 = W1 + (W2 - W1) \times \frac{(150 - ЧСС1)}{(ЧСС2 - ЧСС1)} \quad (34)$$

Вважається, що ЧСС 170 уд./хв у здорових дітей досягається при потужності навантаження близько 3 Вт/кг, тому потужність 1, 2 і 3 ступенів зазвичай становить 1, 2 і 3 Вт/кг відповідно. Належну максимальну потужність навантаження у дітей від 5 до 15 років можна визначити орієнтовно за формулою Godfrey (1974):

$$W_{max} = 15 \times (L - 100) / 6 \quad (35),$$

де – W_{max} — максимальна потужність навантаження (Вт),

L — довжина тіла дитини (см).

Зазвичай навантаження при проведенні велоергометрії у дівчаток на 12 % менше, ніж у хлопчиків цього ж віку.

Середній рівень фізичної працездатності за допомогою субмаксимального тесту PWC170 серед дітей, які не займаються спортом, становить близько 10–13 кгм/хв у дівчат, та близько 11–14 кгм/хв у хлопчиків і юнаків (І.А. Корнієнко з співавт., 1978; Л.І. Абросимова, В.Е. Карасик, 1982; О.В. Ендропов, 1990 та ін.). З віком, особливо у дітей і підлітків, на збільшення абсолютної величини фізичної працездатності значно впливає збільшення маси тіла. Тоді як відносна величина фізичної працездатності з віком змінюється незначно, що дає можливість використовувати PWC170/кг для функціональної діагностики (С.Б. Тихвинський з співавт., 1978; Т.В. Сундалова, 1982; Л.В. Ващенко, 1983; Н.Н. Скороходова з співавт., 1985; В.Л. Карпман з співавт., 1988, та ін.). Відносна величина фізичної працездатності здорових нетренованих дівчат складає в середньому 11–12 кгм/хв-кг, у юнаків — 14–15 кгм/хв-кг.

Фізична працездатність за PWC170 здорових дітей представлені у таблицях 22, 23 і 24.

Таблиця 22

Фізична працездатність за PWC170 (кгм/хв) у здорових дітей

Вік, роки	Фізична працездатність, PWC170 (кгм/хв)	
	Хлопці	Дівчата
10	431 ± 76,2	385 ± 79
11	498,9 ± 56,7	438,6 ± 95,6
12	607,2 ± 195,3	482,6 ± 105,5
13	650,9 ± 144,8	516,5 ± 111,7
14	759,9 ± 204,5	574,2 ± 151,8
15	836 ± 214,5	619,5 ± 131,7

До низької толерантності відносять потужність навантаження менше 75 % від визначеної за таблицею.

Таблиця 23

Оцінка фізичної працездатності за PWC170 (Вт/кг) у дітей різного віку

Вік, роки	PWC170, Вт/кг
6–7 років	1,0–1,5
8 років	1,5–2,5
9–14 років	2–3
15–17 років	2,4–3,5

Показники загальної фізичної працездатності тісно пов'язані з аеробними можливостями організму, тобто продуктивністю системи транспортування кисню.

Таблиця 24

Значення PWC170 і МСК у дітей, що займаються (С) і не займаються (Н/С) спортом (В.Л. Карпман та співавт.)

Вік, роки	Стать	Відношення до спорту	PWC170 (Вт)	МСК	
				мл/хв	мл/хв/кг
8–9	Ч	с	108,3 ± 3,2	1492 ± 71	49,0 ± 1,7
		н/с	109,4 ± 3,5	1535 ± 42	50,4 ± 1,7
	Ж	с	120,0 ± 5,1	1337 ± 81	42,0 ± 3,7
		н/с	90,0 ± 3,7	1022 ± 30	36,3 ± 1,2
10–12	Ч	с	119,8 ± 3,8	1714 ± 74	47,9 ± 1,3
		н/с	102,9 ± 6,7	1657 ± 63	47,6 ± 2,3
	Ж	с	107,1 ± 5,6	1533 ± 36	42,6 ± 1,1
		н/с	103,3 ± 2,2	1277 ± 35	35,2 ± 1,2
12–13	Ч	с	155,7 ± 6,8	2221 ± 77	46,7 ± 1,0
		н/с	124,0 ± 2,5	1698 ± 52	43,8 ± 1,9
	Ж	с	129,5 ± 5,4	1974 ± 70	44,6 ± 1,3
		н/с	109,4 ± 7,0	1509 ± 63	32,7 ± 0,9
14–15	Ч	с	151,5 ± 10,6	2703 ± 72	46,6 ± 1,4
		н/с	114,3 ± 11,2	2299 ± 116	44,5 ± 1,7
	Ж	с	111,0 ± 5,6	2221 ± 52	42,6 ± 1,3
		н/с	100,0 ± 18,5	1722 ± 128	38,1 ± 3,7

Знаючи PWC170 та МСК, можна визначити рівень фізичного стану (РФС) людини.

Залежно від того, як показник МСК у конкретного пацієнта відрізняється від нормативного, розрізняють 5 функціональних РФС. Розвиток хронічних соматичних захворювань відбувається на тлі зниження РФС до певного критичного показника. У групі обстежених із високим РФС (101 % від норми МСК і вище) не виявлено хронічних соматичних захворювань; у групі з РФС вище середнього (91–100 % від норми МСК) захворювання виявлено у 6 % обстежених; у групі із середнім РФС (75–90 %) різні хронічні захворювання спостерігалися у 25 % обстежених (Апанасенко Г.Л. зі співавт., 1988 р.). За цією методикою критичним для розвитку захворювань вважається середній РФС. Встановлено, що пороговий

показник МСК, який визначає нормальний рівень соматичного здоров'я, складає 42 мл/хв./кг для чоловіків і 35 мл/хв./кг для жінок.

Рівень фізичного стану молодих людей залежно від МСК показаний у таблиці 25.

Таблиця 25

Рівень фізичного стану осіб молодше 30 років залежно від МСК,
згідно з К. Соорег

МСК, мл/хв/кг	РФС
менше 25	дуже поганий
25,0–33,7	поганий
33,8–42,5	задовільний
42,6–51,5	добрий
51,6 і більше	відмінний

Крім показників МСК і PWC170, оцінка фізичної працездатності включає аналіз цілої низки гемодинамічних показників.

Тредміл

Тредміл представляє собою рухому бігову доріжку, швидкість руху якої регулюється. Підліток виконує ходьбу чи біг по рівній або (для підвищення навантаження) нахиленій вгору поверхні. Тредмілгергометрія дозволяє дозувати фізичне навантаження шляхом зміни швидкості руху та/або кута нахилу доріжки. Швидкість руху доріжки від 1,7 до 6 км/год. Кут нахилу можна міняти від 10° до 20°. Підйом кінця доріжки виражається у спеціальних відсотках: підйом на 5 см щодо медіани доріжки дорівнює 5 %. Тредміл містить бічні або передні поручні, які забезпечують стійкість положення хворого. Потрібно звертати увагу пацієнтів на те, щоб вони не трималися міцно за ці поручні, оскільки в такий спосіб підтримується тулуб і зменшується рівень навантаження. Після адаптації до пристрою пацієнтам радять злегка триматися за поручні, винятково для підтримки рівноваги.

Чим більше кут нахилу, чим швидше рухається доріжка та чим довше триває ходьба/біг, тим більше інтенсивність навантаження. Для інформативності

проби необхідно досягти необхідної (зазвичай, субмаксимальної) ЧСС, проте, якщо дитина пред'являє скарги (на втому, задишку, запаморочення, біль у грудній клітині тощо), тредміл-тест завершується. Протягом дослідження також фіксують ЧСС, АТ, ЕКГ, можна прямим методом вимірювати насичення крові киснем.

Показники фізичної працездатності на тредмілі вимірюються за милі на годину, що нерідко важко зіставити з звичними ватами чи кілограмометрами за хвилину. Сучасні тредміли можуть входити до складу стрес-системи, обробка результатів у якій комп'ютеризована.

Порівняно з велоергометриєю, навантаження під час тредмілергометрії більш фізіологічне (що дозволяє обстежувати також дітей дошкільного віку) і має вищі показники фізичної працездатності. При крокуванні або бігу на тредмілі важливе значення має маса тіла випробуваного. При однаковій швидкості руху і нахилі доріжки більше навантаження виконує людина з більшою вагою. При використанні велоергометра маса тіла пацієнта не має такого значення. Частково це пояснює той факт, що при максимальному навантаженні на велоергометрі обстежуваний споживає менше кисню (на 5–20 %) вище, ніж при навантаженні на тредмілі.

При тредміл-тесті, як і при велоергометрії, можна застосовувати постійне або поступово зростаюче навантаження.

Наразі розроблено багато протоколів дослідження при тредмілергометрії. Протоколи R. Bruce, A. Kattus, Cornell використовують у тренуваних пацієнтів, без ознак серцевої недостатності. Вони полягають у зміні кута нахилу доріжки та швидкості її руху, лежать в основі формування тренувальних програм при реабілітації. У протоколах V. Balke, J. Naughton при постійній швидкості змінюється лише кут нахилу доріжки. Їх застосовують у детренованих осіб, з дуже низькою толерантністю до фізичного навантаження та/або при серцевій недостатності. Протокол WEAК запропоновано для пацієнтів з тяжкою супутньою патологією, а також за наявності одночасно кількох відносних протипоказань, у ньому наростання швидкості на перших сходинках навантаження менше, що

переноситься хворими значно легше. Особливістю «gamp»-протоколів є індивідуальний підбір умов виконання з забезпеченням постійного та повільного підвищення навантаження, що є альтернативою традиційним протоколам.

В педіатрії часто використовується стандартний чи модифікований протокол R. Bruce.

Стандартний протокол за R. Bruce передбачає швидший темп нарощування потужності навантаження; темп ходьби 5 миль/год досягається через 12 хв від початку проби. Він використовується при обстеженні практично здорових, достатньо тренуваних людей, з обережністю — у осіб з серцево-судинними захворюваннями.

Модифікований протокол R. Bruce (табл. 26) передбачає більш повільне нарощування швидкості навантаження та досягає необхідної потужності через 18 хв. Така проба застосовується у фізично нетренуваних людей, при серцево-судинній патології.

Таблиця 26

Протоколи R. Bruce проведення проб із застосуванням тредмилу

Сходи́нка №	Швидкість		Кут нахилу %	Тривалість хв.	MET МО
	миль/год	км/год			
Стандартний протокол R. Bruce					
1	1,7	2,7	10,0	3	4,7
2	2,5	4,0	12,0	3	7,1
3	3,4	5,5	14,0	3	10,3
4	4,2	6,8	16,0	3	12,1
5	5,0	8,0	18,0	3	18
6	5,5	8,9	20,0	3	21
7	6,0	9,7	22,0	3	
Модифікований протокол R. Bruce					
1	1,7	2,7	0,0	3	2,4
2	1,7	2,7	5,0	3	3,5
3	1,7	2,7	10,0	3	4,7
4	2,5	4,0	12,0	3	7,1
5	3,4	5,5	14,0	3	10,3
6	4,2	6,8	16,0	3	12,1
7	5,0	8,0	18,0	3	18
8	5,5	8,9	20,0	3	21
9	6,0	9,7	22,0	3	

Під час проведення тесту у здорових людей відзначається адекватне підвищення ЧСС (на 15–30 уд/хв на кожній сходинці навантаження) залежно від тренованості та обраного протоколу), збільшення АТс (на 20–40 мм рт. ст. на кожній сходинці), яке у підлітків зазвичай не перевищує 200 мм рт. ст., зниження або невелике збільшення АТд.

На ЕКГ реєструється скорочення інтервалів RR (за рахунок скорочення діастолі), P-Q (PR) та Q-T внаслідок збільшення ЧСС; збільшується амплітуда зубця P (внаслідок збільшення порожнини правого передсердя); збільшується зубець Q у лівих грудних відведеннях; відзначається незначне відхилення (косовисхідне) сегмента ST (на ЕКГ це відбивається як зниження точки J у відведеннях III, aVF, V5, V6). Протягом 30 с відновлення після навантаження збільшується амплітуда зубця T. Як правило, після 3 хв відпочинку ці зміни зникають.

При пробі з фізичним навантаженням найбільш інформативними для діагностики патологічних станів серцево-судинної системи є зміни сегмента ST. Протяжке порушення коронарного забезпечення може свідчити: швидке зміщення сегмента ST після початку навантаження, поява зниження сегмента ST при низькому навантаженні, малій величині «подвійного добутку» (характеризує зниження споживання кисню міокардом) при невеликій ЧСС; зниження сегмента ST одночасно у кількох відведеннях та збереження зниженого сегмента ST більш ніж на 1–2 хв, у тому числі у відновлювальному періоді. Депресія сегмента ST, що розвинулася при навантажувальній пробі, не завжди є доказом транзиторної ішемії міокарда. В динаміці слід оцінювати поведінку сегмента ST у відновлювальному періоді. Несприятливим є фактор не повернення його до вихідного рівня більше 6 хв після закінчення навантаження. Збільшення амплітуди зубців R при навантаженні швидше відображає дисфункцію лівого шлуночка, точніше збільшення кінцевого діастолічного об'єму. Транзиторна поява патологічного зубця Q (ширина не менше 0,03 с, глибина більше 1 мм в основних і більше 2 мм у грудних відведеннях) при навантаженні та зникнення його протягом декількох хвилин після закінчення проби може відбивати транзиторну локальну ішемію міокарда, особливо якщо транзиторний зубець Q з'являється при малому чи

помірному навантаженні і якщо під час проби не відбулося значної зміни електричної осі серця. Зубці Q, що з'являються при навантаженні або посилюються при ньому, і комплекси QS бувають вельми короткочасними — через 5–6 хв після припинення проби вони зникають (інколи вони можуть бути обумовлені зміною положення серця).

Негативною вважається проба, коли пацієнт досяг заданої вікової ЧСС, але, незважаючи на звичайну втому, при цьому не виникло ні клінічних, ні інструментальних критеріїв ішемії або дисфункції міокарда. Виділяють також негативну пробу з особливостями, коли при досягнутій віковій ЧСС під час проби відзначаються нечаста екстрасистолія (менше 4 за хвилину), запаморочення або головний біль, задишка, біль у м'язах ніг, суттєве підвищення АТ, реверсія або інверсія зубця Т. Такі зміни можуть бути пов'язані з фізичною детренованістю.

Проба вважається сумнівною, якщо під час її виконання розвинувся больовий синдром у грудній клітині, типовий для стенокардії, але без ішемічних ознак на ЕКГ; спостерігалось горизонтальне зниження сегмента ST на 0,5 мм, або по-вільно-висхідне зниження сегмента ST до 1 мм; виявлені порушення ритму та провідності (часта або політопна екстрасистолія, розвиток атріовентрикулярних або внутрішньошлуночкових порушень провідності, поява пароксизмів надшлуночкової або шлуночкової тахікардії тощо); сталося падіння АТ на 20 мм рт. ст. і більше на висоті навантаження.

Позитивною вважається проба, що проявляється електрокардіографічними критеріями ішемії міокарда незалежно від одночасного розвитку або відсутності нападу стенокардії: появою горизонтальної або косонисхідної депресії або елевації сегмента ST з амплітудою ≥ 1 мм у двох сусідніх відведеннях, що локалізується в ≥ 60 –80 мілісекундах від кінця комплексу QRS (від точки J) під час або невдовзі після припинення навантаження. Однак якщо навантажувальна проба проводилася під контролем ехокардіографії, враховуються порушення скоротливості міокарда у двох сегментах і більше. Некоронарогенними причинами ішемії міокарда можуть бути багато захворювань (гіпертиреоз, тяжка неконтрольована лікарськими препаратами гіпертензія, гіпертрофічна кардіоміопатія тощо).

Окремо виділяють хибнопозитивні результати проби. Вони можуть бути пов'язані: з недостатністю серцевого викиду; порушеннями електролітного обміну; гормональними порушеннями (гіперфункція симпатико-адреналової системи тощо); з порушеннями транспорту кисню та гіпоксією; порушеннями гемоглобіну (при тяжких анеміях, збільшенні рівня карбоксигемоглобіну); з прийомом лікарських препаратів; з фізичним навантаженням, курінням або вживанням їжі перед дослідженням. Хибнопозитивні проби можуть зустрічатися при пролапсі мітрального клапана, кардіоміопатіях, синдромі Вольфа-Паркінсона-Уайта, скороченні інтервалу PQ, блокадах гілок пучка Гіса та ін. Часто хибнопозитивні результати зустрічаються при вегетативній дисфункції, причиною змін на ЕКГ може бути гіперсимпатикотонія, яка провокується під час проби з фізичним навантаженням.

Незавершена (неінформативна) проба — це проба, не доведена до наміченої ЧСС, при цьому відсутні будь-які клінічні або ЕКГ-ознаки ішемії або дисфункції міокарда.

При проведенні тесту на тредмлі складніше, ніж при велоергометрії, точно визначити виконану роботу. Залежність між споживанням кисню, швидкістю руху стрічки тредмилу та її ухилом не лінійна. Толерантність до фізичного навантаження при тредміергометрії рекомендують виражати у метаболічних еквівалентах (МЕТ, метаболічні одиниці — МО). МЕТ відображає енерговитрати організму під час виконання роботи і відповідає споживанню кисню в кількості 3,5 мл на 1 кг маси тіла за 1 хвилину в умовах основного обміну.

Максимальне споживання кисню (МСК) у Вт може бути розраховано за формулою:

$$МСК=(90+(3,44\times W_{\max}))\times M \quad (36),$$

де — W_{\max} — потужність останньої сходинки (Вт),

M — маса (кг).

Максимальне споживання кисню (МСК) у кгм/хв при тредмілєргометрії у метаболічному еквіваленті фізичної працездатності (МЕТ, МО) розраховується за формулою:

$$\text{МСК} = (\text{МЕТ} \times \text{М} - 90) / 3,44 \tag{37}$$

Існує метод оцінки МЕТ у порівнянні з належними за віком МЕТ. Myers J. та співавт. [81] для визначення належного МЕТ (НМЕТ) використовували формулу регресії, розроблену при максимальному тестуванні на тредмілі:

$$\text{НМЕТ} = 18.0 - (0,15 \times \text{N}) \tag{38},$$

де – N — вік (роки).

Після чого можна обчислювати відсоткове співвідношення виконаного максимального навантаження в МЕТ до належного МЕТ.

Визначення МСК також може проводитися в умовах природної спортивної діяльності. Наприклад, тест Kenneth H. Cooper передбачає подолання максимально можливої відстані бігом за 12 хв (по рівній місцевості). Тест припиняється, якщо у досліджуваного виникли ознаки перевантаження (різка задишка, тахіаритмія, запаморочення, біль у ділянці серця тощо). Результат залежить від відстані, яку пробіг випробуваний, його віку та статі (табл. 27).

Таблиця 27

Оцінка тесту Купера у підлітків в залежності від подоланої відстані

Вік, роки	Стать	Рівень фізичної підготовки (за відстанню, м)				
		чудовий	добрий	середній	поганий	дуже поганий
11–12	ч	> 2600	2250–2600	2015–2250	1950–2050	< 1950
	ж	> 1950	1750–1950	1500–1750	1300–1500	< 1300
13–14	ч	> 2700	2600–2700	2200–2399	2100–2199	< 2100
	ж	> 2000	1900–2000	1600–1899	1500–1599	< 1500
15–16	ч	> 2800	2500–2800	2300–2499	2200–2299	< 2200
	ж	> 2100	2000–2100	1700–1999	1600–1699	< 1600
17–19	ч	> 3000	2700–3000	2500–2699	2300–2499	< 2300
	ж	> 2300	2100–2300	1800–2099	1700–1799	< 1700

МСК обчислюється за формулою:

$$МСК = \frac{d_{12}-504,9}{44,73} \quad (39),$$

де – d_{12} — відстань (у метрах), пройдена за 12 хвилин.

Фізична працездатність може розраховуватися в одиницях потужності (Вт, кгм/хв), за величиною зробленої роботи (кгм, кДж). а також у метаболічному еквіваленті (МЕТ).

Співвідношення одиниць визначення толерантності до фізичного навантаження визначено у таблиці 28.

Таблиця 28

Орієнтовне співвідношення одиниць визначення толерантності до фізичного навантаження

МЕТ (МО)	W (Вт)	Толерантність
До 3,9	30–50	Низька
4–6,9	50–75	Середня
7–9,9	100–125	Висока
Більше 10,0	Більше 125	Дуже висока

Також фізичну працездатність можна оцінюватися відношенням отриманого за результатами тесту МСК (мл/хв/кг) до середніх нормативних значень — належного МСК (НМСК) (табл. 29).

Таблиця 29

Оцінка рівня функціонального стану відповідно до відсотку МСК/НМСК

МСК/НМСК (%)	Рівень фізичного стану
50–60	низький
61–74	нижче середнього
75–90	середній
91–100	вище середнього
101 і вище	високий

Належне максимальне споживання кисню (НМСК, мл/мин/кг) при помірному режимі фізичної активності:

для чоловіків $\text{НМСК} = 52 - (0,25 \times N)$

для жінок: $\text{НМСК} = 44 - (0,20 \times N)$ (40),

де N — вік (роки).

К роботі Тавровької Т.В. зі співав. (2007 р.) було обчислене співвідношення МПК/НМСК (%) та залежно від отриманого результату визначена фізична працездатність. Для кожного рівня працездатності розраховувалися середні значення та 95 % довірчі інтервали показників виконаної субмаксимальної потужності навантаження у Вт; Вт/кг та в МЕТ. Найбільші відмінності між різними рівнями фізичної працездатності виявлено за такими показниками, як виконання навантаження в Вт/кг і МЕТ, а також — за індексом економічності (ІЕ). Було зроблено висновок, що у дітей та підлітків оцінка фізичної працездатності у Вт та індекс економічності (за подвійним добутком) є менш точними показниками, ніж рівень працездатності у Вт/кг та у МЕТ.

Розрахункові показники серцево-судинної адаптації:

УДАРНИЙ (СИСТОЛІЧНИЙ) ОБ'ЄМ КРОВІ (УО, СОК)

Систолічний об'єм крові — кількість крові, яка викидається кожним з шлуночків серця при 1 скороченні серця. У дітей і підлітків 7–18 років збільшення СОК відбувається по мірі росту дитини (від 36 до 60 мл). У дівчаток максимальне збільшення припадає на період 12–14 років (+ 10 мл), у хлопчиків — на 13–16 років (+ 10,6 мл). Це пов'язано з дещо пізнішим початком і закінченням пубертатного стрибка у хлопчиків і відповідною різницею в термінах остаточного структурного завершення розвитку елементів міокарда. У вертикальному положенні тіла в стані спокою у молодих чоловіків СОК складає 60–80 мл, у жінок — приблизно на 25 % менше. При інтенсивній м'язовій роботі у нетренованих чоловіків СОК може збільшуватися в середньому до 130 мл, у спортсменів — до 180 мл чи більше

Для визначення величини СОК (мл) найбільш розповсюдженими є формули Старра (в основному для дорослих людей) і Бомаш (для дітей до 14 років).

Формула Старра:

$$\text{СОК} = 90,97 + 0,54 \times \text{АТп} - 0,57 \times \text{АТд} - 0,61 \times \text{N} \quad (41),$$

де – АТп — артеріальний тиск пульсовий, мм. рт. ст.

АТд — артеріальний тиск діастолічний, мм. рт. ст.

N — вік, роки.

Формула Бомаш:

$$\text{СОК} = 40 + 0,5 \times \text{АТп} - 0,6 \times \text{АТд} + 3,2 \times \text{N} \quad (42)$$

Методика визначення СОК Малікова зі співав. (2003р.) враховує антропометричні дані пацієнта і його основні функціональні показники:

$$\text{СОК} = 0,53 \times \text{АТс} + 0,617 \times \text{L} + 0,231 \times \text{M} - 1,07 \times \text{АТд} - 0,698 \times \text{N} - 22,64 \quad (43),$$

де – АТс — артеріальний тиск систолічний, мм рт. ст.

L — довжина тіла, см

M — маса тіла, кг

АТд — артеріальний тиск діастолічний, мм рт. ст.

N — вік, роки.

Ударний об'єм у здорових дітей під час проведення велоергометрії з максимальним фізичним навантаженням по даним різних авторів (за Марушко Ю.В., 2020) представлено у табл. 30.

Таблиця 30

Ударний об'єм у здорових дітей під час проведення велоергометрії з максимальним фізичним навантаженням за даними різних авторів

Автори, рік	Вік, роки	Стать	Ударний об'єм у спокої (мл/м ²)	Ударний об'єм на висоті навантаження (мл/м ²)	Протокол
В.О.Ericksson, G.Grimby, В.Soltin, 1971	13–14	хлопчики	61,8 ± 6,2	86,8 ± 3,9	безперервний
В.О.Ericksson, G.Koch, 1973	11–13	хлопчики	49,4	66,9	безперервний
		дівчата	45,3 ± 6,3	46,3 ± 3,1	
J.E. Lock, S. Einzig, J.H.Moller, 1978	5–16	хлопчики і дівчата	52,7 ± 2,0	57,3 ± 2,3	субмаксимальний

УДАРНИЙ (СЕРЦЕВИЙ) ІНДЕКС (UI, CI, МЛ/М²)

$$UI = \text{СОК} / (M \times 0,425 \times L \times 0,725 \times 0,007184) \quad (44),$$

де – СОК — систолічний об'єм крові, мл;

M — маса тіла, кг;

L — довжина тіла, мл.

Інший варіант визначення серцевого індексу полягає у обчисленні відношенням хвилинного об'єму кровообігу (ХОК) до площі поверхні тіла (S):

$$CI \text{ (л/хв/м}^2\text{)} = \text{ХОК/S} \quad (45)$$

Нормальне значення CI в умовах основного обміну в середньому становить $3,2 \pm 0,3$ л/хв/м².

СЕРЦЕВИЙ ВИКИД (ХВИЛИННИЙ ОБ'ЄМ КРОВІ) (СВ, ХОК)

Серцевий викид або хвилинний об'єм крові — це кількість крові, яка викидається кожним шлуночком серця за 1 хвилину.

Серцевий викид (СВ, ХОК, мл/хв.) є продуктом ударного об'єму і ЧСС:

$$\text{СВ (ХОК)} = \text{СОК} \times \text{ЧСС} \quad (46)$$

ХОК збільшується під час фізичного навантаження, одночасно з підвищенням споживання кисню. У здорових дітей спостерігається збільшення ХОК втричі при виконанні тесту з максимальним навантаженням.

За достатнього функціонального стану серцево-судинної системи ХОК після фізичного навантаження збільшується переважно за рахунок підвищення СОК. У дітей і підлітків у спокої ХОК зазвичай становить від 3 до 4,5 л/хв, у 15-річних спортсменів при фізичному навантаженні може досягати 9–10 л/хв. Деякі дані щодо ХОК у дітей представлені в таблиці 31.

Таблиця 31

Серцевий викид у здорових дітей під час проведення велоергометрії з максимальним фізичним навантаженням за безперервним протоколом

Вік, роки	Серцевий викид л/хв. на м ²	Максимальний серцевий викид л/хв. на м ²
11–12	5,25 ± 0,50	17,41 ± 0,88
13–14	3,9	12,5

ХРОНОТРОПНИЙ РЕЗЕРВ (ХР, УД/ХВ)

$$ХР = ЧСС_{\max} - ЧСС_0 \quad (47),$$

де – ЧСС_{max} — ЧСС останнього ступеня, уд/хв;

ЧСС₀ — ЧСС вихідна, уд/хв.

Хронотропний резерв характеризує гемодинамічне забезпечення фізичного навантаження. Нормальний хронотропний резерв складає 75–90 ударів за хвилину. При синдромі слабкості синусового вузла він знижений.

ІНДЕКС ХРОНОТРОПНОГО РЕЗЕРВУ (ІХР)

$$ІХР = (ЧСС_{\max} \times ЧСС_0) / ЧСС_0 \quad (48)$$

Індекс хронотропного резерву є показником серцевого компонента функціонального гемодинамічного резерву серцево-судинної системи.

ІНОТРОПНИЙ РЕЗЕРВ (ІнР, ММ РТ. СТ.)

$$ІнР = АТс_{\max} - АТс_в \quad (49),$$

де – АТс_{max} — АТс останньої сходинки, мм. рт. ст.;

АТс_в — АТс вихідний, мм рт. ст.

У нормі ІнР складає 70–75 мм рт. ст. ІнР відображає скоротливу здатність міокарда.

Толерантність до фізичного навантаження у дітей збільшується з віком, фізична працездатність у дівчат нижче, ніж у хлопчиків відповідного віку. У

хлопчиків у порівнянні з дівчатами визначається менш виражена хронотропна реакція і більша інотропна відповідь на навантаження.

ІНДЕКС ІНОТРОПНОГО РЕЗЕРВУ (ІнР)

$$\text{ІнР} = (\text{АТс max} - \text{АТс}_0) / \text{АТ}_0 \quad (50)$$

Індекс хронотропного резерву є показником судинного компоненту функціонального гемодинамічного резерву серцево-судинної системи.

ТИП САМОРЕГУЛЯЦІЇ КРОВООБІГУ (ТСК)

Тип саморегуляції кровообігу (ТСК, у.о.) є корисним для оцінки рівня напруги механізмів регуляції діяльності серцево-судинної системи.

$$\text{ТСК} = \text{АТ}_d / \text{ЧСС} \times 100 \quad (51)$$

Інтерпретація результатів: ТСК: 90–110 — серцево-судинний тип, більше за 110 — судинний, менше 90 — серцевий.

СЕРЦЕВИЙ НАВАНТАЖУВАЛЬНИЙ ІНДЕКС – ПОДВІЙНИЙ ДОБУТОК

(подвійний добуток, індекс Робінсона, хроноінотропний резерв міокарда)

(СНІ, ПД, ХР, у.о.)

Подвійний добуток у клінічній практиці вважається еквівалентом засвоєння кисню міокардом. Зростання ПД характеризує збільшення напруженості роботи серця, а зниження у стані спокою — свідчить про наростання аеробних можливостей організму, тобто покращення адаптаційних можливостей серцево-судинної системи. Чим більше ПД при фізичному навантаженні, тим гірші показники адаптації до навантаження.

Подвійний добуток (ПД, у.о.) розраховується за формулою:

$$\text{ПД} = \text{АТс max} \times \text{ЧССmax} / 100 \quad (52),$$

де – АТс max — АТс останньої сходинки, мм рт. ст.;

ЧССmax — ЧСС останньої сходинки, уд/хв.

Доведено, що величина подвійного добутку тісно корелює з МСК і фізичною працездатністю. Рівень фізичного здоров'я за індексом Робінсона — у табл. 32.

Таблиця 32

Рівень фізичного здоров'я за подвійним добутком (індексом Робінсона)

Індекс Робінсона (у.о.)	> 101	91–100	90–81	80–75	< 74
Рівень фізичного здоров'я	низький	нижче за середній	середній	вищий за середній	високий

СЕРЦЕВИЙ НАВАНТАЖУВАЛЬНИЙ ІНДЕКС (СНІ, УО)

$$СНІ = АТ_{П} / W \tag{53}$$

КОЕФІЦІЄНТ ЕКОНОМІЧНОСТІ ВИТРАЧАННЯ РЕЗЕРВІВ МІОКАРДА (КВРМ, У.О.)

Відображає кількість витраченого хроноінотропного резерву міокарда на одиницю виконаної роботи

$$КВРМ = \frac{АТ_{д\max} \times ЧСС_{\max}}{5 \times W} \tag{54},$$

де – 5 — тривалість навантаження (хв.),

W — потужність навантаження (кгм / хв.)

Верхня межа прийнятої норми КВРМ — 3 УО.

Значення КВРМ більше 3,0 — прояв «нераціонального» витрачання хроноінотропного резерву міокарда, може бути при зниженні скоротливої здатності міокарда.

У дітей молодшого шкільного віку величина КВРМ становить близько 12–14 УО, у юнаків 16–17 років, які не займаються спортом — 8,5–9 УО, а у юнаків-спортсменів 16–17 років може бути 3,5–4,5 УО.

КОЕФІЦІЄНТ ЕФЕКТИВНОСТІ (ЕКОНОМІЧНОСТІ) КРОВООБИГУ (КЕК, У.О.):

$$\text{КЕК} = (\text{АТс} - \text{АТд}) \times \text{ЧСС} \quad (55)$$

У нормі у здорових нетренованих чоловіків величина КЕК складає 2400–3200 у.о., а у жінок — 2600–3400 у.о. Зростання КЕК вказує на зростання енерговитрат на кровозабезпечення організму. Зниження КЕК вказує на високі потенційні адаптаційні можливості і зменшення енерговитрат на кровозабезпечення.

ПЕРИФЕРІЙНИЙ ОПІР СУДИН

Периферійний опір судин визначає вплив фізичних навантажень на розширення просвіту периферійних судин і відкриття резервних капілярів. Для визначення питомого периферичного опору користуються відношенням абсолютної величини периферійного опору до поверхні тіла.

Загальний периферичний опір (ЗПО, дин/с/см²) (Маліков М.В., 2007 р.):

$$\text{ЗПО} = ((\text{АТд} + 0,33 \times (\text{АТс} - \text{АТд})) \times 1333 \times 60) / (\text{ХОК} \times 1000) \quad (56),$$

де – АТд — артеріальний тиск діастолічний, мм рт. ст.;

АТс — артеріальний тиск систолічний, мм рт. ст.;

ХОК — хвилинний об'єм крові, л/хв.

ЗПО у здорових нетренованих чоловіків в нормі складає 1400–2200 дин/с/см², а у жінок — 1600–2400 дин/с/см².

Питомий периферичний опір (ППО, дин/с/см²/м²):

$$\text{ППО} = \text{ЗПО} \times \text{М} \times 0,425 \times \text{L} \times 0,725 \times 0,007184 \quad (57),$$

де – М — маса тіла, кг;

L — довжина тіла, см.

Питомий периферійний опір в умовах спокою являється величиною достатньо постійною і коливається у здорової людини в межах 35–45 у.о.

Робочий питомий периферійний опір — це опір, необхідний для збереження середнього динамічного тиску у середині судин при зміні хвилинного об'єму крові. Робочий питомий периферійний тиск, при порівнянні його з фактичним, дозволяє судити про особливості реакції відповіді прекапілярів на зміну хвилинного об'єму циркуляції крові.

Величина периферичного опору тісно пов'язана з кількістю крові, яке викидається серцем в судинне русло. У нормі, внаслідок регуляції просвіту найменших артерій і прекапілярів, на периферії повинно бути оптимальне співвідношення між величиною хвилинного об'єму крові і рівнем периферичного опору, від чого залежить і кровонаповнення капілярної сітки. Показником ступеня відповідності провідності артеріол величині хвилинного об'єму крові являється різниця між фактичним та робочим питомим периферичним опором. Ця різниця зв'язана кореляційною залежністю зі всіма параметрами артеріального тиску і, відображає загальний рівень регуляції АТ по відношенню до ХОК. У нормі у здорової людини розходження між величинами ППО фактичного і ППО робочого не повинні перевищувати $\pm 15\%$.

ПОТУЖНІСТЬ НАВАНТАЖЕННЯ (W, КГМ/ХВ.)

$$W = n \times H \times M \times 1,33 \quad (58),$$

де — n — частота підйомів в 1 хв;

h — висота сходинки (м);

M — маса тіла (кг);

1,33 — коефіцієнт, що враховує величину роботи при спуску зі сходинки.

КОЕФІЦІЄНТ ВИТРИВАЛОСТІ, КОЕФІЦІЄНТ КВААСА (КВ, У.О.):

$$КВ = ЧСС \times 10 / АТ_{п} \quad (59)$$

Показник КВ 12–15 у.о. вважається нормою.

ІНДЕКС ВІДНОВЛЕННЯ (ІВідн, У.О.)

$$ІВідн = \frac{5 \times W}{\sum ЧСС1 + ЧСС2 + ЧСС3} \quad (60),$$

де – 5 — тривалість тесту з навантаженням (хв);

W — потужність навантаження (кгм/хв),

ЧСС1, ЧСС2, ЧСС3 — ЧСС за 2-ю, 3-ю, 4-ю хвилини відновлення.

ІВідн збільшується при хорошому спортивному рівні тренуваності до 22–26 УО і більше, збільшується з віком і рівнем тренуваності.

КОЕФІЦІЄНТ ВІДНОВЛЕННЯ (КВідн, У.О.)

$$КВідн = (ЧСС_{10} - ЧСС_{60}) - ЧСС_{10} \quad (61),$$

де – ЧСС₁₀ — ЧСС за перші 10с після навантаження,

ЧСС₆₀ — ЧСС за 10с з 60-ої хвилини відновлення.

Збільшення ІВідн та КВідн в динаміці вказує на поліпшення функціонального стану і підвищення тренуваності.

ІНДЕКС ЕФЕКТИВНОСТІ (ЕКОНОМІЧНОСТІ) РОБОТИ СЕРЦЯ (ІЕРС, У.О.)

$$ІЕРС = PWC170 / (ЧСС_{мах} \times АТс_{мах} \times 10^{-2} \times S) \quad (62),$$

де – ЧСС_{мах} — максимальне значення ЧСС, уд/хв;

АТс_{мах} — максимальний АТ на піку навантаження, мм рт. ст.;

S — площа поверхні тіла, м².

У здорових людей показник дорівнює 1,87 ± 0,6. Збільшення ІЕРС свідчить про зниження адаптаційних можливостей кровообігу.

ОБСЯГ ВИКОНАНОЇ РОБОТИ (А, КГМ)

$$A = W \times t \quad (63),$$

де – W — потужність навантаження на максимальній сходинці, Вт;

T — час виконання навантаження, хв.

ОБ'ЄМ СЕРЦЯ (V_c , CM^3)

Об'єм серця має важливе діагностичне значення та може бути розрахованим за формулою:

$$V_c = 40 \times \sqrt{M/L} \quad (64),$$

де – M — маса тіла, г;

L — довжина тіла, см.

У нормі величина V_c у здорових чоловіків складає 720–800 cm^3 , у жінок — 540–620 cm^3 . Під впливом фізичних навантажень, особливо спрямованих на статичне навантаження, розвиток загальної витривалості, спостерігається істотне зростання V_c .

ІНДЕКС ЕНЕРГЕТИЧНИХ ВИТРАТ (ІЕВ, У.О.)

$$ІЕВ = АТп \times 100 / А \quad (65),$$

де – $АТп$ — артеріальний тиск пульсовий, мм рт. ст.;

$А$ — обсяг виконаної роботи, кгм.

Індекс енергетичних витрат характеризує енергетичні витрати при досягненні порогового навантаження. У здорових осіб він складає $3,3 \pm 0,8$ Од. Чим нижче показник, тим менша потреба організму в кисні і більш економне використання енергетичних резервів. У дорослих хворих із кардіальною патологією підвищується до $7,9 \pm 3,4 - 9,0 \pm 4,7$ УО.

ПОТУЖНІСТЬ РОБОТИ ЛІВОГО ШЛУНОЧКА СЕРЦЯ (ШЛЖ, ВТ).

Характеризує ефективність роботи серцевого м'яза та рівень адаптованості серця до чинників зовнішнього середовища, наприклад, до фізичного навантаження.

$$Шлж = ЧСС \times (АТс - АТд + 100) \times (АТс + АТд) / 2 \times 106 \quad (66),$$

де – $ЧСС$ — частота серцевих скорочень (уд/хв.);

$АТс$ — артеріальний тиск систолічний (мм рт.ст.);

$АТд$ — артеріальний тиск діастолічний (мм рт.ст.)

Маліков М.В. зі співавт. (2000 р.) запропонували іншу формулу:

$$W_{лж} = 4,99 \cdot AQRS \quad (67),$$

де – $W_{лж}$ — потужність роботи лівого шлуночка (вт);

$AQRS$ — амплітуда найбільшого комплексу QRS на ЕКГ, записаний у II стандартному відведенні (мм).

КОЕФІЦІЄНТ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО СТАНУ СИСТЕМИ КРОВООБИГУ І КАРДІОРЕСПІРАТОРНОЇ СИСТЕМИ (КФСсс, КФСкр., у.о.)

Коефіцієнт функціонального стану серцево-судинної системи (КФСсс, у.о.) за Н.В. Дмитрієвою зі співавт. (1991) рахують на підставі даних ЕКГ:

$$КФСсс = (PQ + QT) / R-R \quad (68),$$

де – PQ, QT — інтервали електрокардіограми (с);

R-R — тривалість серцевого циклу (с) — тривалість інтервалу R-R від початку зубця R до початку наступного зубця R у II стандартному відведенні ЕКГ.

Коефіцієнт функціонального стану кардіореспіраторної системи (КФСкр., у.о.) за Н.В. Дмитрієвою зі співавт. (1991) також оцінюють згідно величин на ЕКГ:

$$КФСкр = R-R / 60 \times (ЧД + (R-R)) \quad (69),$$

де – ЧД — частота дихання, кількість за хвилину;

R-R — тривалість серцевого циклу (с).

За норму для КФСкр приймають 0,580–0,655 у.о., для КФСкр — 0,171–0,211 у.о. Якщо КФСсс більший за 0,655 у.о. або менший за 0,580 у.о., а КФСкр відповідає нормі, то стан системи кровообігу визначають, як напружений. Якщо обидва коефіцієнти не вкладаються у поняття норми, то визначають порушення серцевої діяльності.

Коефіцієнт функціонального стану системи кровообігу за ЕКГ (КФСсс, у.о.) за формулою:

$$KFC_{ccc} = (P-Q+Q-T)/R-R \quad (70),$$

де – P-Q — тривалість інтервалу P-Q від початку зубця P до початку зубця Q у II стандартному відведенні ЕКГ, с;

Q-T — тривалість інтервалу Q-T від початку зубця Q до кінця зубця T у II стандартному відведенні ЕКГ, с;

R-R — тривалість інтервалу R-R від початку зубця R до початку наступного зубця R у II стандартному відведенні ЕКГ, с.

Економічність фізичної роботи при зростанні навантаження

Чим більше PWC170, тим більше потужність роботи, при якій пульс досягає 170 уд/хв, і тим більша фізична працездатність.

Фізична працездатність від мінімального до субмаксимального навантаження залежить від динаміки ЧСС. Встановлена лінійна залежність між ЧСС і виконанням механічної роботи (до певного рівня — при субмаксимальному навантаженні (PWC170) відбувається оптимальне функціонування серцево-судинної системи, при більш високих значеннях ЧСС лінійний характер цього взаємозв'язку порушується, оскільки на тлі розвитку стомлення активізуються анаеробні (гліколітичні) процеси енергопостачання й забезпечення м'язової роботи, при подальшому збільшенні навантаження енергозабезпечення здійснюється за рахунок змішаних аеробно-анаеробних механізмів). Наприклад,

PWC102 — відповідає мінімальному навантаженню:

$$PWC102 = W1 + (W2 - W1) \times \frac{(102 - ЧСС1)}{(ЧСС2 - ЧСС1)} \quad (71)$$

PWC130 — відповідає середньому навантаженню:

$$PWC130 = W1 + (W2 - W1) \times \frac{(130 - ЧСС1)}{(ЧСС2 - ЧСС1)} \quad (72)$$

PWC170 — відповідає субмаксимальному навантаженню:

$$PWC170 = W1 + (W2 - W1) \times \frac{(170 - ЧСС1)}{(ЧСС2 - ЧСС1)} \quad (73),$$

де – W1, W2 — потужність роботи на 1, 2 сходинках навантаження;

ЧСС1, ЧСС2 — ЧСС після навантаження на 1,2 сходинках тесту.

Економічності фізичної роботи при зростанні фізичного навантаження від мінімальної до субмаксимальної:

A (PWC102) — економічність при мінімальному навантаженні:

$$A (PWC102) = \frac{W1+W2}{ЧСС1+ЧСС2} \quad (74),$$

де – W1, W2 — потужність навантаження на 1 та 2 сходинці, Вт;

ЧСС1, ЧСС2 — ЧСС за 2-ю, 3-ю хвилини відновлення.

B (PWC130) — економічність при середньому навантаженні:

$$B (PWC130) = \frac{W1+W2}{ЧСС1+ЧСС2} \quad (75)$$

C (PWC170) — економічність при субмаксимальному навантаженні:

$$C (PWC170) = \frac{W1+W2}{ЧСС1+ЧСС2} \quad (76)$$

У здорових осіб фізична працездатність зростає переважно за рахунок підвищення економічності діяльності кардіореспіраторної системи, про що свідчить зниження частоти серцевих скорочень. Підвищення економічності фізичної роботи при зростаючому фізичному навантаженні підтверджується наступним співвідношенням цих показників: $A < B < C$.

Підвищення економічності фізичної роботи підтверджується співвідношенням:

$$\frac{W1}{ЧСС1} < \frac{W2}{ЧСС2}$$

При зниженні економічності фізичної роботи (при захворюваннях серцево-судинної системи, при малій тренуваності) по мірі збільшення фізичного навантаження співвідношення результатів виконання першої й другої частин тесту змінюється:

$$\frac{W1}{ЧСС1} > \frac{W2}{ЧСС2}$$

Економічність системи енергозабезпечення м'язів

Поріг анаеробного обміну (ПАНО) — це інтегральний параметр, який свідчить про економічність системи енергозабезпечення. Визначається у відсотках від значень МСК.

За методикою Н.І. Волкова із співавт., на велоергометрі виконується навантаження зростаючої потужності, на кожній сходинці навантаження методом газометрії реєструються значення поточного споживання кисню (V_{O2}) і виділення вуглекислого газу (V_{CO2}). Розраховується величина не метаболічного «надлишку» вуглекислого газу ($Exc.CO2$), а потім графічним способом визначається величина порогу анаеробного обміну (ПАНО), залежно від значень $Exc.CO2$ і потужності виконаного навантаження.

Оцінка рівня економічності системи енергозабезпечення м'язової діяльності відбувається шляхом порівняння отриманих величин ПАНО з належними для спортсменів різної спеціалізації і нетренованих людей.

ВЕЛИЧИНА НЕ МЕТАБОЛІЧНОГО «НАДЛИШКУ» ВУГЛЕКИСЛОГО ГАЗУ (EXC.CO2, МЛ/ХВ/КГ):

$$Exc.CO2 = \Delta R \cdot V_{O2} \tag{77},$$

де – ΔR — приріст респіраторного коефіцієнта, у.о.;

V_{O2} — величина фактичного споживання кисню, мл/хв/кг

Величина приросту респіраторного коефіцієнта складає (ΔR , у.о.):

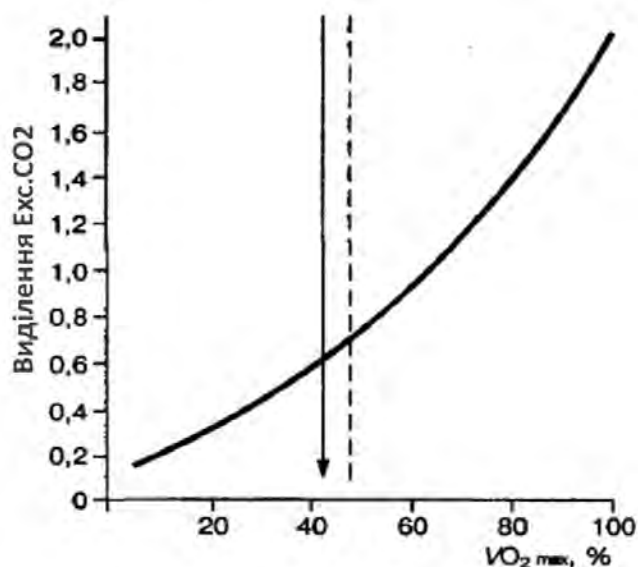
$$\Delta R = R_{раб.} - 0,75,$$

де – $R_{раб.}$ — величина дихального коефіцієнта, у.о.

$$R_{раб.} = V_{CO2} / V_{O2},$$

де – V_{O2} — величина споживання кисню, мл/хв/кг;

V_{CO_2} — величина виділення вуглекислого газу, мл/хв/кг.



Графічний спосіб визначення ПАНО

Визначення ПАНО за кривою залежності «надлишкового виділення» CO2 (Екс.СО2) від потужності виконуваної роботи.

За потужності нижче ПАНО спостерігаються тільки незначні коливання Екс.СО2, за більш високої потужності починається швидке експоненціальне зростання цього показника.

ПОРІГ АНАЕРОБНОГО ОБМІНУ (ПАНО, % ВІД ВІДНОСНОГО МСК):

$$\text{ПАНО} = ((V_6 / M) / (V_6 / M) + V_2) \cdot 100 \quad (78),$$

де – $V_6 = R \times 100 / R + S$ (у відведенні V_6);

M — маса тіла (кг);

$V_2 = R \times 100 / R + S$ (у відведенні V_2);

R — амплітуда зубця R на диференціальній ЕКГ (мм);

S — амплітуда зубця S на диференціальній ЕКГ (мм).

ЧАСТОТА СЕРЦЕВИХ СКОРОЧЕНЬ НА РІВНІ ПАНО (ЧСС_{ПАНО}, УД/ХВ):

$$\text{ЧСС}_{\text{пано}} = \text{ПАНО} + V_6 + V_2 \quad (79)$$

За даними С.А. Душаніна, в нормі у здорової людини величина ПАНО складає близько 50 %, а ЧССпано — до 150 уд./хв.

Ендотеліальні проби

Ендотелій судин приймає значну участь у регуляції роботи серцево-судинної системи. Наразі доведено, що клітини ендотелію здатні продукувати вазодилатуючі та вазоконстриктивні фактори. Значна роль у регуляції судинного тону належить оксиду азоту — одному з головних вазодилаторів. Ступінь дилатації судин залежить від їх вихідного діаметра. Артерії меншого діаметра мають більший приріст дилатації, ніж артерії великого діаметру. Ендотеліальна дисфункція є індивідуальним фактором ризику серцево-судинних подій та субклінічним маркером серцево-судинної патології.

Функціональні навантажувальні проби для визначення стану ендотелію судин, синтезу оксиду азоту та чутливості до його вазодилатуючої дії поділяють на фармакологічні та нефармакологічні (Квашніна). Фармакологічні (з використанням препаратів, які стимулюють продукцію оксиду азоту та дилатацію судин) проби: з ацетилхоліном (метахоліном); з АТФ (аденозином); з серотоніном; з гістаміном. Нефармакологічні (з використанням факторів зовнішнього середовища, які стимулюють синтез оксиду азоту і вазодилатацию) проби: оклюзійна (з оклюзією артеріального кровотоку); холодова; проба з гіпертермією.

Проба з реактивною гіперемією

На сьогодні вимірювання потокозалежної дилатації плечової артерії є «золотим стандартом» вивчення ендотеліальної функції судин.

Визначення функціонального стану ендотелію за оклюзійною пробою з реактивною гіперемією проводять наступним чином. Натще, у комфортних умовах, у теплому приміщенні, з виключенням вживання напоїв, які містять кофеїн, вазодилатуючих препаратів, проводиться ультразвукове дослідження. Пацієнту, який лежить на спині, накладають манжету тонометра нижче ліктьової ямки (для імітації вазоконстрикції), УЗ-датчик розміщують вище ліктьової ямки (вздовж

довгої осі артерії). Перед проведенням проби обстежуваному міряють АТ, визначають діаметр артерії та швидкісні показники. Манжету роздувають до показника, який на 50 мм рт. ст. перевищує рівень АТ пацієнта протягом 4,5–5 хвилин. Потім її швидко здувають та визначають діаметр артерії та швидкісні показники кровотоку зразу після здування, на 60 с і на 5 хв за постійного ультразвукового сканування судини. Тиск руху крові на ендотелій судин при здавленні руки манжетю стимулює синтез оксиду азоту і вазодилатацію. У нормі це сприяє забезпеченню адекватного кровопостачання при підвищенні потреб організму. Якщо напруження зсуву збільшується, то має місце порушення з боку ендотеліальних клітин, зменшення їх чутливості чи зниження продукції оксиду азоту.

Ендотелійзалежна вазодилатація плечової артерії (ЕЗВД, %):

$$\text{ЕЗВД} = (\text{D}_{\text{пд}} - \text{D}_{\text{в}}) / \text{D}_{\text{в}} \times 100 [\%] \quad (80)$$

де – D_{пд} — діаметр артерії після дефляції;

D_в — вихідний діаметр артерії.

У нормі ЕЗВД становить 10–20 % (нормоергічний тип реакції). Збільшення ЕЗВД до 20–40 % відповідає гіперергічному типу; відсутність реакції або збільшення менше, ніж на 10 % притаманні гіпоергічному типу; зменшення ЕЗВД відповідає парадоксальному типу реакції.

Вважається, що гіперергічний тип післяоклюзивної реакції є компенсаторним у відповідь на навантаження. З часом, внаслідок виснаження механізмів компенсації, можуть розвинутися більш несприятливі типи реагування — гіпоергічний та парадоксальний. Існує припущення, що всі варіанти ендотеліальної реактивності від норми до патології можна розглядати як ступені біохімічної дезадаптації від здоров'я до хвороби, а ендотеліальна дисфункція є індивідуальним субклінічним маркером серцево-судинної патології.

Електрофізіологічне дослідження

Електрофізіологічне дослідження можливе у вигляді черезстравохідної електричної стимуляції передсердь. Методи електричної стимуляції серця через

стравохід поєднуються з реєстрацією черезстравохідної електрограми дозволяють оцінити функціональний стан різних відділів провідної системи серця і отримати інформацію про можливі механізми формування аритмії.

Черезстравохідна електрична стимуляція передсердь може застосовуватися при неможливості виконання проби з фізичним навантаженням або при її неінформативності (за неможливості довести пробу до субмаксимальної вікової ЧСС та до діагностичних критеріїв за ЕКГ); при необхідності діагностики порушень ритму та провідності серця; для отримання даних, цінних для підбору оптимального лікування.

Для проведення проби необхідні двополюсний стравохідний полюс-електрод, електрокардіостимулятор, електрокардіограф, тонометр. Електрокардіостимуляція полягає в ініціації електричної функції серця за допомогою електричного струму. Частота і тривалість стимуляції різні в залежності від мети дослідження та стану пацієнта. Виділяють застосування частоти, близької власного ритму; часту стимуляцію (140–300 імп./хв), надчасту (300–1000 імп./хв) та програмовану (групи стимулів за спеціальним алгоритмом подачі).

Оцінювання проби включає виявлення ішемії міокарду, порушення ритму, функціонального класу серцевої недостатності та ін. Методом черезстравохідної електростимуляції можна здійснювати лікувальні заходи (купування пароксизмального тріпотіння передсердь, деяких видів надшлуночкових пароксизмальних тахікардій, деяких брадіаритмій тощо).

У випадках, коли даний метод не дає повної або вичерпної інформації, пацієнтові можна проводити інвазивне електрофізіологічне дослідження (з введенням катетера-електрода в порожнину серця).

Проби з медикаментозними препаратами

Фармакологічні функціональні проби відносяться до високоспецифічних методів дослідження. Для проведення проб використовують медичні засоби з визначеним механізмом дії та точкою застосування. Такі проби є цінними для проведення діагностичного пошуку при порушеннях ритму серця, розладах

вегетативної регуляції, серцево-судинній патології. Дозволяють з'ясувати взаємозв'язок між вегетативною нервовою системою та серцевою діяльністю. У дитячій кардіології дають більш специфічну інформацію про патогенетичні механізми розвитку патологічного процесу, корисні у диференційованому підході до призначення лікування дітям підліткового віку.

Виділяють провокаційні та корегувальні функціональні проби з використанням фармакологічних засобів. Провокаційні призначені для виявлення прихованої недостатності коронарного кровообігу або реакції синусового вузла і провідної системи серця на дію фармакологічного препарату (проби з аденозином, дипіридамолом, , ізопротеренолом, добутаміном та ін.). Корегувальні проби направлені на усунення дисбалансу між системами регулювання й ураженим органом із тимчасовим усуненням патологічних виявів (проби з атропіном, анаприліном, нітрогліцерином тощо).

Гострий медикаментозний тест ґрунтується на разовому прийомі препарату, ефект якого корелює з ефектом курсового прийому. Показаннями для його проведення є різні види порушень ритму серця. Після реєстрації вихідної ЕКГ дитині дають 1/3 добової дози анти аритмічного препарату. ЕКГ реєструють у положенні лежачи і стоячи через 30, 60 та 90 хв після прийому препарату. Антиаритмічний ефект підтверджує зниження загальної кількості екстрасистол — на 75 %, групових — на 90 %, пароксизмів — на 100 %. Якщо кількість екстрасистол зменшується на 50 % і більше, то тест вважається позитивним і лікування має бути ефективним.

Найчастіше в дитячій кардіології застосовуються атропінова і калій-обзіданова (анаприлінова) проби.

Атропінова проба: Атропін викликає тимчасове пригнічення тонузу блукаючого нерву. Проба застосовується при підозрі на вагусний характер аритмій. Протипоказання до проведення атропінової проби: виражена брадикардія (ЧСС менше 50 за хвилину); значна міопія; глаукома; політопна екстрасистоля; органічні та структурні захворювання серця, особливо з синусовою чи ектопічною тахікардією; кардіомегалія.

• Калій-обзіданова (анаприлінова) проба: Основним показанням для проведення проби є порушення процесу реполяризації (згладжений або негативний зубець T, депресія сегменту ST), також застосовується за екстрасистолії і синдрому подовженого інтервалу QT.

Проби розцінюються як позитивні, при зникненні або значному зменшенні аритмії і змінах фази реполяризації. Таким чином, підтверджується дисфункція вегетативної нервової системи (симпато- або вагозалежний характер змін) і відповідно функціональний характер даних порушень.

Показання та методики проведення фармакологічних проб з атропіном та анаприліном наведені у таблиці 33.

Таблиця 33

Показання та методики проведення фармакологічних проб з атропіном та анаприліном

Показання для проведення проби	Протипоказання для проведення проби	Алгоритм виконання	Примітки
Проба з атропіном			
1) дисфункція синусового вузла; 2) порушення атріовентрикулярної провідності; 3) синдром WPW; 4) суправентрикулярні екстрасистолі 5) синдром «ранньої реполяризації»	1) виражена брадикардія (ЧСС менше 50 уд/хв); 2) значна міопія; 3) глаукома; 4) політопна екстрасистолія; 5) органічні та структурні захворювання серця, особливо з синусовою чи ектопічною тахікардією; 6) кардіомегалія	Пробу проводять через 1,5 години після їжі. Дитина лежить на спині. Після 15 хв відпочинку реєструють ЕКГ, міряють АТ. Вводять 0,1 % розчин атропіну сульфату у дозі 0,02 - 0,05 мг/кг п/ш чи в/в (на 4 мл ізотонічного розчину хлориду натрію). ЕКГ реєструють у момент введення, через 1, 3, 5 хв після нього та далі кожні 5 хвилин до отримання вихідних даних (біля 2 годин).	Звернути увагу на можливі побічні ефекти (сухість слизових оболонок порожнини рота, сонливість, гіперемію обличчя, синусову тахікардію).
Проба с анаприліном			
1) зниження процесів реполяризації;	1) виражена брадикардія (менше 50 уд/хв);	Записують вихідну ЕКГ. Через 1,5–2 години після їжі та 15-ти хвилинного відпочинку	Дитина лежить на спині. Можливі побічні явища:

<p>2) суправентрикулярні ЕС; 3) синдром подовженого інтервалу Q-T.</p>	<p>2) синоатріальна блокада та АВ блокада II-II ступеня; 3) ниркова недостатн.; 4) виражена серцева недостатність; 5) артеріальна гіпотензія (АТс нижче 80 мм рт. ст.); 6) схильність до бронхоспазму; 7) шлунково-кишкові розлади.</p>	<p>дають анаприлін у подрібненому вигляді з розрахунку 0,5 мг/кг у 100 мл теплої кип'яченої води. ЕКГ реєструють через 30, 60, 90, 120 хв.</p>	<p>запаморочення, нудота, блювота, брадикардія, гіпотонія.</p>
--	---	--	--

Інтерпретація результатів проби з атропіном:

- нормальна чутливість до атропіну (негативний результат проби) — збільшення ЧСС на 20–30 % від вихідної;
- підвищена чутливість до атропіну — збільшення ЧСС більше, ніж на 30 % (характерно при ваготонічному вихідному вегетативного тону);
- знижена чутливість до атропіну — незначне збільшення чи відсутність збільшення ЧСС (характерно для органічного ураження синусового вузла);
- парадоксальна реакція (може бути пов'язана із застосуванням підвищеної дози препарату або при особливій індивідуальній чутливості до атропіну сульфату, коли його дія поширюється не тільки на М-холінорецептори, а й на Н-холінорецептори всіх прегангліонарних волокон: надниркових залоз, синокаротидній зони, ЦНС (нейрогіпофіз) тощо).

Для синдрому слабкості синусового вузла характерним є недостатнє підвищення ЧСС або навіть її зниження, поява пасивних ектопічних ритмів та пауз ритму за рахунок синоатріальної блокади або зупинки синусового вузла. Зникнення під час атропінової проби АВ-блокади I ступеня свідчить про її функціональне походження, а покращення АВ-провідності у дітей з АВ-блокадою II ступеня I типу вказує на сприятливий прогноз. У деяких хворих із феноменом Вольфа-Паркінсона-Уайта введення атропіну може зумовити зникнення графіки преекзитації, що дозволяє оцінити зміни комплексу QRS, сегмента ST і зубця

Т. Усунення екстрасистолії або суттєве зниження її частоти на тлі атропінової проби свідчить про вагозалежний тип аритмії.

Інтерпретація результатів проби з анаприліном:

- негативний результат — зменшення ЧСС на 10–20 уд./хв;
- позитивна проба — реверсія негативних зубців Т та збільшення сплюснених зубців Т; зникнення депресії сегмента ST; нормалізація порушених процесів реполяризації; зникнення екстрасистолії, яка супроводжувала тахікардію, можуть свідчити про симпатикозалежний характер (за вегетативної дисфункції проба позитивна у 50 % хворих). Зниження ЧСС більш ніж на 11 уд./хв — ознака підвищеної чутливості синусового вузла до катехоламінів;
- збереження аритмії під час проведення проби — може бути ознакою органічного захворювання серця.

Провокаційні фармакологічні проби за патогенезом близькі до проб з фізичним чи психоемоційним навантаженням. Порушуючи функціональну рівновагу серцево-судинної системи, вони провокують приховану коронарну недостатність або сприяють уточненню її характеру.

Прикладом провокуючої проби в педіатрії може бути проба з блокатором кальцієвих каналів — ізоптіном (верапамілом). Вона є інформативною для діагностики прихованого синдрому WPW, адже верапаміл посилює вираженість Δ -хвилі. Протипоказання до проведення проби: виражена брадикардія, синдром слабкості синусового вузла, атріо-вентрикулярна блокада II і III ступеня, хронічна і гостра серцева недостатність, підвищена чутливість до препарату, низький АТ. Методика проведення. Верапаміл підлітку вводиться внутрішньовенно (2,5–5 мг) повільно за 2–4 хв (для запобігання розвитку колапсу або вираженої брадикардії) або *per os* (1–2 мг/кг). Позитивною реакцією є посилення вираженості дельта-хвилі.

Також проба з верапамілом може бути проведена у якості корегувальної у спортсменів. Якщо дистрофічні зміни на ЕКГ спортсменів пов'язані з хронічним надлишковим накопиченням іонів кальцію в клітинах субендокарда і папілярних м'язах, то введення верапамілу за рахунок обмеження надходження кальцію, нормалізує електрокардіографічну картину.

ФУНКЦІОНАЛЬНА ДІАГНОСТИКА СТАНУ ДИХАЛЬНОЇ СИСТЕМИ

Функціональна діагностика дихальної системи включає дослідження процесу дихання, роботи верхніх та нижніх відділів дихальних шляхів.

ФУНКЦІОНАЛЬНІ ПРОБИ ЗОВНІШНЬОГО ДИХАННЯ

Функціональні проби зовнішнього дихання у підлітків — це проби, які допомагають оцінити стійкість системи зовнішнього дихання до кисневої недостатності. Вони зазвичай полягають у здатності достатньо довго затримувати дихання. Під час цих проб функціональна здатність дихальної системи невідривно зв'язана з функціями серцево-судинної системи, з вегетативною регуляцією, станом крові, інтенсивністю метаболізму, потужністю дихальних м'язів, вольових якостей пацієнта тощо. Результати проведених досліджень є у деякій мірі узагальненим показником роботи різних органів і систем організму.

Проба Штанге

Проба Штанге — це дослідження з довільною затримкою дихання на субмаксимальному вдиху.

Методика проведення. У положенні сидячі, після 3–5 хвилин відпочинку, пацієнт робить 3 глибоких вдиху – видиху, після 4-го субмаксимального вдиху затримує дихання (або ж зразу без підготовки робить 1 субмаксимальний вдих), стискаючи ніс пальцями, на якомога довший час. За допомогою секундоміра фіксують час затримки дихання.

У нормі максимальна затримка дихання на вдиху складає 60–90 с, у дітей — 16–55 с, у добре тренованих спортсменів — до 5 хв. При захворюваннях органів кровообігу, дихання, анеміях тривалість затримки дихання зменшується. Орієнтовні результати проби в нормі представлені в табл. 34.

Проба Генчі

Проба Генчі характеризується затримкою дихання після максимального видиху.

Методика проведення. Після неглибокого вдиху пацієнт робить видих і затримує дихання на максимально тривалий час, затискаючи ніс пальцями. Тривалість перерви у диханні фіксується секундоміром.

У нормі час затримки дихання у здорових нетренованих осіб 25–40 секунд у чоловіків і 15–30 секунд у жінок, у дітей — 15–30 с, у спортсменів високої кваліфікації — до 60–90 с. Орієнтовні результати проби у підлітків — у табл. 34.

Таблиця 34

Орієнтовні показники проб Штанге і Генчі у підлітків

Вік, роки	Затримка дихання, с (юнаки)		Затримка дихання, с (дівчата)	
	Проба Штанге	Проба Генчі	Проба Штанге	Проба Генчі
10	50	22	50	21
11	51	24	44	20
12	60	22	48	22
13	61	24	50	19
14	64	25	54	24
15	68	27	60	26
16	71	29	64	28

Більш інформативним є модифікований варіант проби Генчі після гіпервентиляції. У цьому випадку попередньо виробляють максимально глибоке дихання (гіпервентиляція), протягом 45–60 секунд, потім реєструють тривалість затримки дихання після максимального видиху. У нормі відбувається зростання часу затримки дихання на видиху в 1,5–2 рази. Відсутність зростання часу затримки дихання на видиху свідчить про зміну функціонального стану кардіореспіраторної системи. За даними науковців (Нечитайло Д.Ю. зі співавт., 2019 р.), у дітей, що страждають на артеріальну гіпертензію, незадовільний рівень результатів проби Генчі обернено пропорційний до рівню АТс. Тобто, зміни в мікроциркуляторному руслі легень, серця та головного мозку при артеріальній гіпертензії, можуть призводити до зниження стійкості до гіпоксії.

Оцінювання стану кардіореспіраторної системи за результатами проб Штанге і Генчі наведені у таблиці 35.

Таблиця 35

Оцінювання стану кардіореспіраторної системи за результатами проб Штанге і Генчі

Оцінка проби	Результати проби Штанге	Результати проби Генчі
незадовільно	< 39с.	< 34с.
задовільно	40-49с.	35-39с.
добре	> 50с.	> 40с.

За тривалістю затримки дихання можна зробити висновок про чутливість організму до зниження в крові рівня кисню (гіпоксемії) і підвищення рівню вуглекислоти (гіперкапнії). Для об'єктивізації даних можна використовувати під час проби оксигеометр (пульсоксиметр).

За допомогою оксигеометрії реєструють ступінь насичення крові киснем у період відносно спокійного дихання та після довільної затримки дихання. Розраховують коефіцієнт використання кисню (КВК, у.о.):

$$\text{КВК} = \text{СНз} / \text{СНп} \quad (81),$$

де – СНз — ступінь насичення крові киснем після затримки дихання (%),

СНп – ступінь насичення крові киснем на початку дослідження (%).

В нормі величина КВК складає 0,25–0,30 у.о. Зниження цього показника свідчить про неекономічність використання кисню організмом.

Споживання кисню (л/хв або мл/хв) також можна визначити за допомогою спірографічного методу. При цьому розраховується висота підйому лінії, яка поєднує основи зубців спірограми і час, за який відбувся цей підйом.

Проба Серкіна

Проба Серкіна досліджує адаптацію до гіпоксії після дозованого фізичного навантаження. Проведення проби складається з 3 фаз. 1 фаза: перевірка часу максимально можливої затримки дихання на вдиху. 2 фаза: виконання 20 присідань

протягом 30 с. і визначення максимального часу затримки дихання на вдиху. 3 фаза: через 1 хвилину відпочинку знову перевірка затримки дихання на вдиху. Оцінка результатів проби Серкіна у підлітків проводиться за таблицею (табл. 36).

Таблиця 36

Оцінка результатів проби Серкіна

Контингент обстежуваних	Перша фаза	Друга фаза	Третя фаза
Здорові треновані	40–60 с	> 50 % першої фази	> 100 % першої фази
Здорові нетреновані	36–45 с	30–50 % від першої фази	70–100 % від першої фази
З прихованою недостатністю кровообігу	20–25 с	< 30 % першої фази	< 70 % першої фази

Чим триваліший час затримки дихання, тим вище функціональні можливості кардіореспіраторного апарату та здатність до забезпечення видалення з організму вуглекислого газу. Час затримки дихання зменшується при захворюваннях органів серцево-судинної системи, органів дихання, анеміях, вегетативних розладах та ін. Результати досліджень функції зовнішнього дихання свідчать про кисневе забезпечення організму і загальний рівень тренованості підлітків.

СПІРОМЕТРІЯ

Спірометрія є основним функціональним дослідженням дихальної системи. Спірометрія проводиться за допомогою повітряних або водних спірометрів. Оцінка функції легень використовується для діагностики та моніторингу більшості хронічних респіраторних захворювань. У 2005 році American Thoracic Society (ATS) і European Respiratory Society (ERS) опублікували стандарти виконання спірометрії. Оновлення цього документу було опубліковано у 2019 році.

Показання до спірометрії:

- діагностика
 - підозра на респіраторне захворювання,
 - оцінка тяжкості респіраторного захворювання,

- оцінка прогнозу в осіб із діагностованим респіраторним захворюванням,
- скринінг для осіб із підвищеним ризиком респіраторних захворювань,
- періопераційна оцінка ризику,
- моніторинг
 - оцінка відповіді на лікування або реабілітацію,
 - моніторинг прогресування захворювання і його загострень,
 - моніторинг наслідків впливу шкідливих агентів, в тому числі ятрогенних,
- оцінка інвалідності
 - оцінка функції дихальної системи для страхових або юридичних цілей
- 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).

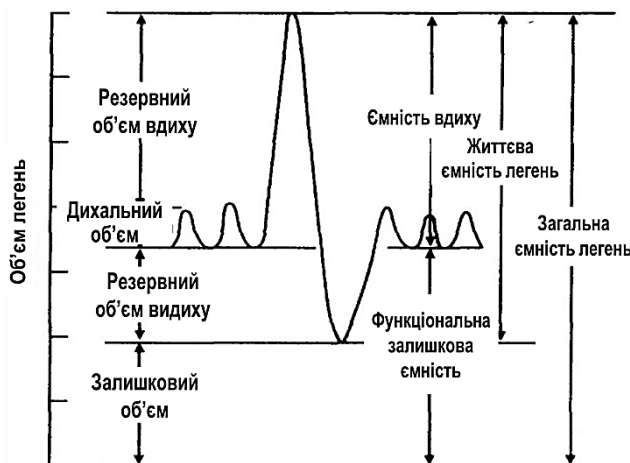
Спірометрія зазвичай добре переноситься пацієнтами і рідко (приблизно 5/10 000) викликає значні побічні ефекти — найчастіше синкопе або пресинкопе і аритмії, які самостійно минають і не потребують лікування. Однак дослідження має навантажувальний характер і може бути виснажливим для пацієнта. Під час маневрів (особливо форсованого видиху) відбуваються значні коливання інтра-торакального тиску, що, зокрема, впливає на венозне повернення і артеріальний тиск. З обережністю застосовують у пацієнтів із захворюваннями, на які вказані фізіологічні ефекти дослідження можуть негативно вплинути. Дослідження завжди слід припинити, як тільки пацієнт повідомить про біль у грудній клітці або інші тривожні симптоми. В актуальній позиції ATS і ERS всі протипоказання до

проведення спірометрії вважаються відносними. Навіть наявність аневризму аорти більше не є протипоказанням.

Перед спірометрією пацієнтам слід рекомендувати уникати: куріння тютюну або електронних сигарет за 1 годину до дослідження (через ризик виникнення бронхоспазму); вживання психоактивних речовин за 8 годин до дослідження; інтенсивного фізичного навантаження за 1 годину до дослідження (ризик розвитку бронхоспазму). За актуальною версією ATS і ERS рекомендується не вживати велику порцію їжі протягом 2-х годин перед дослідженням; мати зручний одяг, який не обмежує рухи грудної клітки і живота; припинити прийом інгаляційних медикаментів (залежно від мети дослідження може проводитися проба з бронхолітиками) — наприклад, відміна сальбутамолу за 4–6 годин до обстеження, іпратропію броміду — за 12 годин, формотеролу за 24 години тощо.

Інтегральні показники зовнішнього дихання, які можна дослідити завдяки застосуванню спірометрії або спірографії

Об'ємні показники дихання:



- Резервний об'єм вдиху (РОВд)
- Резервний об'єм видиху (РОВид)
- Життєва ємність легень (ЖЄЛ)
- Відхилення фактичної ЖЄЛ від належної ЖЄЛ (Відх.ЖЄЛ)

- Життєвий індекс (ЖІ)
- Форсована життєва ємність легень (фЖЄЛ)
- Дихальний об'єм (ДО)
- Ємність вдиху (Євд)
- Залишковий об'єм легень (ЗОЛ)
- Залишкова ємність легень (ЗЄЛ)
- Функціональна залишкова ємність (ФЗЄ)

Резервний об'єм вдиху (Ровд., л або мл) — кількість повітря, яку людина може максимально вдихнути після спокійного вдиху.

Для визначення Ровд. спірометр попередньо наповнюють повітрям і потім після спокійного вдиху рекомендують зробити глибокий вдих із спірометра. Різниця між початковим і прикінцевим свідченнями спірометра відповідатиме величині Ровд. Ровд. зазвичай становить близько 60 % ЖЄЛ. У дорослих Ровд. складає від 1,0 до 2,5 л.

Резервний об'єм видиху (Ровид., л або мл) — кількість повітря, яку людина може додатково видихнути після спокійного видиху.

Ровид визначається шляхом глибокого видиху в спірометр після передуючого йому спокійного видиху в навколишнє середовище.

У нормі Ровид. = 1,0–1,5 л, тобто близько 25 % ЖЄЛ.

Показники резервних об'ємів вдиху і видиху у підлітків — у табл. 37.

Таблиця 37

Орієнтовні показники резервних об'ємів вдиху і видиху у підлітків

Вік, роки	Ровд, мл	Ровид, мл
8	730	730
12	1000	1000
16	1650	1750
дорослі	1500	1500

Життєва ємність легень (ЖЄЛ, л або мл) — кількість повітря, яку людина видихає після максимально глибокого вдиху.

ЖЄЛ залежить від віку, статі, фізичної тренуваності, зросту та маси, а також від положення тіла. В нормі ЖЄЛ — дуже мінлива величина, у здорових осіб може відхилятися від належної на $\pm 15\text{--}20\%$. У середньому у здорових нетренованих чоловіків ЖЄЛ = 3,0–5,5 л, у жінок ЖЄЛ = 2,5–4,0 л. Для спортсменів, які тренуються у видах спорту, спрямованих на розвиток витривалості (плавання, веслування, біг на довгі дистанції, велоспорт, лижні гонки тощо), характерним є істотне підвищення ЖЄЛ.

Орієнтовні нормативи ЖЄЛ у підлітків подані у таблиці 38.

Таблиця 38

Орієнтовні нормативи ЖЄЛ у підлітків

(P Boros, F. Mejzo, P. Gomalko. Проведення спірометрії відповідно до стандартів American Thoracic Society і European Respiratory Society, 2019.)

Вік, роки	ЖЄЛ
8	1300-1600
12	2000-2200
14	2700-3200
дорослі	3500-5000

Визначення ЖЄЛ за розрахунковими формулами.

Для дівчат при рості до 1,75 м:

$$\text{ЖЄЛ} = 3750 \text{ (см}^3\text{/м)} \times \text{ріст (м)} - 3150 \text{ (см}^3\text{)} \quad (82)$$

Для хлопців при рості до 1,65 м:

$$\text{ЖЄЛ} = 4530 \text{ (см}^3\text{/м)} \times \text{ріст (м)} - 3900 \text{ (см}^3\text{)} \quad (83)$$

Для хлопців при рості вище 1,65 м:

$$\text{ЖЄЛ} = 10000 \text{ (см}^3\text{/м)} \times \text{ріст (м)} - 12850 \text{ (см}^3\text{)} \quad (84)$$

Також може обчислюватися за сумою дихальних об'ємів:

$$\text{ЖЄЛ} = \text{ДО} + \text{Ровд} + \text{Ровид}. \quad (85),$$

де – ДО — дихальний об’єм (л або мл);

Ровд. — резервний об’єм вдишу (л або мл);

Ровид. — резервний об’єм видиху (л або мл).

Для оцінки витривалості дихальної мускулатури на основі вимірювання ЖЄЛ запропонована проба Розенталя. Вона полягає у визначенні ЖЄЛ 5 разів та порівнянні результатів. У нормі величина ЖЄЛ при всіх вимірах не знижується, а іноді дещо підвищується. Різниця між максимальною та мінімальною ЖЄЛ при пробі складає 100–200 мл. Зниження ЖЄЛ у повторних визначеннях може свідчити про функціональну слабкість, перевтому м’язів, перетренованість чи про патологію респіраторного тракту.

Відхилення фактичної ЖЄЛ від належної ЖЄЛ (Відх. ЖЄЛ, %)

$$\text{Відх. ЖЄЛ} = ((\text{ЖЄЛ} - \text{нЖЄЛ}) / \text{нЖЄЛ}) \times 100 \quad (86),$$

де – нЖЄЛ — величина належної ЖЄЛ, л (таблиця 39);

ЖЄЛ — фактична величина ЖЄЛ, л.

Таблиця 39

Належна ЖЄЛ (нЖЄЛ)

(за Антоні в модифікації Малікова М.В. зі співавтор.):

Вік та фізична підготовка	Стать	Формула розрахунку
Діти шкільного віку	Хлопці	$\text{нЖЄЛ} = 40 \times L + 30 \times M - 5100$
	Дівчата	$\text{нЖЄЛ} = 40 \times L + 10 \times M - 4400$
Дорослі нетреновані люди	Чоловіки	$\text{нЖЄЛ} = (27,63 - 0,122 \times V) \times L - 500$
	Жінки	$\text{нЖЄЛ} = (21,78 - 0,101 \times V) \times L - 300$
Дорослі треновані люди	Чоловіки	$\text{нЖЄЛ} = (27,63 - 0,122 \times V) \times L$
	Жінки	$\text{нЖЄЛ} = (21,78 - 0,101 \times V) \times L$

L — ріст, см;

M — маса, кг;

V — вік, роки.

В нормі у нетренованих осіб відхилення ЖЄЛ фактичної від ЖЄЛ належної не перевищує 10–15 %). Відх. ЖЄЛ у спортсменів практично завжди більше.

Життєвий індекс (ЖІ, мл/кг) є важливим критерієм резерву зовнішнього дихання (таблиця 40).

$$\text{ЖІ} = \frac{\text{ЖЄЛ}}{\text{М}} \quad (87),$$

де – ЖЄЛ — життєва ємність легень, мл;

М — маса тіла, кг.

Таблиця 40

Оцінка життєвого індексу у дітей підліткового віку

Вік, років	Стать	
	хлопці	дівчата
10	51–55	46–49
11–13	40–53	42–46
14–15	53–57	46–51

Дослідження показали (Орлик Н. А., Босенко А. І., Топчій М. С., Дишель Г. О. Динаміка фізичного розвитку юнаків 17-21 років впродовж періоду навчання у закладах вищої освіти Вісник проблем біології і медицини – 2020 – Вип. 2 (156) С.386-391.), що якщо значення життєвого індексу у підлітка не відповідає нормі, то по мірі дорослішання, без спеціальних реабілітаційних заходів, функціональний стан зовнішнього дихання часто надалі погіршується.

Форсована життєва ємність легень (фЖЄЛ, л або мл) — об’єм повітря, який людина може максимально швидко видихнути після глибокого вдиху. Визначають величину фЖЄЛ шляхом розрахунку її амплітуди і тривалості. В нормі у здорових нетренованих людей час максимально швидкого видиху складає 1,5–2,5 с., а саме значення фЖЄЛ складає 70–80 % від фактичної ЖЄЛ. Величину фЖЄЛ і час форсованого видиху використовують для діагностики бронхіальної прохідності.

Дихальний об’єм (ДО, л або мл) — це об’єм повітря, який вдихається або видихається за 1 спокійний дихальний рух. Дихальний об’єм (таблиця 41)

змінюється від рівня вентиляції легень і залежить від віку, статі, зросту, розвитку грудної клітини, фізичної підготовки тощо. Зменшення ДО спостерігається при ожирінні, ураженні легень, недостатності кровообігу та ін. У дорослих здорових нетренованих осіб ДО складає 300–600 мл. У жінок величина ДО за всіх умов в середньому на 20–25 % нижче, ніж у чоловіків. У спортсменів спостерігається деяке збільшення цього показника, в залежності від величини ЖЄЛ, він може досягати 4000 мл і навіть більше. Орієнтовні нормативи ДО у підлітків подані у табл. 42.

Таблиця 41

Дихальний об'єм у дітей підліткового віку

Вік, роки	Дихальний об'єм, мл
10	230–556
11–12	254–466
13–14	300–560
15–16	344–600

Таблиця 42

Орієнтовні нормативи ДО у підлітків (P Boros, F. Mejzo, P. Gomalko. Проведення спірометрії відповідно до стандартів American Thoracic Society і European Respiratory Society, 2019)

Вік, роки	ДО, мл
8	180–240
12	250–300
14	280–370
дорослі	400–500

Ємність вдиху (Євд, л або мл) — це величина, яка характеризує здатність легеневої тканини до розтягнення.

$$\text{Євд} = \text{ДО} + \text{Ровд} \quad (88)$$

Залишковий об'єм легень (ЗОЛ, л або мл) — об'єм, який залишається в легенях після максимально повного видиху.

В нормі у молодих людей складає не більше 25–30 % від залишкової ємності легень.

Залишкова ємність легень (ЗЄЛ, л або мл) — це максимальний об'єм, який можуть вмістити легені на висоті глибокого вдиху.

$$\text{ЗЄЛ} = \text{ЖЄЛ} + \text{ЗОЛ} \quad (89)$$

Функціональна залишкова ємність (ФЗЄ, л або мл) – об'єм повітря, який залишився у легенях після спокійного видиху.

$$\text{ФЗЄ} = \text{Ровид} + \text{ЗОЛ} \quad (90)$$

У нормі складає 40–50 % від залишкової ємності легень.

Швидкісні показники дихання

- Об'єм форсованого видиху (ОФВ1 — за першу секунду)
- Проба Тіффно (ІТ)
- Максимальна об'ємна швидкість (МОШ)
- Середня об'ємна швидкість форсованого видиху (СОШ)

Об'єм форсованого видиху за першу секунду (ОФВ1, мл) — це об'єм повітря, який видихається за першу секунду при максимально швидкому видиху і виражається у відсотках до фЖЄЛ.

Здорові люди за першу секунду видихають не менше 70 % ФЖЄЛ.

Індекс Тіффно (ІТ, %) — індекс, що визначає ступінь вираженості трахеобронхіальної обструкції. З його допомогою досліджують патогенез обструкції, динаміку вентиляції легень. Пробу проводять під дією функціональних навантажень, а також із застосуванням бронхолітичних лікарських засобів різного механізму дії. При обструкції в дихальній системі підвищується опір повітряної циркуляції. Це виражено вже на початку виходу газів з легень, і прогресує до завершення акту дихання. Чим менше життєва ємність, тим більше порушена вентиляція. ІТ визначають, як відношення об'єму повітря, видихнутого за першу секунду при максимально швидкому видиху (об'єм форсованого видиху за першу секунду — ОФВ1) до життєвої ємності легень (ЖЄЛ) у %.

$$\text{ІТ} = (\text{ОФВ1}/\text{ЖЄЛ}) \times 100 \quad (91)$$

У здорової людини ІТ складає 70–85 %. Його значення різко знижено при бронхоспазмі.

Інтерпретація результатів:

> 70 % — фізіологічна норма;

50–65 % — початковий (оборотний) рівень непрохідності;

35–50 % — середній (незворотній) рівень непрохідності;

< 35 % — тяжкий (прогресуючий, що призводить до інвалідності) рівень непрохідності бронхів.

Максимальна об'ємна швидкість повітря (МОШ, %) на рівні видиху 25 % фЖЄЛ (МОШ25), на рівні видиху 50 % фЖЄЛ (МОШ50), на рівні 75 % фЖЄЛ (МОШ75). МОШ на рівні видиху різних фЖЄЛ мають значну цінність у діагностиці початкових порушень бронхіальної провідності. За нижню межу норми показників МОШ приймають 60 % від належної величини.

Середня об'ємна швидкість (СОШ) форсованого видиху за певний період вимірювання від 25 до 75 % фЖЄЛ (СОШ25, СОШ75). Інформативний показник для виявлення ранніх обструктивних порушень бронхів. Відображає стан дрібних дихальних шляхів.

Показники легеневої вентиляції

- Частота дихання (ЧД)
- Хвилинний об'єм дихання (ХОД)
- Максимальна вентиляція легень (МВЛ)
- Вентиляційний індекс Гаріссона (ВІГ)
- Індекс гіпоксії (ІндГ)
- Індекс Скібінського (ІС)
- Резерв дихання (РД)

Частота дихання (ЧД, п/хв) — кількість дихальних рухів, здійснених за одну хвилину. В нормі у нетренованих осіб ЧД = 16–20 дихальних рухів на хвилину (приблизно у 8 років — 22 п/хв, у 12 років — 19 п/хв, у 14 років — 18 п/хв). У спортсменів часто спостерігається деяке зниження значень ЧД.

Хвилинний об'єм дихання (ХОД, л(мл)/хв) — кількість повітря, яка проходить через дихальну систему під час звичайного спокійного дихання за 1 хвилину.

ХОД залежить від віку, статі, фізичної підготовки, стану серцево-судинної, центральної нервової систем, від збудливості дихального центру, порушень обміну тощо. Орієнтовні нормативи ХОД у підлітків — в таблиці 43.

Таблиця 43

Орієнтовні нормативи ХОД у підлітків

(P Boros, F. Mejzo, P. Gomalko. Проведення спірометрії відповідно до стандартів American Thoracic Society і European Respiratory Society, 2019)

Вік, роки	ХОД, мл/хв
8	3600–4200
12	4300–5000
14	4800–5400
дорослі	6000–7000

ХОД є дуже мінливим показником, тому що він у значній мірі залежить, як від ЧД, так і від ДО:

$$\text{ХОД} = \text{ЧД} \times \text{ДО} \quad (92),$$

де – ХОД — хвилинний об'єм дихання, л (мл)/хв;

ЧД — частота дихання, п/хв;

ДО — дихальний об'єм, л (мл).

Максимальна вентиляція легень (МВЛ, л(мл)/хв) — це максимальна кількість повітря, яка може пройти через дихальну систему за 1 хв при максимально частому і глибокому диханні. МВЛ характеризує потенційну функціональну здатність апарату зовнішнього дихання. Для визначення МВЛ пацієнт здійснює максимально часте і максимально глибоке дихання в спірометр упродовж 15 с, потім результат помножують на 4.

$$\text{МВЛ} = \text{ХОД}_{\text{макс.}} \times \text{ЧД}_{\text{макс.}} \quad (93)$$

Цей показник залежить від статі, віку, маси тіла та зросту, положення тіла. Він чутливий до стану нервової системи, на його величину можуть впливати емоції пацієнта.

В нормі МВЛ у дорослих здорових нетренованих чоловіків 80–230 л/хв, у жінок — 60–170 л/хв. У осіб, які систематично займаються спортом, визначається збільшення значень МВЛ.

Вентиляційний індекс Гаріссона (ВІГ, %) — показник оцінки трахео-бронхіальної прохідності.

$$\text{ВІГ} = \text{ХОД} / \text{ЖЄЛ} \quad (94),$$

де – ХОД — хвилиний об'єм дихання (л/хв.);

ЖЄЛ — фактична життєва ємність легень (л).

Вентиляційний індекс вважається критерієм реалізації потенційних можливостей системи зовнішнього дихання пацієнта. За норму ВІГ приймають 1,2–2,6 %. У спортсменів спостерігається його деяке зниження (зокрема, за рахунок підвищення значень ЖЄЛ).

Індекс гіпоксії (ІндГ) — розрахунковий показник, який характеризує стійкості організму до дефіциту кисню та відображає індивідуальну толерантність до гіпоксії.

$$\text{ІндГ} = \text{Твид} / \text{ЧСС} \quad (95),$$

де – Твид — час затримки дихання на видиху, с;

ЧСС — частота серцевих скорочень, уд/хв.

В нормі у здорових нетренованих чоловіків значення ІндГ складає 0,409–0,586 у.о., у жінок — 0,369–0,546 у.о. У осіб, які систематично займаються спортом, реєструють більш високі величини індексу гіпоксії: серед чоловіків — 0,609–0,786 у.о., серед жінок — 0,509–0,686 у.о.

Індекс Скібінського (ІС) — циркуляторно-респіраторний коефіцієнт, який характеризує потенційні можливості системи зовнішнього дихання, її стійкість

до гіпоксії, а також рівень узгодженості ланок функціонування кардіо-респіраторного апарату.

$$IC = ((ЖЄЛ / 100) \times T_{вид}) / ЧСС \quad (96),$$

де – ЖЄЛ — життєва ємність легень, мл;

T_{вид} — час затримки дихання на видиху, с;

ЧСС — частота серцевих скорочень, уд/хв.

Інтерпретація результатів:

IC < 5 — дуже погані функціональні можливості кардіореспіраторної системи,

5–10 — незадовільні функціональні можливості кардіореспіраторної системи,

11–30 — задовільні функціональні можливості кардіореспіраторної системи,

31–60 — добрий стан функціональних можливостей,

> 60 — дуже добрі функціональні можливості кардіореспіраторної системи.

Інший варіант підрахунку індексу Скібінського (ІндС, у.о.):

$$ІндС = ЖЄЛ \times T_{вид} / ЧСС \quad (97)$$

В нормі у здорових нетренованих чоловіків значення IC = 2500–3900 у.о., у жінок = 1500–2900 у.о. У спортсменів чоловіків — 3500–4900 у.о., у жінок — 3000–4400 у.о.

Цей варіант використовується для обчислення запропонованого Кошевою Л.О., Іванець О.Б., 2019 р. інтегрального показника оцінювання функціонального стану дихальної системи (ІПОДС) (табл. 44):

$$ІПОДС = \frac{МВЛ \times ІндГ - IC \times ВІГ}{МВЛ} \quad (98)$$

Таблиця 44

Ранжування норм інтегрального показника

Рівень функціонального стану дихальної системи	Значення ІПОДС, %
В межах норми	≤ 15
Поза межами норми	> 15

Резерв дихання (РД, л(мл)/хв або %) розраховують, як відношення ХОД до МВЛ.

$$\text{РД} = 100 \times ((\text{МВЛ} - \text{ХОД}) / \text{МВЛ}) \quad (99),$$

де – РД — резерв дихання, %;

МВЛ — максимальна вентиляція легень, л/хв;

ХОД — хвилинний об'єм дихання, л/хв.

В нормі РД складає близько 80–85 %, тобто організм використовує близько 80–85 % від своїх максимальних можливостей. Збільшення РД свідчить про зниження здатності підлітка до виконання фізичних навантажень. При важких ураженнях дихального апарату, серцевій і легеневої недостатності, значному падінні МВЛ величина РД може знижуватися до 50 %.

ПНЕВМОТАХОМЕТРІЯ

Пневмотахометрія — метод визначення потужності вдиху і видиху. Під час форсованого вдиху та видиху виникає різниця тиску, яка фіксується манометром пневмотахометру. Величина цієї різниці пропорційна об'ємній швидкості руху повітря через трубку апарата. Шляхом послідовного здійснення форсованого вдиху і форсованого видиху, визначають потужність вдиху ($W_{\text{вд}}$) і потужність видиху ($W_{\text{вид}}$). $W_{\text{вид}}$ частіше дещо більше $W_{\text{вд}}$.

У здорового нетренованого чоловіка $W_{\text{вид}} = 5\text{--}8$ л/с.

У жінки трохи нижче: $W_{\text{вид}} = 4\text{--}6$ л/с.

Зниження $W_{\text{вид}}$ і $W_{\text{вд}}$. Може свідчити про порушення бронхіальної прохідності чи хронічні ураження легень.

СПИРОЕРГОМЕТРІЯ

Спіроергометрія — це один з методів визначення максимального споживання кисню, який полягає у дослідженні газообміну та легеневої вентиляції при фізичному навантаженні (під час проведення степ-тесту, велоергометрії, тредмил-тесту).

МЕТОДИ ГАЗОВОГО АНАЛІЗУ

Методи газового аналізу включають дослідження рівню кисню, вуглекислого газу, газовий склад крові із застосуванням відповідної апаратури. Найбільш точно можна визначити парціальний тиск газів крові (P_{aO_2} та P_{aCO_2}), сатурації кисню (S_{aO_2}) та рН. При важких змінах дихальної системи ступінь насичення артеріальної крові киснем може знижуватися до 85–90 %, а в деяких випадках до 60–70 % і навіть до 50 %. Поруч з артеріальною гіпоксемією може розвиватися артеріальна гіперкапнія — істотне підвищення вмісту вуглекислого газу в крові (газовий ацидоз).

ПРОБА З ГІПЕРВЕНТИЛЯЦІЄЮ

Проба з гіпервентиляцією дозволяє оцінити здатність міокарда адаптуватися до гіпоксії. Використовується для діагностики вегетативної дисфункції, вазоспастичних станів тощо.

Методика проведення: пацієнт у горизонтальному положенні або напівлежачи (у кріслі) глибоко дихає із частотою 16–22 дихання за 1 хв протягом 3–5 хв (залежно від самопочуття). Позитивною проба визнається, якщо під час неї виникають емоційні, вегетативні, тетанічні та інші зміни (зникають через 2–3 хв після закінчення) або гіпервентиляція призводить до розвитку вегетативного пароксизму (який продовжується і після завершення проби). Перехід проби в розгорнутий пароксизм спостерігається спочатку у диханні, обстежуваний не може припинити часто і глибоко дихати. Розлад дихання супроводжується вегетативними, м'язово-тонічними та емоційними розладами.

Позитивна проба з гіпервентиляцією може бути підтвердженням гіпервентиляційного синдрому. До гіпервентиляційного синдрому відносять суб'єктивні полісистемні скарги у поєднанні з розладами дихання; дихальних порушення у період чи на початку захворювання; позитивні результати гіпервентиляційної проби, проб на нервово-м'язову збудливість; можливість усунення гіпервентиляційного пароксизму вдиханням повітряної суміші, що містить 5 % CO_2 , або диханням «в мішок» (паперовий або поліетиленовий) для накопичення власного

CO₂, за допомогою якого усувається напад; наявність у хворого гіпокапнії в альвеолярному повітрі та алкалозу в крові.

Гіпервентіляційну пробу можна проводити з використанням запису ЕКГ: у вихідному стані до проби та після виконання 20–30 форсованих глибоких вдихів і видихів з великою частотою без перерви протягом 20–30 с. Пробу вважають позитивною, якщо ЧСС зростає на 50–100 % від початкової та на ЕКГ у грудних відведеннях з'являються негативні зубці Т та/або депресія сегмента ST і подовження інтервалу QT.

ПРОБА НА БРОНХОКОНСТРИКЦІЮ

Виконання провокаційних тестів дозволяє отримати минущу бронхообструкцію і оцінити наявність та ступінь гіперреактивності дихальних шляхів до різних бронхоконстрикторних подразників у пацієнтів із респіраторними скаргами.

Непрямий бронхопровокаційний тест допомагає з'ясувати причину задишки, яка виникає при фізичному навантаженні. Субмаксимальне фізичне навантаження (можна використовувати тредміл, велоергометр та ін.) підліток виконує протягом 4–6 хвилин, звертаючи увагу на прояви задишки. Бажано імітувати вправу, яка раніше провокувала порушення дихання. Інтенсивність вправ можна титрувати за частотою серцевих скорочень (85 % від максимальної) або цільовою вентиляцією. Функцію легень вимірюють на початковому етапі та після фізичного навантаження (зазвичай, відразу та на 3-й, 6-й, 10-й, 15-й та 20-й хвилинах відновлювального періоду). Тест позитивний, якщо ОФВ1 після фізичного навантаження знижується на ≥ 13 –15 % від вихідного рівню. За необхідності, можна провести додаткове вимірювання VO₂ max та/або pCO₂, щоб отримати більш детальну інформацію про кардіореспіраторний стан.

Пікове падіння ОФВ1 зазвичай відбувається через 3–15 хв після припинення навантаження. Чим молодша дитина, тим коротший час до максимального звуження бронхів і тим швидше відбувається відновлення від бронхоконстрикції (Hengeveld VS, van der Kamp MR, Thio BJ and Brannan JD, 2022). Частина дітей з «астмою

фізичного зусилля» (*exercise induced asthma*) навіть відчувають бронхоконстрикцію під час фізичних вправ. Van Leeuwen виявив цей феномен у 36 % дітей віком 5–7 років, причому у деяких дітей спостерігалось значне зниження ОФВ1 лише після 2 хвилин вправ. Більш раннє і більш глибоке падіння ОФВ1 може вважатися більш серйозною формою бронхоконстрикції, яка є шкідливою для спортивних результатів. Швидке відновлення у дітей, особливо молодшого віку, підкреслює важливість початку спірометричних вимірювань зразу після фізичного навантаження (бажано через 1 хвилину після припинення фізичного навантаження), бо інакше бронхоконстрикцію можна пропустити.

За початково непорушеної функції зовнішнього дихання можливе проведення фармакологічних тестів (інгаляції розчинів гістаміну, метахоліну, алергенів), тестів з неспецифічними провокаторами, їх комбінаціями, наприклад, з фізичним навантаженням, гіпервентиляцією, інгаляцією холодного повітря та ін.

ДОСЛІДЖЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО СТАНУ М'ЯЗІВ

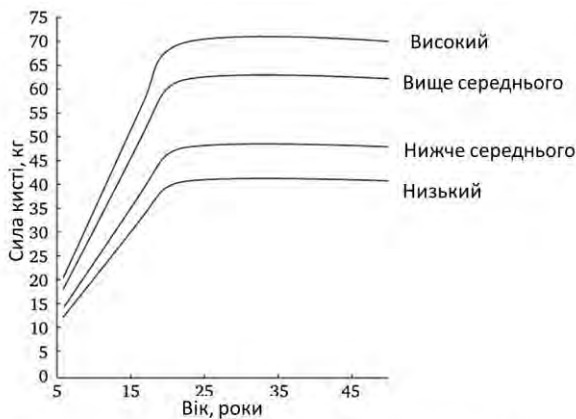
Динамометрія — це процес визначення сили окремих груп м'язів за допомогою динамометра. За допомогою кистьового динамометра вимірюють силу м'язів, які згинають пальці. За допомогою станового динамометра — силу м'язів, які випрямляють тулуб («станову» силу).

Сила м'язів — максимальний прояв довільного зусилля, яке досліджуванні м'язи можуть розвивати у заданих умовах. Ізометрична сила, що вимірюється, зосереджена в одному циклічному максимальному скороченні. Напруга, яку може досягти кожне м'язове волокно, залежить від його відносної довжини і тривалості стимуляції. Можливості розвинути певну силу м'язів залежать від положення тіла, положення суглобів, вольової зацікавленості досліджуваного та ін. За допомогою динамометрії можна оцінити абсолютну і відносну силу м'язів кисті і спини пацієнта, рівень працездатності м'язів і статичну витривалість.

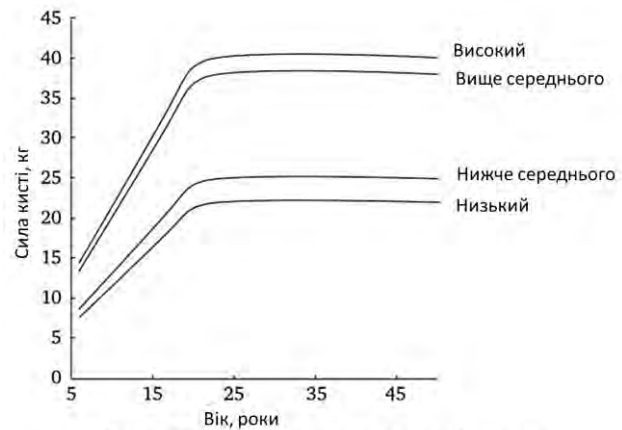
Ізометрична сила залежить від статі та віку. Статеві відмінності починають проявлятися з пубертатного періоду. У жінок сила м'язів на 30–35 % нижча, ніж у чоловіків. Дорослі чоловіки досягають максимуму сили у віці близько 30 років,

потім вона дещо знижується. Ізометрична сила пропорційна площі поперечного перерізу м'язи. Чим більше об'єм м'яза, тим більше його сила. Чим більший ріст людини, тим більше м'язова сила (зростання на 20 % дає збільшення сили приблизно на 44 %).

Методика кистьової динамометрії: пропонують встати, витягнути руку з динамометром, відвести руку під прямим кутом до тулуба, за командою просять максимально стиснути кистьовий динамометр. Шкала динамометра визначає силу м'язів досліджуваної кисті. Вимірювання повторюють декілька разів (1 раз на 5 с), визначають середній (найкращий) результат.



Рівень сили кисті провідної руки у чоловіків різного віку



Рівень сили кисті провідної руки у жінок різного віку

Методика станової динамометрії для визначення статичної сили: пацієнт витискає на ртутному або водяному динамометрі величину, що дорівнює 75 % від абсолютної м'язової сили, і утримує її максимально можливий час.

Обчислюють індекс станової сили (FR, %):

$$FR = \frac{FA}{M} \times 100 \quad (100),$$

де – FA — абсолютна сила м'язів (кгм або дин);

M — маса тіла (кг).

Нормативні показники розвитку абсолютної сили тулуба у віці 17–18 років представлені в табл. 45. Оцінка індексу станової сили — у табл. 46.

Таблиця 45

Нормативні показники розвитку абсолютної сили тулуба у юнаків та дівчат віком 17–18 років (за Л. Сергієнком)

Рівень розвитку	Сила розгиначів тулуба, кг	
	юнаки	дівчата
Вище середнього	180,6–161,1	104,0–97,0
Середній	161,0–130,5	96,9–88,9
Нижче середнього	130,4–99,8	88,8–80,7

Таблиця 46

Оцінка індексу станової сили (за Б. Ландою)

Результат (%)	Оцінка
Менше 175	Мала сила м'язів спини
175–190	Нижче середньої
190–210	Середня
210–225	Вище середньої
Більше 225	Велика сила м'язів спини

Рівень працездатності м'язів (P, у.о):

$$P = (f_1 + f_2 + \dots + f_n) \times n \quad (101),$$

де – f — показник динамометрії (кгм), f₁, f₂... f_n — кількість проб;

n — кількість спроб.

Показник зниження працездатності (S, %).

$$S = [(f_1 - f_{\min}) \cdot f_{\max}] \times 100 \quad (102),$$

де – f₁ — величина початкової м'язової сили (кгм);

f_{min} — величина мінімальної м'язової сили (кгм);

f_{max} — величина максимальної м'язової сили (кгм).

Електроміографія використовується для реєстрації електричних біопотенціалів скелетних м'язів за допомогою підшкірних та нашкірних електродів. Крім амплітудно-частотних характеристик нервово-м'язового апарату, електроміографія дозволяє оцінити латентний час напруги і латентний час розслаблення

м'яза, тобто загальний час від початку дії подразника до реакції м'яза. Відхилення у функціональному стані нервово-м'язового апарату можуть зустрічатися за різних порушень периферичного чи центрального характеру (міозити, порушення рухових нервів, екстрапірамідні розлади, неврозоподібні порушення тощо)

Хронаксиметрія визначає мінімальну силу подразника, здатного викликати м'язове скорочення і час, необхідний для реакції м'яза на дію подразника. Хронаксія — це найменший час дії на тканину постійного електричного струму подвоєної порогової сили, що викликає збудження тканини. Здійснюється хронаксиметром, що складається з джерела постійного струму, набору опорів і пристрою для зміни тривалість імпульсу струму, що діє на об'єкт. Вона допомагає вивчити збудливість нервово-м'язової системи. Використовується для оцінки ступеня готовності до виконання значних за об'ємом і інтенсивністю фізичних навантажень. Засіб контролю за ходом тренувального процесу і метод спостереження за процесами відновлення нервово-м'язової системи після перенесених захворювань і травм.

Фономіографія (механіоміограма) є методикою вимірювання сили м'язових скорочень шляхом запису низькочастотних звуків, що утворюються під час м'язової діяльності.

Електроміографія є технікою оцінки та реєстрації електричної активності, яку виробляють скелетні м'язи, вивчає біомеханіку руху.

Міотонометрія — це реєстрація та аналіз біомеханічних властивостей скелетних м'язів людини (тонусу, еластичності, жорсткості, пружності) за допомогою спеціальних апаратів. Щуп приладу занурюють у досліджуваний м'яз, поставивши вертикально, і по шкалі в умовних одиницях (міотонах) вимірюють опір, що здійснюється м'язом. При поліпшенні функціонального стану збільшуються амплітуда і показник м'язового тонусу (різниця між напруженою і розслабленою). При перевтомі амплітуда зменшується, тонус спокою підвищується.

Тензіоміографія вимірює специфічні властивості скорочення м'язів, радіальне зміщення м'язів під час скорочень, викликаних коротким електричним стимулятором, допомагає кількісно оцінити прогрес реабілітації чи тренування.

Оцінка м'язової втоми

М'язова втома — це зменшення максимальної сили або потужності, яку можуть розвивати задіяні у роботі м'язи. озвивається поступово після початку тривалої фізичної активності. Протокол, який використовується для кількісної оцінки розвитку м'язової втоми, полягає в тому, щоб перервати виснажливу вправу короткими максимальними скороченнями (добровільними або викликаними електричним струмом), щоб оцінити зниження максимальної потужності сили.

Ступінь м'язової втоми, викликаної втручанням, можна кількісно визначити як зниження максимальної сили або потужності, вимірної відразу після виснажливого скорочення. Жінки зазвичай здатні підтримувати скорочення протягом більш тривалого періоду, особливо при нижчій інтенсивності скорочень але не при максимальних скороченнях.

У підлітків, у зв'язку з анатомо-фізіологічними особливостями організму, втома може розвиватися швидше, ніж у дорослих. До втоми призводять монотонність занять, тривалі перенавантаження, порушення режиму дня, вегетативні та інші функціональні розлади. За таких умов знижується увага і посидючість підлітків, вони частіше порушують дисципліну. При систематичних перенавантаженнях дітей і підлітків втома легко переходить у перевтому. Попередити перевтому у підлітків можуть регламентований режим дня, достатній відпочинок, перебування на свіжому повітрі, чергування різноманітних видів робіт, позитивні емоції (які сприяють підвищенню симпатичної іннервації, синтезу катехоламінів, мобілізації енергоресурсів, удосконаленню процесів регуляції).

ФУНКЦІОНАЛЬНА ДІАГНОСТИКА СТАНУ НЕРВОВОЇ СИСТЕМИ

В системі функціональної діагностики нервової системи зазвичай оцінюють стан центральної нервової системи (ЦНС), вегетативної нервової системи (ВНС) і периферичного відділу. У підлітковому віці відбувається завершення морфофункціонального дозрівання кори головного мозку, встановлюються більш тісні взаємини між корою і підкірковими структурами, між гіпоталамусом, гіпофізом і залозами внутрішньої секреції. Гетерохронний розвиток різних відділів нервової системи призводить до тимчасової неузгодженості функцій, як в ЦНС, так і в вегетативному відділі. Можуть порушуватися співвідношення процесів збудження і гальмування в корі головного мозку, функції гіпоталамічних структур, взаємини відділів ВНС.

Жіночій мозок розвивається швидше, ніж чоловічий. У новонароджених більше розвинена права півкуля; згодом розвиток охоплює і ліву, але у дівчат цей перехід відбувається раніше, тому вони частіше використовують ліву півкулю. Дівчата отримують більше сенсорної інформації, у них краще розвинені слух, нюх, сприйняття кінчиками пальців і шкірою. Відмічаються кращі вербальні здібності (вербалізація почуттів і реакцій, вербальна комунікація), тобто більший словниковий запас. Краще функціонують пам'ять і чуттєве сприйняття. Дівчата можуть бути успішніші в граматиці та читанні, лексиці і вивченні іноземних мов.

Юнаки частіше проявляють тенденції до кращого розвитку певних ділянок правої півкулі. Вони більш уважні і краще бачать, особливо за яскравого освітлення. Мають великі можливості для просторового сприйняття, що корисно при проведенні вимірювань, інженерному проектуванні і топографії. Юнаки краще запам'ятовують інформацію, ланки якої мають логічний зв'язок або особливу важливість. Вони краще грають в шахи, встигають з математики, читають карти і т.п.

ФУНКЦІОНАЛЬНА ДІАГНОСТИКА СТАНУ ВЕГЕТАТИВНОЇ НЕРВОВОЇ СИСТЕМИ

Дослідження вегетативного тону

Вегетативний тонус відповідає стану вегетативної регуляції в період відносного спокою.

Таблиця для оцінки вегетативного тону, запропонована О.М. Вейном зі співавт., модифікована Н.О. Білокінь зі співавт. для дитячого віку (табл. 47).

Таблиця 47

Оцінка вихідного вегетативного тону в дітей

Критерії (клінічні симптоми)	Симпатикотонія	Ейтонія	Ваготонія
1	2	3	4
<i>Шкіра</i>			
Колір	Бліда	Біло-рожева	Схильність до почервоніння
Судинний малюнок	Не виражений	Не виражений	Мрамуровість, ціаноз кінцівок
Сальність	Знижена	Нормальна	Підвищена
Потовиділення	Зменшене або збільшене (в'язкий піт)	Нормальне	Підвищене, гіпергідроз кінцівок (рідкий піт)
Дермографізм	Рожевий, білий	Червоний, нестійкий	Червоний, підвищений, стійкий
Схильність до набряків	Не виражена	Не виражена	Характерна
<i>Терморегуляція</i>			
Температура тіла	Схильність до підвищення	Нормальна	Знижена
Переносимість задушливих приміщень	Задовільна	Задовільна	Погана
Маса тіла	Схильність до худорби	Нормальна	Схильність до ожиріння
Температура при інфекціях	Висока	Субфебрильна	Субфебрильна, можливий тривалий субфебрилітет
Апетит	Підвищений	Нормальний	Знижений
Спрага	Підвищена	Нормальна	Знижена
<i>Серцево-судинна система</i>			
ЧСС	Підвищена	Нормальна	Знижена, дихальна аритмія
САТ	Нормальний або підвищений	Нормальний	Знижений
ДАТ	Нормальний або підвищений	Нормальний	Нормальний або знижений
Серцебиття	Характерне	Не характерне	Буває рідко

1	2	3	4
Кардіалгії	Можливі	Не характерні	Бувають часто
Непритомність	Рідко	Не характерна	Характерна
ІІІ тон на верхівці серця у положенні лежачи	Не буває	Не буває	Характерний
<i>Вестибулярні зміни</i>			
Запаморочення, непереносимість їзди в транспорті	Не характерні	Не характерні	Характерні
<i>Дихальна система</i>			
Частота дихання	Нормальна або підвищена	Нормальна	Дихання нечасте, глибоке
Скарги на ядуху	Не характерні	Не характерні	Характерні
Астматичний бронхіт	Не характерний	Не характерний	Характерний
<i>Шлунково-кишковий тракт</i>			
Слиновиділення	Зменшене	Нормальне	Збільшене
Скарги на нудоту, біль у животі	Не характерні	Не характерні	Характерні
Моторика кишечника	Можливі ато-нічні запори, перистальтика слабка	Нормальна	Спастичні запори, схильність до метеоризму, проносу
<i>Симптоми з боку інших систем</i>			
Сечовиділення	Нечасте, великий об'єм	Нормальне	Часте, малий об'єм
Енурез	Не буває	Не буває	Часто
Алергічні реакції	Рідко	Рідко	Часто
Збільшення лімфатичних вузлів	Не характерне	Рідко	Характерне
Зіниці	Розширені	Нормальні	Звужені
Головний біль	Буває	Буває рідко	Характерний, особливо мігреноподібний
Темперамент	Темпераментні, запальні	Урівноважені	Апатичні, схильні до депресії
Фізична активність	Підвищена вранці	Достатня	Знижена
Психічна активність	Неуважність, активність вища ввечері	Нормальна	Увага задовільна, найбільша активність до обіду
Сон	Пізнє засинання, раннє пробудження, сон неспокійний	Гарний, спокійний	Глибокий, тривалий
Вегетативні пароксизми	Частіше підвищення АТ, підвищення температури, тремтіння, відчуття страху	Не буває	Частіше підвищена пітливість, біль у животі, блювання, запаморочення, зниження АТ і температури
<i>Аналіз крові</i>			
Еритроцити, кількість	Збільшена	Нормальна	Зменшена
Лейкоцити, кількість	Збільшена	Нормальна	Зменшена
Лімфоцити, кількість	Нормальна	Нормальна	Збільшена
Еозинофіли, кількість	Нормальна	Нормальна	Збільшена

1	2	3	4
ШОЕ	Збільшена	Нормальна	Зменшена
<i>Дані ЕКГ</i>			
ЧСС	Тахікардія	Нормальна	Брадикардія
Синусова аритмія	Не буває	Буває рідко	Характерна
1	2	3	4
Амплітуда РІІ–ІІІ	Збільшена	Звичайна	Знижена
Інтервал Р-Q (PR)	Скорочений або нормальний	Нормальний	Подовжений аж до блокади І–ІІ ступенів
Зубець Т (відведення І, ІІ, V5)	Ущільнений, двофазний, від'ємний у стані спокою або в ортоположенні	Нормальний	Високий, загострений
Інтервал S-T	Зміщення нижче ізолінії у стані спокою під час кліно-ортопроби	Нормальний	Зміщення вище ізолінії
<i>Кардіоінтервалографія</i>			
Індекс напруження	Більше 90 у.о. у стані спокою та після кліно-ортопроби	30–90 у.о. у стані спокою та після кліно-ортопроби	Менше 30 у.о. у стані спокою та після кліно-ортопроби

У нормі ваготонічних ознак повинно бути не більше 6, а симпатикотонічних — не більше 2. При збільшенні кількості тих чи інших ознак роблять висновок про переважання вегетативного тону за ваготонічним або симпатикотонічним типом.

Інтегральні показники, що характеризують вегетативний тонус

ВЕГЕТАТИВНИЙ ІНДЕКС КЕРДО (VI, у.о.). Його розрахунок засновано на розумінні того, що відношення величини ЧСС до АТ в нормі залишається постійним.

$$VI = \left(1 - \frac{AT_d}{ЧСС}\right) \times 100 \quad (103)$$

У нормі індекс Кердо близький до 0, що свідчить про відносну динамічну рівновагу регуляції з боку обох вегетативних ланок. Значення $VI > 0$ буває при переважанні впливу симпатичної іннервації, може вказувати на ослаблення резервних можливостей серцево-судинної системи та зниження аеробних можливостей організму. $VI < 0$ свідчить про переважання парасимпатичних впливів. Різке

зниження індексу Кердо має місце при посиленні резервів функції регулювання кровообігу та зростанні аеробних можливостей організму.

КОЕФІЦІЄНТ ХІЛЬДЕНБРАНТА (КХ, у.о.) — показник для оцінки вегетативного тонусу.

$$КХ = ЧСС / ЧД \quad (104),$$

де – ЧСС — частота серцевих скорочень, уд/хв.;

ЧД — частота дихання, п/хв.

В нормі, при рівновазі симпатичної та парасимпатичної регуляції, значення КХ складає 2,8–4,9 у.о. Відхилення від цих показників свідчить про неузгодження у вегетативній регуляції різних вісцелярних систем. При $K > 4,9$ — симпатикотонія, при $K < 2,8$ — ваготонія.

ДЕРМОГРАФІЧНА ПРОБА (ШКІРНО-СУДИННА РЕАКЦІЯ)

Дермографізм — це зміна забарвлення шкіри при механічному її подразненні. Проба допомагає оцінити стан симпатичної та парасимпатичної ланок вегетативної регуляції фізіологічних функцій організму.

Методика полягає у проведенні по шкірі тупим предметом, що викликає шкірно-судинні реакції. Через 1–2 хв на шкірі у місці подразнення проявляється смужка рожевого, білого або червоного кольору. За характером шкірної реакції судять про стан вегетативного тонусу. Червоний дермографізм (внаслідок розширенням капілярів) виявляється при підвищеній збудливості парасимпатичного відділу вегетативної нервової системи. Білий дермографізм (пов'язаний зі спазмом капілярів) — при підвищеній збудливості симпатичного відділу. Рожевий дермографізм характеризує урівноважений стан ланок вегетативної нервової системи. Більш повільна поява смужки та/або більш тривале (> 10 хв) збереження смужки будь-якого кольору є ознакою зниженої лабільності нейродинамічних процесів.

Дослідження вегетативної реактивності

Вегетативну реактивність характеризують вегетативні реакції, які виникають у відповідь на зовнішні та внутрішні подразнення. Важливе значення мають сила реакції (розмах коливань вегетативних показників) та її тривалість (повернення вегетативних показників до вихідного рівня). Цікавим є виявлений «закон вихідного рівня»: чим вище вихідний рівень вегетативної регуляції і чим у більш діяльному та напруженому вихідному стані знаходиться система (орган), тим менша відповідь можлива при дії стимулів, які на неї впливають. Якщо вихідний рівень різко змінений, то подразнення може викликати «парадоксальну», або антагоністичну, реакцію. Тобто, вегетативна реактивність тісно пов'язана з вихідним вегетативним тонусом.

Вагусні проби

Вагусні проби — це рефлекторні проби, які дозволяють дослідити вегетативну реактивність шляхом подразнення блукаючого нерву. У нормі при цьому відбувається зменшення ЧСС та симпатозалежних аритмій.

Найчастіше такі проби використовують у діагностичних цілях при одночасному записі ЕКГ для з'ясування ролі вегетативної нервової системи у розвитку порушень ритму. Деякі з них можна застосовувати в амбулаторній практиці для усунення або профілактики нападів аритмії. До проб, що оцінюють реактивність, відносяться фізичні: холодова та теплова проби; вплив на рефлекторні зони (тиск): окосерцевий рефлекс (Даньїні-Ашнера), синокаротідний (Чермака-Герінга), солярний (Тома, Ру) та ін.

Холодова проба використовується для дослідження реактивності вегетативної нервової системи до зовнішнього температурного подразника, має цінність у діагностиці вазоспастичної стенокардії.

Пацієнту у положенні лежачі проводять вимірювання ЧСС та АТ (частіше на лівій руці). Потім кисть правої руки занурюють у прохолодну воду ($t^0C=1-4^0C$) на 1 (3–5 за Жаріновим О.Й. зі співав., 2021 р.) хвилин. АТ і ЧСС реєструють

відразу після опущення руки у воду, через 0,5 і 1 хв після занурення, а потім після того, як рука вийнята з води до відновлення вихідного рівня. Якщо використовують ЕКГ, то ЕКГ та АТ фіксують перед пробою, під час та після її закінчення до відновлення ЧСС (звертають увагу на динаміку ритму, ознаки ішемії тощо). Результати інструментального дослідження співставляють з клінічною симптоматикою.

Нормальної вегетативною реакцією вважається підвищення через 0,5–1 хв після початку проби АТс — на 20 мм рт. ст., АТд — на 10–20 мм рт. ст. Максимум підйому АТ — через 30 с після початку охолодження. Повернення АТ до вихідного рівня — через 2–3 хв.

Патологічна вегетативна реактивність: 1) гіперреактивність (свідчить про виражену симпатичну реакцію, надзбудливість вазомоторів) — надмірне підвищення АТс і АТд; 2) гіпореактивність (слабка симпатична реакція, зниження збудливості вазомоторів) — незначний підйом АТ (підйом АТд менше 10 мм рт. ст.); 3) збочена реакція (парасимпатикотонія) — зниження АТс та АТд.

Окосерцевий рефлекс

Окосерцевий рефлекс (рефлекторна регуляція серця, або рефлекс Даніні-Ашнера) заснований на тому, що рефлекторна дуга цього рефлексу складається з аферентних волокон окорухового нерву, нейронів довгастого мозку і еферентних волокон блукаючого нерву, які чинять гальмівний вплив на серце. Перебіг проби: підліток сидить розслаблено (у цей час йому підраховують ЧСС за 1 хв); закриває очі; вказівним і великим пальцями одночасно обережно натискає на обидва ока, не викликаючи хворобливих відчуттів, протягом 20–30 с (у цей час знову підраховують ЧСС). Можна застосовувати окулокомпресор Барре (тиск 300–400 г).

У нормі рефлекторна реакція з'являється через 2–5 с і зникає через 20–60 с після припинення впливу. Типи вегетативної реактивності за око-серцевим рефлексом: 1) нормальний — уповільнення пульсу на 4–10 (6–12) уд./хв.; 2) ваготонічний — уповільнення пульсу більш ніж на 10 ударів; 3) симпатикотонічний —

почастішання пульсу. Відсутність змін або почастішання серцевих скорочень свідчить про можливі порушення вегетативної регуляції серця.

Синокаротидний рефлекс

Сенс синокаротидної проби полягає в дослідженні реакції на подразнення блукаючого нерву.

Пацієнт лежить на спині протягом 15 хв (у цей час у нього підраховують ЧСС чи реєструють ЕКГ протягом 1 хв) Дослідник поперемінно (через 1,5–2 с) натискає вказівним і великим пальцями рук на каротидний синус обстежуваного (у місці розгалуження загальної сонної артерії, на рівні тиреоїдного хряща, безпосередньо під кутом нижньої щелепи і досередини від грудинно-ключично-соскоподібного м'яза) у напрямку позаду і до середини. Рекомендується починати тиск з правого боку, оскільки ефект подразнення справа сильніший, ніж ліворуч. Натиснення має бути несильним і тривати не більше 10–20 с. З 15 секунди починають реєструвати ЧСС / ЕКГ протягом 10–15 с. Можна реєструвати і стан післядії на 3-й та 5-й хвилини після припинення тиску. Фіксують ЧСС, іноді також вимірюють АТ, частоту дихання.

За норму у підлітків приймається уповільнення ЧСС через 10 с до 12 ударів в 1 хв, зниження АТ до 10 мм рт. ст., уповільнення частоти дихання, іноді підйом зубця Т на ЕКГ мінімум на 1 мм. Патологічні відхилення: раптове та суттєве уповільнення ЧСС без падіння АТ (вагокардіальний тип); сильне падіння АТ (вище 10 мм рт. ст.) без уповільнення пульсу (депресорний тип); запаморочення, неприємний стан без зміни артеріального тиску або пульсу або зі збільшенням АТ (церебральний тип).

На практиці виклик синокаротидного рефлексу Чермака-Герінга використовують з метою купування нападів суправентрикулярної тахікардії, а також для уповільнення ритму при незрозумілому походженні тахікардії.

Солярний рефлекс

Солярний (епігастральний) рефлекс дозволяє дослідити вегетативну реактивність шляхом подразнення блукаючого нерву в області сонячного сплетіння. Пацієнту, що розслаблено лежить на спині, після підрахунку вихідної ЧСС / запису ЕКГ, вимірювання АТ рукою натискають на верхню частину живота (область сонячного сплетіння) до відчуття пульсації черевної аорти. На 20-30-й секунді від початку тиску знову протягом 10–15 с реєструють ЧСС / ЕКГ та АТ. ЧСС перераховують за 1 хв.

Типи отриманих реакції: 1) нормальний тип (уповільнення на 4–12 ударів за 1 хв); 2) симпатичний тип (рефлекс відсутній або інвертований — пульс недостатньо уповільнений або прискорений); 3) парасимпатичний тип (рефлекс позитивний — уповільнення понад 12 ударів за 1 хв).

При пробах на реактивність можна розраховувати коефіцієнти, вказані щодо вегетативного тону. Результати, отримані при пробах, дають уявлення про силу, характер, тривалість вегетативних реакцій, тобто про реактивність симпатичного та парасимпатичного відділів ВНС. Результати дослідження ЧСС за вагусними пробами наведені у табл. 48.

Таблиця 48

Результати дослідження ЧСС за вагусними пробами у здорових осіб (за О.М. Вейном)

Проба	М±σ
Оксерцевий рефлекс	-3,95 ± 3,77
Синокаротидний рефлекс	4,9 ± 2,69
Солярний рефлекс	-2,75 ± 2,74

Існує дослідження, за допомогою якого у підлітків можна визначати як вихідний вегетативний тонус, так і вегетативну реактивність, — це метод кардіоінтервалографії (див. вище). Індекс напруги (ІНссс) є інтегральним показником, який характеризує напруження адаптаційно-компенсаторних механізмів організму, активність центрального контуру регуляції. За ним індексом напруги визначають тип вегетативної дисфункції (таблиця 49).

Таблиця 49

Критерії визначення типу вихідного вегетативного тону

Значення ІНссс, у.о.	Тип вихідного вегетативного тону
30–90	Ейтонія
< 30	Ваготонія
90–160	Симпатикотонія
> 160	Гіперсимпатикотонія

Для оцінки вегетативної реактивності використовують кардіоінтервалографію, проведену у горизонтальному та вертикальному положеннях з обчисленням індексу напруги в обох випадках (ІНгор. та ІНверт.). За відношенням ІНверт до ІНгор визначають вид вегетативної реактивності (табл. 50).

Таблиця 50

Характеристика вегетативної реактивності за індексами напруги

ІНверт/ІНгор, у.о.	Вегетативна реактивність		
	нормальна	гіперсимпатикотонічна	асимпатикотонічна
< 30	1–3	> 3	< 1
30–60	1–2,5	> 2,5	< 1
61–90	0,9–1,8	> 1,8	< 0,9
91–160 та > 160	0,7–1,5	> 1,5	< 0,7

Наявність нормальної вегетативної реактивності свідчить про задовільну адаптацію; гіперсимпатикотонічної — про зниження резервних можливостей; асимпатикотонічної реактивності — вказує на незадовільну адаптацію. За асимпатикотонічної реактивності у стресових ситуаціях частіше спостерігаються запаморочення, синкопальні стани, погана переносимість транспорту.

Дослідження вегетативного забезпечення діяльності

Дослідження вегетативного забезпечення діяльності проводиться під час моделювання різних видів звичайної для людини діяльності: фізичної (дозоване фізичне навантаження у пробі Мартіне-Кушелєвського, степ-тесті, на тредмілі, при велоергометрії тощо); зміни положення тіла (кліноортостатична та ортокліноостатична проби); розумової (метод мовних асоціацій, рахунок в умі, тести на визначення

швидкості реакції та ін.); емоційної (моделювання емоційного стресу, негативних чи позитивних емоцій). Вегетативне забезпечення діяльності полягає у здатності підтримувати вегетативну реактивність на певному рівні впродовж тривалого часу та свідчить про функціональний стан автономної вегетативної регуляції.

Вегетативне забезпечення зміни положення тіла

Функціональні проби зі змінами положення тіла дозволяють оцінити функціональний стан вегетативної нервової системи: симпатичного (ортостатична) та парасимпатичного (кліностатична) її відділів.

Ортостатична проба полягає в активному (самостійному) переході з горизонтального у вертикальне положення. Кліностатична проба — це зміна положення тіла з вертикального у горизонтальне. Вегетативне забезпечення оцінюють за динамікою ЧСС та АТ до та під час проведення проби.

Класичний варіант орто-кліностатичної проби проводиться наступним чином. У спокої та горизонтальному положенні у підлітка визначають ЧСС та АТ (за можливості, й ЕКГ). Потім пацієнт повільно, без зайвих рухів, встає і в зручному положенні стоїть біля ліжка. Відразу ж у вертикальному положенні вимірюють пульс і АТ (ЕКГ), а потім вимірюють ЧСС та АТ (ЕКГ) через хвилинні інтервали протягом 10 хв. чи довше. Пацієнта просять знову лягти; відразу ж після переходу з вертикального у горизонтальне положення вимірюють через хвилинні інтервали АТ і ЧСС доти, доки вони не досягнуть вихідного значення, реєструють ЕКГ.

В ортостазі відбувається перерозподіл маси крові з її частковим депонуванням в судинах нижніх кінцівок. Кровопостачання органів, розміщених вище рівня серця, зменшується. Активується симпатичний відділ ВНС та збільшується ЧСС. Зниження венозного повернення до серця призводить до зменшення серцевого викиду в середньому на 30–40 %. Відбувається вазоконстрикція судин внутрішніх органів (нирок, печінки, селезінки), допоміжне нагнітання крові забезпечує активність скелетних м'язів. Для забезпечення стійкості гемодинаміки при кліноортопробі має значення взаємодія серцевого і судинного факторів.

При оцінці результатів враховують, що безпосередня реакція після зміни

положення тіла у просторі вказує в основному на чутливість (реактивність) симпатичного або парасимпатичного відділів вегетативної нервової систем, а віддалена реакція, вимірювана через 3 хвилини, характеризує їх тонус.

При нормальному вегетативному забезпеченні: відсутні суб'єктивні скарги, при вставанні спостерігається короткочасний підйом АТс до 20 мм рт. ст., підйом АТд і скороминуще збільшення ЧСС до 30 на 1 хв. Під час стояння іноді може падати АТс (на 15 мм рт. ст. нижче за вихідний рівень або залишатися незмінним), АТд незмінний або дещо піднімається. ЧСС у процесі стояння може збільшуватися до 40 уд/хв. проти вихідного. У кліностазі для нормальної реакції характерне зниження ЧСС на 8–14 ударів за 1 хвилину відразу після переходу в горизонтальне положення і деяке підвищення показника після 3 хвилин перебування в положенні лежачи, однак ЧСС при цьому на 6–8 ударів на хвилину залишається нижчим, ніж у вертикальному положенні. Безпосередньо після укладання може настати короткочасний підйом тиску. Після повернення у вихідне горизонтальне положення ЧСС та АТ повинні відновитися до вихідного рівня через 3 хв.

Варіанти порушення вегетативного забезпечення діяльності:

1. Надмірне вегетативне забезпечення:

- а). підйом АТс більш ніж на 20 мм рт. ст. АТд також підвищується, іноді значніший, ніж систолічний, в інших випадках він падає або залишається на колишньому рівні;
- б). самостійний підйом тільки АТд під час вставання;
- в). збільшення ЧСС при вставанні більш ніж на 30 за 1 хв;
- г). у момент вставання може виникнути відчуття припливу крові до голови, потемніння у власних очах.

2. Недостатнє вегетативне забезпечення: минуще падіння АТс більш, ніж на 10–15 мм рт. ст. безпосередньо після вставання. При цьому АТд може одночасно підвищуватися або знижуватися, тому пульсовий тиск значно зменшується. Скарги: похитування та відчуття слабкості у момент вставання.

3. Недостатнє вегетативне забезпечення та порушення адаптації: під час стояння АТс падає більш, ніж на 15–20 мм рт. ст. нижче за вихідний рівень; АТд

залишається незмінним або дещо піднімається, має місце гіпотонічне порушення регуляції. Так само можна розцінити і падіння АТд (гіподинамічна регуляція). Зниження АТп порівняно з вихідним рівнем більш, ніж у 2 рази свідчить про регуляторні порушення та порушення вегетативного забезпечення.

4. Надмірне вегетативне забезпечення: підвищення ЧСС під час стояння більш ніж на 30–40 уд/хв та відносно незмінний АТ. Може виникнути ортостатичний тахіпноє.

Коли при орто-кліностатичній пробі застосовують ЕКГ-дослідження, можна спостерігати наступні зміни: скорочення інтервалів R-R (які відповідає почастішанню ЧСС), збільшення амплітуди зубця Р у II та III стандартних відведеннях, зниження інтервалу Q-T та сплюснення або негативний зубець Т у II та III відведеннях. Ці явища можуть виникати або відразу після вставання, або за тривалого стояння. Ортостатичні зміни можуть спостерігатись у здорових, а можуть бути свідченнями порушення вегетативного забезпечення, пов'язаного з симпатикотонією.

При кліно-ортостатичній пробі пацієнт, навпаки, переходить із вертикального в горизонтальне положення, внаслідок чого підвищується тонус парасимпатичного відділу вегетативної нервової системи. У таблиці 51 представлені показники частоти серцевих скорочень та артеріального тиску за нормального вегетативного забезпечення кліно-ортостатичної проби.

Таблиця 51

Показники частоти серцевих скорочень та артеріального тиску за нормального вегетативного забезпечення кліно-ортостатичної проби

Показники	Вихідні значення	Динаміка показників при кліноортопробі
ЧСС (уд/хв.)	< 75 76–90 > 91	≤ 40 % ≤ 30 % ≥ 20 %
АТс (мм рт.ст.)	< 90 95–110 115–130	від +5 до +20 від 0 до +15 від 0 до +10
АТд (мм рт.ст.)	< 60 60–70 75–85 та >	від +5 до +20 від 0 до +15 від 0 до +10

Виділяють 5 патологічних варіантів реакції гемодинаміки:

1. Гіперсимпатикотонічний
2. Асимпатикотонічний
3. Гіпердіастолічний
4. Симпатоастенічний
5. Астеносимпатичний.

Гіперсимпатикотонічний варіант — різке підвищення АТс, АТд і ЧСС, також зростання серцевого індексу, при цьому може червоніти обличчя, з'являтися скарги на відчуття жару в голові (гіперадаптація).

Асимпатикотонічний варіант — зниження АТс і АТд, також зниження серцевого індексу; або АТс і АТд не змінюються або різко знижуються, ЧСС залишається нормальною або при зниженні АТп більше ніж на 50 % компенсаторно збільшується, можлива непритомність.

Гіпердіастолічний варіант — ізольоване надмірне підвищення АТд при не зміненому/зменшеному АТс, значно зменшеному АТп і компенсаторно збільшеній ЧСС (найбільш дезадаптивний варіант).

Симпатоастенічний варіант — відразу після переходу у вертикальне положення відзначається нормальна або навіть гіперсимпатикотонічна реакція, потім на 3–6-й хвилині спостерігається значне зниження АТс і АТд, ЧСС зростає до 100 %, може спостерігатися різка блідість, холодний піт, запаморочення, колапс.

Астеносимпатичний варіант — у перші хвилини ортостазу відзначають різке зниження АТс і АТд, різке підвищення ЧСС, потім виникає гіперсимпатикотонічна реакція, внаслідок якої АТ повертається до початкового рівня або вище.

За показниками хвилинного об'єму гіперсимпатикотонічний і частково астеносимпатичний варіанти відповідають надмірному, а інші — недостатньому вегетативному забезпеченню.

Запропонований розрахунок комплексного показнику — коефіцієнту реакції кліно-ортостатичної проби (КР КОП, %):

$$\text{КР КОП (\%)} = (\text{RRmax} - \text{RRmin} / \text{RRmax}) \times 100 \quad (105)$$

Оцінка КОП за даними кардіоритмограми наведена у таблиці 52.

Таблиця 52

Оцінка кліноортостатичної проби за даними кардіоритмограми

Характер реакції	Коефіцієнт реакції кліно-ортостатичної проби, %
Нормальна	25–30
Знижена	< 25
Парадоксальна	> 30

Якщо вегетативний тонус, вегетативна реактивність та вегетативна забезпеченість діяльності не односпрямовані, це може бути пов'язано з компенсаторними механізмами, спрямованими на підтримання адаптаційних можливостей організму.

Проба з пасивним ортостазом — тілт-тест (*head-up tilt table testing*)

Тілт-тест вважається «золотим стандартом» у діагностиці патологічних реакцій вегетативної нервової системи на ортостатичний стрес, нейрокардіогенних синкопе.

Тілт-тест полягає у швидкій пасивній зміні положення тіла пацієнта з горизонтального до вертикального.

Методика включає фіксацію пацієнта на столі для проведення проби, проводиться вимірювання ЕКГ та АТ, після чого здійснюють поворот тіла з горизонтальної до напіввертикальної позиції на кут від 30° до 70°. Потім протягом 45 хв контролюють АТ, ЧСС і ЕКГ. За відсутності погіршення загального стану тривалість ортостаза становить 30 хв (для дітей до 12 років) чи 40 хв (для підлітків старше 12 років).

У відповідь на пасивну зміну положення тіла збільшується симпатична відповідь з артеріальною вазоконстрикцією, а також збільшується скорочувальна здатність міокарда. При порушенні вегетативного забезпечення може підвищуватися кардіовагальний тонус, виникати артеріальна вазодилатація з раптовою гіпотензією і втратою свідомості.

ФУНКЦІОНАЛЬНА ДІАГНОСТИКА ПЕРИФЕРИЧНОЇ НЕРВОВОЇ СИСТЕМИ

Сухожильні рефлекси відображають адекватність проведення імпульсів як у руховому центрі кори головного мозку, так і периферичними провідниками в нервовій системі.

Глибокі сухожильні рефлекси

Для вивчення сухожильних рефлексів здійснюють подразнення пропріорецепторів сухожилля легким швидким ударом неврологічного молоточка по сухожилку розслабленого і трохи розтягнутого м'яза. Нормальною реакцією є мимовільне скорочення певних м'язів, яке супроводжується рухом кінцівки. Якщо пацієнт напружує м'яз, то рефлекс знижується або зникає. В такому разі увагу досліджуваного рекомендують відволікти від досліджуваної області (наприклад, його просять стиснути руки в «замок» перед грудьми і з силою тягти кисті в сторони або міцно стиснути зуби). Глибокі сухожильні рефлекси оцінюють за амплітудою руху кінцівки та симетричністю реакцій на обох кінцівках по чотирибальній шкалі: 0 балів (–) — відсутність рефлексів; 1 бал (+) — ослаблений (знижений) рефлекс; 2 бали (++) — рефлекси середньої жвавості (відхилення ноги від 15 до 30 градусів); 3 бали (+++) — жвавий рефлекс, але в межах норми; 4 бали (++++) — різко підвищений рефлекс.

Невелике двобічне пожвавлення рефлексів може бути при функціональних розладах, підвищеній збудливості нервової системи, а також при ураженні пірамідної системи. Гіперрефлексія може поєднуватися зі спастичністю і свідчити про патологію пірамідної системи. Зниження або відсутність рефлексів на зовнішній подразник може свідчити про патологічні зміни в системі рефлекторного кільця, характерно для невропатії. Важливе діагностичне значення має асиметричність рефлексів.

В нормі, при задовільному функціональному стані периферичної нервової системи, спостерігаються рефлекси середньої жвавості, при чому рефлекси на ногах зазвичай виражені більш чітко і викликаються легше, ніж на руках.

Колінний рефлекс

Пацієнт сидить, поклавши ногу на ногу або ноги вільно звисають, не торкаючись підлоги. По сухожиллю чотириголового м'яза стегна нижче колінної чашечки наносять удари неврологічним молоточком. Після легкого удару по сухожиллю спостерігається розгинання гомілки. Погано згасаючий, «маятнікоподібний» рефлекс може свідчити про патологію мозочка, рефлекс Гордона, коли гомілка розгинається і деякий час затримується в цьому положенні може бути при хорей Гентінгтона або малій хорей.

Ахіллів рефлекс

Ахіллів рефлекс полягає у тому, що пацієнту наносять удар молоточком по ахіллового сухожиллю розслаблено звисаючої ноги. Реакція проявляється у підошовному згинанні стопи (розгинання в гомілковостопному суглобі).

Одночасно звертають увагу на наявність клонусів (повторних мимовільних ритмічних скорочень м'яза стопи або колінної чашечки), як ознаки ураження центральних мотонейронів (пірамідної системи).

Рефлекс із сухожилля двоголового м'яза плеча (біцепс-рефлекс)

Рефлекс викликається легким коротким та швидким ударом по сухожиллю двоголового м'яза плеча і проявляється згинанням передпліччя. Оцінюють скорочення двоголового м'яза і ступінь згинання передпліччя пацієнта.

Рефлекс із сухожилля триголового м'яза плеча (трицепс-рефлекс)

Дослідження проводиться шляхом нанесення удару неврологічним молоточком по сухожиллю триголового м'яза плеча на 1–1,5 см вище ліктьового відростка ліктьової кістки (при цьому експериментатор стає збоку від пацієнта, відводить його плече назовні і підтримує його лівою рукою у ліктьовому суглобі так, щоб передпліччя звисало під прямим кутом). У результаті відбувається розгинання передпліччя. Сила та симетричність оцінюються індивідуально.

Зап'ястно-променеви́й рефлекс

Удари неврологічним молоточком наносять по шилоподібному відростку променевої кістки, оцінюючи згинання в ліктьовому суглобі і пронацію передпліччя.

Поширення збудження при перевірці глибоких сухожильних рефлексів на сусідні сегменти спинного мозку може проявитися поширенням рефлекторної реакції, нетиповою реакцією на певне подразнення, інверсією рефлексу (наприклад, при перевірці біцепс-рефлексу виникає скорочення не двоголового, а триголового м'яза плеча; при зап'ястно-променевому рефлексі може виникнути згинання пальців кисті).

Поверхневі шкірні рефлекси

Стан периферичної нервової системи можна дослідити, перевіряючи поверхневі шкірні рефлекси. В основі їх лежить подразнення штриховими рухами пропріорецепторів шкіри.

Черевні шкірні рефлекси

Подразнення шкіри відбувається в області живота з обох сторін у напрямку до середньої лінії. Для викликання верхнього черевного рефлексу штрихове подразнення наносять нижче реберних дуг; для викликання середнього черевного рефлексу подразнення — на рівні пупка горизонтально; викликання нижнього черевного рефлексу — подразнення над пупартовою зв'язкою. У відповідь на подразнення відбувається скорочення м'язів черевного преса. При повторній перевірці рефлексу — реакція м'язів знижується. Черевні рефлекси можуть бути знижені або відсутні при ожирінні, після перенесених абдомінальних операцій та ін. Однобічна їх втрата може вказувати на ураження спинного мозку або на контралатеральне ураження головного мозку із залученням рухових зон кори великих півкуль або пірамідної системи на рівні підкіркових утворень або стовбура мозку.

Підошовний рефлекс

Рефлекс викликається подразненням зовнішнього краю підошви у напрямку від п'яти до мізинця, а потім в поперечному напрямку до основи першого пальця. В нормі у дітей старше 2 років та у дорослих у відповідь на подразнення виникає підошовне згинання пальців стопи.

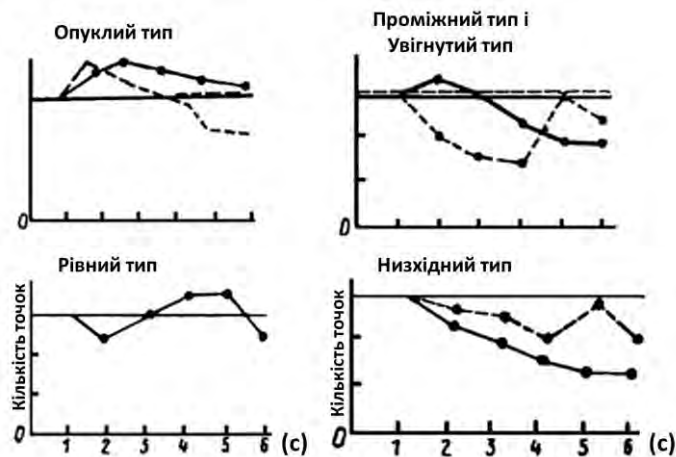
ФУНКЦІОНАЛЬНА ДІАГНОСТИКА ЦЕНТРАЛЬНОЇ НЕРВОВОЇ СИСТЕМИ

Згідно І.П. Павлову основними критеріями типологічних функціональних властивостей нервової системи є сила процесів збудження і гальмування, їх рухливість, швидкість і врівноваженість.

Сила нервових процесів

Теппінг-тест — це проба для дослідження сили нервових процесів. Сила нервових процесів відображає загальну працездатність людини: людина з сильною нервовою системою може витримувати більш інтенсивні і тривалі навантаження, ніж людина зі слабкою нервовою системою.

Тест проводиться шляхом вимірювання динаміки темпу рухів кисті. Підлітку пропонують стукати олівцем по папіру з максимальною частотою протягом заданого часу. Завданням є зробити якомога більше «ударів» олівцем, тобто зробити кистю максимальну кількість рухів. Рекомендований час проведення обстеження — 30 с. Результат залежить від функціональної здатності нервової системи, розвитку м'язів руки та вольових якостей суб'єкту. Проба не застосовується для малих дітей саме тому що ні вольових якостей, ні сили м'язів у них недостатньо для її правильного виконання. Результати проби оцінюють за кількістю рухів, здійснених обстежуваним в кожний з п'ятисекундних інтервалів обстеження (1–5, 6–10, 11–15, 16–20, 21–25, 26–30). За отриманими показниками будується крива, яка відображає загальну працездатність і силу нервових процесів пацієнта. Розрізняють 5 основних типів кривих, отриманих за результатами обстежень за методикою теппінг-тесту:



Типи динаміки максимального темпу рухів

- 1) Опуклий тип. Сильна нервова система. Максимальний темп рухів в перші 10–15 с, потім знижується (інколи нижче початкового).
- 2) Рівний тип. Середня сила нервової системи. Максимальний темп рухів спостерігається впродовж всієї проби.
- 3) Низхідний тип. Слабка нервова система. Максимальний темп рухів по-спідовно знижується вже з другого 5-секундного відрізка.
- 4) Проміжний тип (між рівним і низхідним). Середньо-слабка нервова система. Упродовж перших 10–15 с темп рухів утримується на одному рівні, а потім знижується.
- 5) Увігнутий тип. Середньо-сильна нервова система. Первинне зниження темпу рухів змінюється його збільшенням аж до початкового рівня.

Інтерпретація результатів.

Для дітей 9–12 років:

≤ 20 точок — повільний темп.

20–25 точок — середній темп. Нормальний темп роботи.

≥ 26 точок — високий темп.

Для дітей 12–15 років:

≤ 24 точок — повільний темп.

25–30 точок — нормальний середній темп роботи

≥ 30 точок — дитина вміє і може працювати у дуже швидкому темпі.

Коефіцієнт сили нервової системи (КСНС, %) (табл. 53)

$$\text{КСНС} = \frac{(X_2 - X_1) + (X_3 - X_1) + (X_4 - X_1) + (X_5 - X_1) + (X_6 - X_1)}{X_1} \times 100 \% \quad (106),$$

де – X_1 — сума точок у першому п'ятисекундному відрізку,

X_2 — сума точок у другому п'ятисекундному відрізку,

X_3 — сума точок в третьому п'ятисекундному відрізку і т.п.

Таблиця 53

Нервова діяльність за коефіцієнтом сили нервової системи

КСНС, %	Бал	Сила нервової системи
≥ 56	25	Дуже висока вираженість сили чи слабкості нервової системи (5)
52–56	24	
48–52	23	
44–48	22	
40–44	21	
37,2–40,0	20	Висока вираженість сили чи слабкості (4)
34,4–37,2	19	
31,6–34,4	18	
28,8–31,6	17	
26–28,8	16	
23,8–26,0	15	Середня вираженість сили чи слабкості (3)
21,6–23,8	14	
19,4–21,6	13	
17,2–19,4	12	
15–17,2	11	
13,2–15,0	10	Невелика вираженість сили чи слабкості (2)
11,4–13,2	9	
9,6–11,4	8	
7,8–9,6	7	
6–7,8	6	
4,8–6,0	5	Середня сила нервової системи (1)
3,6–4,8	4	
2,4–3,6	3	
1,2–2,4	2	
0,0–1,2	1	

Рухливість нервових процесів

Метод мовних асоціацій дозволяє визначити ступінь лабільності процесів нервового збудження та гальмування.

Методика проби полягає у максимально швидкому підборі асоціацій до запропонованих слів. Підлітку називають 20 іменників, на кожен з яких він називає асоціативну відповідь (наприклад, «кішка – собака»). Фіксують час від

вимовляння слова експериментатором до відповіді пацієнта (латентний час «мовної реакції») та правильність відповіді.

Інтерпретація результатів. Якщо латентний час не менше 15 з 20 відповідей ≤ 3 с, то рухливість нервових процесів вважається високою. Якщо латентний час не менше 15 з 20 відповідей > 3 с, то рухливість нервових процесів низька. При латентному часі біля 3 с — середня рухливість нервових процесів.

Швидкість нервових реакцій

Комплексне нейропсихологічне тестування досліджує різні когнітивні функції, в тому числі швидкість нервової реакції.

Тести на визначення швидкості реакції:

- тест-розслідування REST-COM: на короткий час з'являються малюнки предметів. Потім якомога швидше необхідно вибрати слово, яке відповідає представленим зображень.

- тест на декодування VIPER-NAM: на екрані ненадовго з'являються зображення об'єктів, які потім зникають. Слідом за цим з'являються чотири букви, і лише одна з них відповідає першій букві назви об'єкту, необхідно правильно вибрати цю букву. Завдання потрібно виконати як можна швидше.

- тест на розпізнавання WOM-REST: на екрані з'являються три об'єкта. Поперше, потрібно якомога швидше пригадати порядок їх появи. Потім з'являться чотири серії з трьох об'єктів, які відрізняються від раніше поданих. Необхідно відновити вихідну послідовність.

- тест на прийняття рішень REST-SPER: на екрані з'являється кілька стимулів, що рухаються. Необхідно швидко вибрати потрібні стимули, уникаючи при цьому натискання на інші.

- тест на швидкість REST-NECOOR: на екрані з'являється синій квадрат. Необхідно якомога швидше натискати на нього, залишаючись усередині квадрата. Чим більше разів буде натиснута кнопка за відведений час, тим краще будуть отримані результати.

- тест на обробку інформації REST-INH: в цьому завданні на екрані з'являються два блоки з різними цифрами і фігурами. Спочатку необхідно реагувати на розмір фігури і вказати найвищу. Потім необхідно вибрати блок з найбільшою цифрою з представлених.

Для визначення функціональних показників застосовуються спеціальні прилади — електронні рефлексометри, оснащені електронним секундоміром, ключем для його зупинки, а також пристосуванням для «подачі» світлового, звукового або тактильного сигналів. На кожну появу того чи іншого сигналу, пацієнт повинен максимально швидко зупинити електронний секундомір натисненням кнопки спеціального ключа. Критерієм функціонального рівня нервової системи є часова різниця між сигналом і проявленою реакцією (латентний час). Чим меншим є латентний час, тим вище здібності досліджуємого. Збільшення латентного часу, подовження середнього часу сенсомоторної реакції, підвищення часу у динаміці при повторних обстеженнях може свідчити про погіршення функціонального стану ЦНС.

Врівноваженість нервових процесів

Врівноваженість нервових процесів є відображенням адекватності співвідношення процесів збудження і гальмування.

Дослідити врівноваженість нервових процесів можна за кресленням ліній заданої довжини при змінних умовах. Для цього підлітку пропонують відтворити якомога точніше олівцем на папері лінії, які за розміром рівні запропонованому зразку (довжина 50 мм, демонструють 2 с). Один раз лінії малюються під контролем зору, другий раз — з закритими очима. Завдання виконують повторно 5 разів. Інше завдання: після демонстрації лінії 2 с відтворити 15 ліній у стовпчик із закритими очима. Потім повторити дане завдання з більшою швидкістю. Інтерпретація результатів полягає у співставленні намальованих ліній з оригіналом (їх розміру, розташування та ін.) і співставленні ліній, які креслилися під контролем зору та «всліпу». Потім розраховують, на скільки відсотків змінився розмір відтворюваних ліній. Особам з переважанням збудження, легше здійснювати

перехід до подовження ліній, а особам з переважанням гальмування — до вкорочення. Проаналізувавши розміри ліній під час виконання проби, можна отримати показник балансу збудження і гальмування. При визначенні стійкості враховують довжину проведених ліній при швидкому темпі і вплив прискорення темпу. Якщо середня зміна довжини ліній в ту або іншу сторону не перевищує 10 %, це характеризує стійкість нервових процесів.

Іншим методом дослідження рівноваги в ЦНС є проба на реакцію на об'єкт, який рухається (ROP). Під час проби на екран приладу подається сигнал у виді миготливої крапки, після переміщення якої досліджуваний повинен зупинити її у визначеному місці. У процесі обстеження пропонується виконати 20 спроб.

Під час оцінки результатів ROP розраховують: середній час реакції, як відношення часу всіх реакцій без урахування відхилень від запропонованого завдання до загальної кількості реакцій; кількість випереджаючих реакцій (крапка, що рухається, зупиняється обстежуваним до визначеного місця, позначається знаком мінус); кількість реакцій, що запізнюються (крапка, що рухається, зупиняється обстежуваним після визначеного місця, позначається знаком плюс); сумарний час випереджаючих реакцій; сумарний час реакцій, що запізнюються.

Нормою вважається приблизно однакова кількість випереджаючих та запізнілих реакцій і близькі значення їх сумарного часу. Перевага випереджуючих реакцій свідчить про домінування процесів збудження, відповідно переважання запізнілих реакцій є показником домінування гальмівних процесів.

Дослідження координаційної функції нервової системи

Координаційна функція створюється узгодженою роботою кори головного мозку, підкіркових утворень, мозочка, вестибулярного і рухового аналізаторів. Для визначення координаційної функції нервової системи використовують статичні і динамічні координаційні проби.

Рефлекси середнього мозку

Проба Ромберга — тест для визначення статичної координаційної функції.

Пацієнт стоїть на горизонтальній опорі з витягнутими вперед руками та щільно зімкнутими стопами. Спочатку він стоїть з відкритими очима, потім закриває їх. Визначають стійкість пози і час її утримання. При порушенні погодженості рухів різних м'язів поза досліджуваного нестійка, спостерігаються похитування тіла, тремтіння рук або повік, втрата рівноваги, може бути падіння. За одностороннього ураження мозочка або вестибулярного апарату досліджуваний може відхилитися переважно вправо або вліво. Різке посилення нестійкості при закриванні очей характерно для сенситивної або вестибулярної атаксії. За секундоміром засікається час збереження рівноваги. Вважається, що задовільна статична координація реєструється у разі утримання пози не менше 15 с.

Ускладнена проба Ромберга полягає у наступному. Пацієнту пропонують витягнути вперед руки і розвести пальці, потім закрити очі, та, не відкриваючи очей, підняти одну ногу. Визначають стійкість пози і час її утримання. У нормі, в кожній позі досліджуваний зберігає рівновагу протягом 30–50 секунд і при цьому не спостерігаються похитування тіла, тремтіння рук або повік. Якщо рівновага утримується менше 30–50 с, та спостерігається тремор — реакція задовільна. Рівновага порушується протягом 15 с — незадовільний результат.

Тестова ходьба виявляє порушення динамічної координації. Експериментатор пропонує досліджуваному пройти по кімнаті вперед і назад по прямій лінії з відкритими і закритими очима, ставлячи ноги так, щоб носок однієї стопи торкався п'ятки іншої. Оцінка результатів. Проба на атаксію негативна, якщо хода звичайна, без хитань в сторони і без широкого розставлення ніг.

Проба на дисметрію. Досліджуваному пропонується взяти зі столу, а потім поставити на місце будь-який предмет (книга, стакан). Відзначають місце, де лежав предмет і куди його повернув досліджуваний. При необхідності виміряють лінійкою різницю в положеннях предмета. Оцінка результатів. У нормі людина ставить предмет на те саме місце з помилкою не більше ± 2 см, в такому разі проба вважається негативною.

Проба на дизартрію. Досліджуваному пропонується повторити кілька важких для вимови слів, наприклад, землетрус, літакобудування, адміністрування та ін. Відзначають, чи немає уповільнення, розтягнутості або уривчастості під час вимовляння.

Також може бути перевірені орієнтовний рефлекс (реакція на дію подразника: зорового, слухового, тактильного, що привертає до себе увагу (поворот голови, фіксація погляду, прислуховування та ін.); перевірка координації діяльності очних м'язів (при натисненні збоку на одне з очних яблук, предмет, на який дивляться, подвоюється); рефлекс конвергенції (при повільному наближенні до очей вертикально розташованого олівця спостерігається зведення зорових осей та двоїння предмету); рефлекс акомодатії (зазвичай супроводжується знічним рефлексом, рефлексом конвергенції і дивергенції, полягає у зміні діаметру зіниці при відсутності зміни освітленості).

Рефлекси мозочка

Пальценосова проба (на дисметрію і тремор).

Пацієнту пропонують доторкнутися вказівним пальцем до кінчика носа з відкритими, а потім — із закритими очима. Координація роботи м'язів здійснюється за безумовно-рефлекторним принципом. У нормі спостерігається плавний рух руки, відсутнє тремтіння пальців, попадання у кінчик носа відбувається з точністю до 1 см. Проба на дисметрію і тремор вважається позитивною, якщо має місце тремтіння (тремор) вказівного пальця або кисті, промахування і непопадання у кінчик носа. Таке порушення може бути виявлено і при проведенні колінно-п'яткової проби (досліджуваний не може торкнутися п'яткою однієї ноги коліна іншої).

Позитивна проба відмічається при перевтомі, перетренованості, неврозах та інших патологічних станах. Найбільш часто порушення динамічної координації спостерігається в осіб, які перенесли черепно-мозкові травми.

Рефлекси проміжного мозку

Окосерцевий рефлекс описаний вище.

Рефлекс зберігання пози.

Досліджуваним пропонують займатися рухатися довільно, потім після команди: «Замріть», зупинитися (завмерти) у тій позі, за якою застала команда. Поза зберігається завдяки складній координаційної діяльності проміжного мозку. Нормою вважається можливість зберігати позу, не похитуючись та не падаючи, протягом деякого часу.

Деякі інструментальні методи дослідження функціонального стану нервової системи

Електроенцефалографія дає можливість оцінити функціональний стан структур головного мозку. У спокої реєструється альфа-ритм, при засинанні він змінюється спочатку на бета- або тета-ритм, у фазі глибокого сну переходить у дельта-ритм. За вегетативних розладів може виявлятися десинхронний α -ритм, який чергується з пароксизмами Q-діапазону, його асиметрією, погіршенням β -ритму. Дає змогу диференціювати епілептичні та неепілептичні вегетативні пароксизми. Зміна тривалості хвиль може свідчити про підвищений внутрішньочерепний тиск тощо. Електроенцефалографічне дослідження у підлітковому віці може виявляти деяке переважання збудження нервових процесів над їх гальмуванням, відзначається повільніша реакція на вербальну і звукову інформацію. Електроенцефалографія є високочутливим методом діагностики функціонального стану нервової системи.

Реоенцефалографія допомагає оцінити топічне кровозабезпечення головного мозку. За даними реоенцефалографії можна перевірити швидкість поширення пульсової хвилі, оцінити тонус та еластичність судин, швидкість кровотоку, вираженість регіонарних судинних реакцій. Дослідження дозволяє діагностувати регіональні порушення, дистонію судин, виявити зони утруднення венозного відтоку, півкульну асиметрію тонусу, діагностувати судинні порушення з боку ЦНС. Реоенцефалографію призначають для виявлення уражень судин головного мозку, порушень колатерального кровообігу, гіпертензивні прояви після

черепно-мозкових травм, запаморочень, в післяопераційному періоді, . при органічній патології головного мозку тощо.

Ехоенцефалографія використовується для виявлення патологічних процесів та змін у структурі головного мозку. Ехоенцефалографія дозволяє: виявити об'ємні зміни в порожнині черепа, ознаки підвищення внутрішньочерепного тиску, ускладнення черепно-мозкових травм, виміряти амплітуду пульсації судин, ширину III шлуночка мозку. При вегетативних розладах може свідчити про порушення гемоліквородинаміки.

ФУНКЦІОНАЛЬНА ДІАГНОСТИКА ВИЩОЇ НЕРВОВОЇ СИСТЕМИ

Методи оцінки функціонального стану психофізіологічної сфери організму людини є лише частиною комплексу численних методичних підходів до вивчення вищої нервової діяльності. Деякі тести щодо визначення функціонування пам'яті, уваги, емоційного сприйняття, мислення, мови, типів нервової діяльності у підлітків представлені нижче.

Отже, психофізіологічна діагностика дозволяє:

- прогнозувати рівень емоційної напруженості, занепокоєння, здатність до самоконтролю емоційного стану в різних умовах;
- визначати схильність до емоційної стійкості чи нестійкості, самоаналізу та організованості поведінки, замкнутості чи відкритості, впевненості чи невпевненості у своїх можливостях;
- прогнозувати особливості поведінки в різних умовах;
- визначати профіль розвитку особистісних якостей;
- скласти індивідуальну психологічну характеристику.

Діагностика пам'яті

Процес пам'яті включає 4 стадії: сприйняття, відображення і запам'ятовування інформації; збереження інформації; відтворення необхідної інформації; забування.

Виділяють: мимовільну пам'ять (запам'ятовування без спеціальної мети); довільна пам'ять (цільове запам'ятовування); емоційна пам'ять (запам'ятовування емоційних компонентів поведінки та суб'єктивних переживань); процедурна пам'ять (моторні навички на рівні рефлексів); декларативна пам'ять (заснована на оперуванні з поняттями, пам'ять на обличчя, місця подій, предмети); образна пам'ять (зберігання інформації у вигляді образів предметів, явищ або подій) — розрізняють зорову, слухову, дотикальну, смакову, нюхову образну пам'ять; вербальна пам'ять (сміслових характеристиках понять, заснованих на описі); логічна пам'ять (заснована на причинно-наслідкових зв'язках і логічних асоціаціях); епізодична пам'ять; сенсорна пам'ять тощо. За тривалістю збереження інформації розрізняють короткочасну (секунди-хвилини) і довготривалу (години-роки) пам'ять. У підлітковому періоді та до 20–25-річного віку пам'ять в нормі досягає найвищих результатів.

Дослідження пам'яті можуть уточнити розвиненість того чи іншого різновиду пам'яті; тривалість короткочасної чи довготривалої пам'яті.

Виявлення провідного типу пам'яті відбувається за допомогою 6 карток з різною кількістю слів.

Приклад карток:

<p>Картка № 1: фарба, ріпа, книга, вилка, кішка, якір, ложка, справа, кіно, хмара, сонце, танець, ручка, чашка, гора, сосна, бритва, свічка, вікно, трава</p>	<p>Картка № 2: чашка, солдат, будинок, стіл, ріка, трава, сом, дерево, батарея, вікно, гвіздок, артист, море, хащі, хмара, машина, зірка, вогонь, щітка, м'яч</p>	<p>Картка № 3: риби, кішка, літо, паросток, жаба, тайга, пума, кора, рись, годинник, дуга, жито, березень, цукор, квіти</p>
<p>Картка № 4: болото, ракета, друг, клей, кран, зірка, калюжа, шарф, лелека, штора, чашка, співак, брат, папір, цегла</p>	<p>Картка № 5: театр, сані, гніздо, риба, трактор, мішок, паркан, дорога, очищення, собака, базар, лопатка, дерево, сейф, батарея</p>	<p>Картка № 6: бравий солдат, відомий артист, непрохідні хащі, висока сосна, полуденна спека, гірська вершина, стрімкий танець, паперовий голуб, електронна пошта, овочева рагу</p>

Дослідження слухової пам'яті: експериментатор зачитує вголос слова з 1-ої картки (всього 20 слів) з інтервалом у 5 с. Через 10 с після озвучення, пацієнт

записує всі слова, які зміг запам'ятати. Підраховують кількість правильних слів. Через 5 хв для оцінки зорової пам'яті експериментатор пропонує 2-у картку (всього 20 слів) текстом вниз. За командою картку перевертають і читають слова протягом 1 хв. Потім картку знову закривають і через 10 с записують слова по пам'яті. Фіксується кількість правильних слів. Через 5 хв для оцінки моторно-слухової пам'яті, експериментатор читає слова 3-ї картки (всього 15 слів). Досліджуваний пошепки повторює кожне слово, через 10 с записує слова, які запам'ятали у будь-якому порядку. Підраховують кількість правильно запам'ятованих слів. Через 5 хв оцінки комбінованої пам'яті, експериментатор надає 4-у картку (всього 15 слів). Досліджуваний спільно з експериментатором читають кожне слово вголос, прописують його в повітрі, потім картки перевертають і через 10 с записує слова. Фіксують правильні відповіді. Для оцінки асоціативної пам'яті експериментатор читає слова з 5-ої картки (всього 15 слів) з інтервалом у 30 секунд. Відразу після пред'явлення чергового стимулу — слова, пацієнт зображає це слово у вигляді малюнку чи символу. Потім через 40–60 с за своїми малюнками людина згадує та записує названі слова. Підраховують правильні. Для оцінки логічної пам'яті експериментатор читає 20 словосполучень 6-ої картки з інтервалом у 5 секунд. Через 10–20 секунд після цього, експериментатор називає лише одне слово з раніше пред'явлених словосполучень. Досліджувані відтворюють повне словосполучення. Фіксують кількість правильно відтворених словосполучень. Розраховують коефіцієнти кожного виду пам'яті за формулою:

$$C = \frac{B}{A} \quad (107),$$

де – С — коефіцієнт пам'яті,

А — загальна кількість слів у завданні,

В — кількість слів у завданні, що були запам'ятовані.

Діагностика уваги

Функціональні проби на визначення уваги включають дослідження концентрації уваги, стійкості уваги, переключення довільної уваги та ін.

Переключення довільної уваги можна вивчити з використанням малюнків з подвійним зображенням. Наприклад, два профілі – ваза:



Різні подвійні зображення пропонують досліджуваним. Про ступінь переключення уваги судять за кількістю секунд, витрачених на впізнання обох образів: чим швидше людина знайде обидва образи, тим більше у нього виражена здатність до переключення уваги.

Оцінка концентрації уваги може проводитися за тестом Мюстерберга. Досліджуваному впродовж 2 хв. необхідно знайти якомога більше прихованих 24 слова у тестовому матеріалі, що містить набір літер. Досліджуваний повинен їх підкреслити.

Тестовий матеріал для визначення концентрації уваги: Бісонцевтргщот-сэрайонгучновинаіхегчафакктьіспитротрочягщещцкп-прокурорсеанбетеоріяємтодіжеоб'ємхокейтрійцяфцуйгахттортелевизоріболцжщзхюелгщьбпам'ятьшогхеюжицдргщщнзсприйняттяттейцукеншизіхьвафип-роллблюбоваб-фирплослдспектаклячсниньбюнбюцзеєжрадістьвуфциждлоррпнародшальдхэщцгиенкуифйшрепортажждорлафивюіфькрнкурсйфнячивскапрособинач-ностьзжьєюдшіщглодіжиннэпрплаванняиетдлжзебьтдршжінпркквивкомедіяшклдкуфотчайяфрлльнрячвтлджехьгфтсенлабораторіягщдщнрутргшчтлр-заснуваннязжхьборщдерекентаопрुकгвсмтрпсихіатріябплмстьчфйясмтщзайєьягнтзхкноспвкуртолшк

Про розвинутість здатності до концентрації уваги свідчить кількість правильно визначених слів.

Стійкість уваги перевіряється, наприклад, за пошуком цифр від 1 до 90 (тільки за допомогою зору) на спеціальній карті, де цифри написані різними шрифтами і розташовані в різному порядку:



При цьому відзначають час виконання роботи. За часом оцінюють ступінь стійкості довольної уваги.

Оцінка результатів за часом виконання завдання: менше 15 хв — високий ступінь стійкості уваги; 15–22 хв — добра ступінь стійкості уваги; 22–30 хв — задовільна ступінь стійкості уваги; більше 30 хв — низька ступінь стійкості уваги. Після тренування час виконання даного завдання зменшується, тобто стійкість уваги збільшиться.

Дослідження емоційного стану

Емоції — це яскраво виражене суб'єктивне забарвлення реакцій організму на зовнішні і внутрішні впливи. Вони несуть важливу функцію регуляції психічної діяльності організму. Емоційні стани відображаються в певних поведінкових реакціях. Регуляторна функція емоцій реалізує адаптацію організму до безперервно мінливих умов середовища шляхом формування активності для задоволення виниклих потреб, а також спрямованої на посилення сприятливої дії подразників або припинення дискомфортного. Виникнення позитивних і негативних емоцій пов'язане з активізацією спеціальних емоціогенних структур лімбічної системи великого мозку, а регуляція емоційного стану відбувається на рівні кори лобових і скроневих часток великого мозку. Патологія кори лобової частки великого мозку виявляється у людини або розгальмовуванням нижчих емоцій і

потягів, або емоційною тупістю. Більш емоціогенною є права півкуля порівняно з лівою; проте позитивні емоції пов'язані переважно з лівою, а негативні — з правою півкулею великого мозку. Інформативним тестом емоційної асиметрії мозку є почуття гумору. Вважають, що розуміння гумору можливе завдяки виділенню несподіваного в оповіданні і порівнянню цього несподіваного зі змістом тексту. У хворих з ураженнями правої півкулі великого мозку зберігається здатність виділяти несподіване, але порушується можливість його порівняння зі змістом тексту (гумор таких людей стає безладним і вони неспроможні вибрати найсмішніший варіант із декількох запропонованих). Гумор хворих з ураженнями лівої півкулі схожий на гумор здорових осіб. У разі конфлікту між потребами і можливостями їх задоволення виникає стан напруження — емоційний стрес, який мобілізує захисні сили організму на подолання цього конфлікту.

Емоційність людини відображає динаміку виникнення, перебігу і припинення різних емоційних станів. Компоненти емоційності: вразливість (виражає емоційну сприйнятливність, чутливість до емоціогенних стимулів); імпульсивність (відображає ступінь легкості переходу емоцій в спонукання до дій без попереднього обмірковування); емоційна лабільність (характеризує швидкість переходу від одного емоційного стану до іншого).

Феномен емоційної тривожності можна дослідити за тестом Спілбергера-Ханіна. Опитувальник складається з 20 висловлювань, які відносяться до тривожності як стану (реактивна або ситуативна тривожність) і з 20 висловлювань на визначення тривожності як властивості особистості. Реактивна тривожність виникає у відповідь на загрозу чи напругу та супроводжуються збудженням вегетативної нервової системи. Тривожність як риса особистості представляє особливості поведінки у відповідь на уявно небезпечні обставини, які об'єктивно загрози не представляють або її ступінь перебільшена.

Шкала реактивної і особистісної тривожності Спілбергера дозволяє диференційовано вимірювати ступінь тривожності.

При дослідженні ситуативної (реактивної) тривожності обстежуваному пропонується уважно прочитати наведені твердження і закреслити відповідну

цифру справа залежно від того, як він себе почуває на даний момент. Рекомендується давати першу відповідь, яка приходить в голову, не роздумуючи довго.

Опитувальний бланк ситуативної тривожності (Спілбергера-Ханіна)

№ з/п	Ситуація	Ні, це не так	Напевно, так	Так	Точно так
1	Я спокійний	1	2	3	4
2	Мені нічого не загрожує	1	2	3	4
3	Я почуваю себе напружено	1	2	3	4
4	Я відчуваю жаль	1	2	3	4
5	Я почуваю себе вільно	1	2	3	4
6	Я розчарований	1	2	3	4
7	Мене хвилюють можливі невдачі	1	2	3	4
8	Я відчуваю себе відпочившим	1	2	3	4
9	Я стурбований	1	2	3	4
10	Я маю відчуття внутрішнього задоволення	1	2	3	4
11	Я впевнений у собі	1	2	3	4
12	Я нервую	1	2	3	4
13	Я не знаходжу собі місця	1	2	3	4
14	Я напружений	1	2	3	4
15	Я не відчуваю скованості	1	2	3	4
16	Я задоволений	1	2	3	4
17	Я заклопотаний	1	2	3	4
18	Я надто збуджений і мені не по собі	1	2	3	4
19	Мені радісно	1	2	3	4
20	Мені приємно	1	2	3	4

Показник ситуативної (реактивною) тривожності (РТ) розраховується за формулою:

$$PT = \sum 1 - \sum 2 + 35, \tag{108}$$

де $\sum 1$ — сума закреслених цифр по пунктах 3, 4, 6, 7, 9, 12, 13, 14, 17, 18;

$\sum 2$ — сума закреслених цифр по пунктах 1, 2, 5, 8, 10, 11, 15, 16, 19, 20.

Інтерпретація результатів:

якщо $PT \leq 30$ — особа не відчуває особливої тривоги (низька тривожність);

якщо $PT = 31-45$ — особа має помірну тривожність;

якщо $PT \geq 46$ — тривожність висока.

Дуже висока тривожність (> 46) прямо корелює з наявністю невротичного конфлікту, з емоційними і невротичними зривами і з психосоматичними

захворюваннями. Низька тривожність (< 12), навпаки, характеризує стан як депресивний, ареагивний, з низьким рівнем мотивацій.

Рівень емоційної стресової реакції визначають за фізіологічними та фізико-хімічними показниками:

- механічними вимірюваннями швидкості і прискорення кровообігу (які при емоційному напруженні значно зростають), артеріального тиску крові, ЧСС і т.п.;
- електричними вимірюваннями (дослідження електричних біопотенціалів, наприклад, електроміографічне вимірювання м'язового напруження; енцефалографічна діагностика лабільності нервової системи тощо);
- оптичними параметрами речовин колориметричними, спектральними, фотометричними та поляриметричними методами;
- фізико-хімічними дослідженнями кількісних і якісних показників складу крові та сечі (адренкортикотропних гормонів, кортикостероїдів і катехоламінів, кортизолу тощо) та їх зміни, спричинені емоційним стресом;
- тестові методи дослідження полягають у визначенні психоособистісних показників стану здоров'я;
- спільні методи дослідження застосовуються при необхідності одночасного визначення двох або кількох величин для знаходження залежності між ними (вимірювання тиску крові в судинах і швидкості кровотоку і т.п.).

Психологічний стрес-тест

Психологічний стрес-тест призначений з метою оцінки реакції центральної та вегетативної нервової системи (ВНС), ССС на імітацію психологічної стресової ситуації. Останню можна створювати за допомогою різноманітних методик: комп'ютерна гра, проба «швидкого зворотного рахунку», запис максимально можливої кількості слів на тему за відведений часовий інтервал та ін. Можливе моделювання психоемоційно-інформаційної проби при використанні комп'ютерних ігор.

Методика проведення: протягом 5 хв гри щохвилини вимірюються ЧСС, АТ. Оцінюється реактивність ССС, що дозволяє диференціювати лабільні та стабільні форми АГ. При лабільній формі має місце гіперкінетичний синдром на тлі надмірних симпатичних впливів (надмірний приріст систолічного артеріального тиску та ЧСС). При стабільній формі АГ — більш виражений приріст систолічного АТ та діастолічного АТ, без тахікардії (збільшення загального периферичного опору).

Психологічний стрес-тест допомагає оцінити реакції ЦНС, ВНС та серцево-судинної системи на імітацію психологічної стресової ситуації.

Перевірка реакції на психоемоційний стрес заснована на штучному створенні стресової ситуації. Методика проби полягає у виконанні підлітком певного завдання: складання максимального можливої кількості речень чи слів на задану тему, комп'ютерна гра, арифметичний рахунок в умі, наприклад, максимально швидке віднімання цілого непарного числа з цілого непарного числа (наприклад, 3 з 555) протягом 30 с. Рекомендується проводити дослідження в тихій ізольованій кімнаті без додаткових сторонніх подразників. Проба виконується в положенні сидячи, під контролем АТ та ЕКГ у 12 відведеннях.

Перед та після навантаженням реєструють ЧСС за 10с (уд/хв.) та підраховують показник реакції стресостійкості (ПРС, у.о.):

$$\text{ПРС} = \text{ЧСС2}/\text{ЧСС1} \quad (109),$$

де – ЧСС1 — ЧСС у стані відносного спокою, уд/хв. за 10 с;

ЧСС2 — ЧСС після штучно створеного стресу, уд/хв. за 10 с.

ПРС < 1,3 у.о. — адекватна реакція на психоемоційний стрес, ПРС > 1,3 у.о. свідчать про низький рівень стресостійкості серцево-судинної системи. За змінами АТ визначають норму або лабільний гіперкінетичний синдром на тлі надмірних симпатичних впливів (підвищення АТс, збільшення ЧСС), або стабільну артеріальну гіпертензію (значний приріст АТс і АТд, без тахікардії за рахунок збільшення загального периферичного опору). Позитивною вважається також проба, яка характеризується появою ознак ішемії на ЕКГ.

Дослідження темпераменту

Г. Айзенк виділив три базисних властивості особистості — екстраінтроверсія, нейротизм і нейротизм (неврівноваженість процесів збудження і гальмування).

Визначення характеру протікання нервових процесів (типу темпераменту) проводиться за допомогою різних психологічних методів дослідження. Одним із таких методів є анкета, що містить питання для виявлення темпераменту людини. Також може розраховуватися показник врівноваженості процесів збудження і гальмування за силою.

Психологічне обстеження проводять за допомогою різних методів: методу багатостороннього дослідження особистості у модифікації Ф.Б. Березіна та М.І. Мірошнікова, тестів Спілбергера, Айзенка, Кеттела, прожективного тесту Роршаха, тематичного апперцептивного тесту, тесту незакінчених пропозицій, тесту Розенцвейга (фрустраційний тест) тощо.

Визначення типу темпераменту людини за допомогою тесту Г. Айзенка полягає у відповіді досліджуваного на питання, які стосуються його поведінки та почуттів (на питання слід відповідати тільки «так» або «ні», не витрачаючи час на обміркування питань, важливою є перша реакція, а не результат довгих міркувань).

Питання тесту Г. Айзенка

1. Чи часто Ви відчуваєте жагу до нових вражень, до того, щоб відволіктися, випробувати сильні відчуття?
2. Чи часто Ви відчуваєте, що маєте потребу в друзях, які можуть зрозуміти Вас, підбадьорити, поспівчувати?
3. Чи вважаєте Ви себе безтурботною людиною?
4. Чи дуже важко Вам відмовитися від своїх намірів?
5. Ви обмірковуєте свої справи не поспішаючи чи прагнете почекати, перш ніж діяти?
6. Чи завжди Ви виконуєте свої обіцянки, навіть якщо Вам це невигідно?
7. Чи часто у Вас бувають спади та підйоми настрою?
8. Чи швидко Ви зазвичай дієте й говорите?
9. Чи виникало у Вас коли-небудь відчуття, що Ви нещасні, хоча жодної серйозної причини для цього не було?
10. Чи правильно, що на парі Ви здатні зважитися на все?
11. Чи бентежитесь Ви, коли хочете познайомитися з людиною протилежної статі, яка Вам симпатична?
12. Чи буває, що, розлютившись, Ви виходите із себе?
13. Чи часто Ви дієте нерозважливо, під впливом моменту?

14. Вас часто турбує думка про те, що Вам не слід було щось робити або говорити?
15. Чому Ви віддаєте перевагу: читанню книг чи зустрічам з людьми?
16. Чи правильно, що Вас легко образити?
17. Чи любляете Ви часто бути в компанії?
18. Чи бувають у Вас такі думки, якими Вам не хотілося б ділитися з іншими?
19. Чи правильно, що іноді Ви настільки сповнені енергії, що все горить у руках, а іноді відчуваєте втому?
20. Чи намагаєтеся Ви обмежувати коло своїх знайомств невеликою кількістю найближчих друзів?
21. Чи багато Ви мрієте?
22. Коли на Вас гримають, чи відповідаєте Ви тим самим?
23. Чи вважаєте Ви всі свої звички гарними?
24. Чи часто у Вас виникає почуття, що Ви в чомусь винні?
25. Чи здатні Ви іноді дати волю своїм почуттям і безтурботно розважатися у веселій компанії?
26. Чи можна сказати, що нерви у Вас часто натягнуті до межі?
27. Чи маєте Ви славу людини жвавої та веселої?
28. Після того як справу зроблено, чи часто Ви подумки повертаєтеся до неї й думаєте, що могли б зробити краще?
29. Чи почуваетесь Ви неспокійно, перебуваючи у великій компанії?
30. Чи трапляється, що Ви передаєте чутки?
31. Чи буває, що Вам не спиться через те, що в голові вирують різні думки?
32. Якщо Ви хочете про щось довідатися, Ви знаходите це в книзі чи питаєте в людей?
33. Чи буває у Вас сильне серцебиття?
34. Чи подобається Вам робота, що вимагає зосередженості?
35. Чи бувають у Вас дрижаки?
36. Чи завжди Ви говорите правду?
37. Чи буває Вам неприємно перебувати в компанії, де кепкують один з одного?
38. Чи дратівливі Ви?
39. Чи подобається Вам робота, що вимагає швидкодії?
40. Чи правильно, що Вам часто не дають спокою думки про різні неприємності й жахи, які могли б статися, хоча все скінчилося благополучно?
41. Чи правильно, що Ви неквапливі в рухах і трохи повільні?
42. Чи спізнавалися Ви коли-небудь на роботу, на зустріч із кимось?
43. Чи часто Вам сняться кошмари?
44. Чи правильно, що Ви так любите поговорити, що не пропускаєте будь-яку нагоду поговорити з новою людиною?
45. Чи турбують Вас які-небудь болі?
46. Чи засмутитеся Ви, якщо довго не зможете бачитися з товаришами?
47. Чи нервова Ви людина?
48. Чи є серед ваших знайомих ті, хто Вам точно не подобається?
49. Ви впевнена в собі людина?
50. Вас легко зачіпає критика ваших недоліків чи вашої роботи?
51. Чи важко Вам одержати справжнє задоволення від заходів, у яких бере участь багато народу?
52. Чи турбує Вас відчуття, що Ви чимось гірші за інших?
53. Зуміли б Ви внести позбавлення в нудну компанію?
54. Чи трапляється, що Ви говорите про речі, на яких зовсім не розумієтесь?
55. Чи піклуєтеся Ви про своє здоров'я?
56. Чи любите Ви пожартувати над іншими?
57. Чи страждаєте Ви від безсоння?

Підрахунок і аналіз відповідей:

- 24 питання — для визначення ступеня екстра- та інтровертності;
- 24 питання — для визначення емоційної стійкості;
- 9 питань — для встановлення вірогідності відповідей.

Визначення ступеня екстра- та інтроверсії. Пропонується відзначити збіг за такими відповідями:

- «ТАК» на запитання: 1, 3, 8,10,13,17, 22, 25, 27, 37, 39, 44,46, 49, 53, 56;
- «НІ» на запитання: 5,15, 20, 29, 32, 34, 41, 51.

Результати за відповідями «ТАК» і «НІ» підсумовуються. Якщо сума балів дорівнює 0–10, то пацієнт є інтровертом, зануреним в себе. Якщо сума балів 15–24, то пацієнт є екстравертом, відкритим до зовнішнього світу. Якщо сума балів 11–14, то пацієнт є амбіверт, спілкується з іншими за потреби.

Визначення ступеня емоційної стійкості (нейротизму) відбувається за збігами по наступним відповідям:

- «ТАК» на запитання 1, 3, 8, 10, 13, 17, 22, 25, 27, 39, 44, 46, 49,53, 56 і
- «НІ» на запитання 5, 15, 20, 29, 32, 34, 37, 41, 51.

Результати підсумовуються. Якщо кількість відповідей «так» = 0–10, це свідчить про високу емоційну стійкість. Якщо кількість відповідей 11–16, це ознаки емоційної вразливості. Якщо кількість відповідей 17–22, це свідчить про появу окремих ознак розхитаності нервової системи. Якщо результатів 23–24, то це свідчить про невротизм, що межує з патологією.

Визначення вірогідності результатів. Вірогідність результатів указує, наскільки відвертими були опитувані. Необхідно відзначити збіги за такими відповідями:

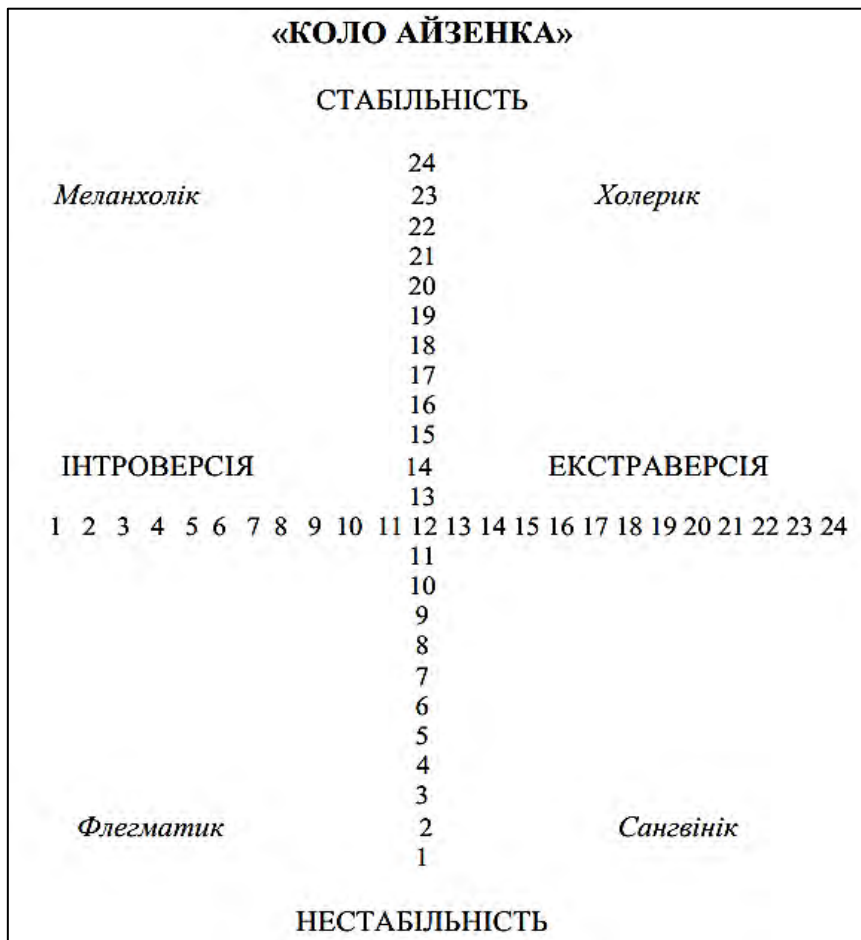
- «ТАК» – на запитання: 6, 24, 36;
- «НІ» – на запитання: 12,18, 30, 42, 48, 54.

Результати збігів за відповідями «ТАК» і «НІ» підсумовуються:

Якщо 3 і менше збігів, то вірогідність висока;

Якщо 4 і більше збігів, то досліджуваний відповідав не зовсім відверто.

Підсумки тесту Айзенка наносять на діаграму («коло Айзенка»).



Шкала інтерпретації відповідей за тестом Г. Айзенка

Визначення типу вищої нервової діяльності за методикою А. Белова відбувається за опитувальником (характеристика по 20 якостям, що відповідають тому чи іншому темпераменту).

<p>Холерик:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) непосидючість, метушливість; 2) невтриманість, запальність; 3) нетерплячість; 4) різкість і прямолінійність у відносинах з людьми; 5) рішучість і ініціативність; 6) впертість; 7) спритність в суперечці; 8) уривчаста працьовитість; 9) схильність до ризику; 10) незлопам'ятність; 11) володіння швидкою, жагучою, емоційною мовою з плутанням слів; 12) невірноваженість; 	<p>Сангвінік:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) веселі і життєрадісні; 2) енергійні і діяльні; 3) часто не доводите розпочату справу до кінця; 4) схильні переоцінювати себе; 5) здатні швидко схоплювати нове; 6) нестійкі в інтересах і схильностях; 7) легко переживаєте невдачі і неприємності; 8) легко пристосовуєтеся до різних обставин; 9) з захопленням беретеся за будь-яку нову справу; 10) швидко втрачаєте інтерес, якщо справа перестає вас цікавити; 11) швидко включаєтеся в нову роботу і швидко переключаєтеся з однієї роботи на іншу;
--	--

<p>13) агресивність; 14) нетерпимість до недоліків; 15) виразність міміки; 16) здатність швидко діяти і вирішувати; 17) невпинно прагнути до нового; 18) володіння різкими рухами; 19) наполегливість у досягненні поставленої мети; 20) схильність до різких змін настрою</p>	<p>12) витривалі і працездатні; 13) тяготиєте одноманітністю буденної кропіткої роботи; 14) товариські і чуйні, не відчуваєте скутості з новими для вас людьми; 15) володієте гучною, швидкою, чіткою мовою, що супроводжується жестами, виразною мімікою; 16) зберігаєте самовладання в несподіваній складній обстановці; 17) володієте завжди бадьорим настроєм; 18) швидко засинаєте і прокидаєтеся; 19) часто незібрані, виявляєте поспішність у рішеннях; 20) схильні іноді не заглиблюватися до суті завдання, відволікатися.</p>
<p>Флегматик: 1) спокійні і холоднокровні; 2) послідовні і прискіпливі у справах; 3) обережні і розважливі; 4) вмієте чекати; 5) мовчазні і не любите марно базікати; 6) володієте спокійною, рівномірною мовою, з зупинками, без різко виражених емоцій, жестикуляції і міміки; 7) стримані і терплячі; 8) доводите розпочату справу до кінця; 9) не розтрачуєте даремно сил; 10) дотримуєтеся виробленого розпорядку дня у побуті та на роботі; 11) легко стримуєте пориви; 12) малосприйнятливі до похвали і заохочення; 13) не озлоблені, проявляєте поблажливе ставлення до «шпильок» на свою адресу; 14) постійні у своїх відносинах та інтересах; 15) повільно включаєтеся в роботу і повільно перемикаєтеся з однієї справи на іншу; 16) проявляєте однакове ставлення до всіх; 17) проявляєте охайність і порядок у всьому; 18) з труднощами пристосовуєтеся до нової обстановки; 19) володієте витримкою; 20) децю повільні</p>	<p>Меланхолік: 1) сором'язливі; 2) розгублюєтеся в новій обстановці; 3) важко встановлюєте контакт з незнайомими людьми; 4) не вірите в свої сили; 5) легко переносите самотність; 6) відчуваєте пригніченість і розгубленість при невдачах; 7) схильні «занурюватися в себе»; 8) швидко втомлюєтеся; 9) маєте тиху мову; 10) несвідомо підлаштовуєтеся до характеру співрозмовника; 11) вразливі до сліз; 12) надзвичайно сприйнятливі до схвалення і осудження; 13) пред'являєте високі вимоги до себе і до оточуючих; 14) схильні до підозрливості і до нав'язливих роздумів; 15) болісно чутливі і легко ранимі; 16) надмірно образливі; 17) нетовариські, не ділитесь ні з ким своїми думками; 18) малоактивні і боязкі; 19) поступливі, покірні; 20) прагнете викликати співчуття і допомогу в навколишніх.</p>

Якщо кількість позитивних відповідей в «паспорті» темпераменту, того чи іншого типу становить 16-20, то це означає яскраво виражені риси даного типу темпераменту.

Якщо позитивних відповідей 11–15 — якості даного темпераменту притаманні в значній мірі.

Якщо позитивних відповідей 6–10, то якості даного типу темпераменту властиві в певній мірі.

$$\mathbf{ФТ} = (X \frac{Ax}{A} \times 100\%) + (C \frac{Ac}{A} \times 100\%) + (\Phi \frac{A\phi}{A} \times 100\%) + (M \frac{Am}{A} \times 100\%); \quad (110),$$

де – ФТ — формула темпераменту;

X — холеричний темперамент;

C — сангвінічний темперамент;

Ф — флегматичний темперамент;

M — меланхолійний темперамент;

A — загальна кількість плюсів по всім типам;

Ax — число плюсів у «паспорті холерика»;

Ac — число плюсів у «паспорті сангвініка»;

Aφ — число плюсів у «паспорті флегматика»;

Am — число плюсів у «паспорті меланхоліка».

Наприклад, у кінцевому вигляді формула темпераменту набуває вигляд:

$$\mathbf{ФТ} = 35 \% X + 30 \% C + 14 \% \Phi + 21 \% M;$$

Це, значить, що даний темперамент на 35 % — холеричний, на 30 % сангвінічний, на 14 % — флегматичний, на 21 % — меланхолійний.

ФУНКЦІОНАЛЬНА ДІАГНОСТИКА СТАНУ ОРГАНІВ ЧУТТЯ

Діагностика функцій зору

Функціональний стан органів зору визначають гострота зору, поле зору, кольоровідчуття, окорухові, зіничні рефлекси та ін.

Гострота зору досліджується за допомогою таблиці з 12 рядків, віддаленої від досліджуваного на відстань 5 м,. Величина букв кожного рядка зменшується зверху вниз. Біля кожного рядка вказана та відстань (D), з якої букви даного рядка читаються правильно під кутом, рівним 1 хв. Гостроту зору розраховують за такою формулою:

$$V = d / D \quad (111),$$

де – V — гострота зору;

d — відстань від очей до таблиці, м;

D — відстань, з якої цей рядок читається правильно при нормальній гостроті зору (вказано біля кожного рядка таблиці).

В нормі гострота зору складає 0,8–1,4 одиниць. У підлітковому віці через нерівномірне прискорення росту очного яблука (по сагітальній та горизонтальній осі) може мати місце тимчасова міопія пубертатного періоду.

Поле зору — це видимий простір, який сприймається оком при нерухомому погляді. Визначається поле зору за допомогою периметра чи методом комп'ютерної периметрії. Обстеження проводиться в абсолютно темному приміщенні. При використанні периметру, пацієнт сидить спиною до світла і встановлює підборіддя на спеціальну підставку периметра, фіксує досліджуваним оком крапку в центрі периметра (друге око закривають). Потім дугу периметра встановлюють в горизонтальному положенні, експериментатор переміщує маркер по дузі периметра від 0° і реєструє момент, коли підліток починає бачити цей маркер. Чим більшим буде зареєстрований кут, тим більшою є величина поля зору у реципієнта. Результат тесту містить графік, який показує відхилення реальної чутливості кожної точки від типової для віку даного пацієнта. Існують світлова та кольорова

периметрії, які мають різні кути полів зору в нормі. Поле зору для білого світла — найширше. В середньому, в нормі становить 55° від носа, 90° з боку скроні, 55° зверху і 60° знизу. При стомленні зорового аналізатора межі полів зору зменшуються. У ряді видів спорту особливо коли зоровому аналізатору належить провідна роль (фігурне катання, гірськолижний спорт, акробатика та ін.), поле зору розширюється.

Кольоровідчуття досліджується за допомогою набору кольорових смужок паперу або спеціальних таблиць (27 таблиць Рабкіна Е.Б., у яких гуртки однакової яскравості формують зображення, де на тлі одних гуртків зашифровані інші у вигляді фігури або цифри). Існує три групи кольорних хвиль: довгохвильові — оранжевий і червоний кольори; середньохвильові — зелений і жовтий кольори; короткохвильові — блакитний, фіолетовий і синій кольори. Головними кольорами вважаються червоний, зелений і синій. При змішуванні цих кольорів в різних пропорціях можна отримати безліч відтінків, які сприймає око. До спектральних методів діагностики порушень кольоровідчуття відноситься аномалоскопія. Вона заснована на порівнянні двокольорових полів, з яких одно постійно освітлюється монохроматичними жовтими проміннями, яскравість яких змінюється, а друге поле, освітлюючись червоними і зеленими проміннями, може змінювати тон від чисто червоного до чисто зеленого. Змішуючи червоний і зелений кольори, обстежуваний повинен дістати жовтий колір, по тону яскравості відповідаючий контрольному. Трихромати легко вирішують цю задачу, а кольороаномали — ні. При ураженні підкіркових зорових центрів та/або кіркової зони порушується розпізнавання кольорів, частіше червоного і зеленого (дальтонізм). Особливо важлива діагностика дальтонізму у спортсменів (при ньому протипоказані авто-, велоспорт і деякі інші види спорту).

Об'єктивні методи визначення рефракції — скіаскопія (тіньова проба), або ретиноскопія (об'єктивний метод визначення рефракції ока).

Акомодації очей — це здатність ока чітко бачити предмети на різній відстані. Вона здійснюється шляхом зміни кривизни кришталика та його здатності до заломлення. Акомодація — основний механізм динамічної рефракції, при якій

відбувається чітке фокусування зображень предметів, що знаходяться на різній відстані, щодо сітківки. Порушення акомодатції оцінюються за допомогою акомодометрії, який визначає показники абсолютної акомодатції (кожного ока окремо), а також відносної акомодатції (обох очей разом). Для визначення сили акомодатції пацієнту пропонується зафіксувати погляд на будь-якому предметі, наприклад, на олівці, розташованому від нього на відстані 1 м. Після цього олівець наближають до очей та фіксують момент, коли досліджуваний перестає його ясно бачити. Відстань від моменту зникнення ясного бачення предмету до пацієнта складає величину сили акомодатції. В нормі для молодих людей дальня точка ясного бачення лежить в нескінченності. Найближча точка ясного бачення знаходиться на відстані 10 см або сила акомодатції складає 10 діоптрій (D). З віком, при деяких функціональних порушеннях зорового аналізатора, а у спортсменів при появі ознак перевтоми і перетренування сила акомодатції збільшується. Спазм акомодатції — це гострий патологічний надлишковий тонус циліарного м'яза ока, який зберігається навіть за відсутності акомодатційних стимулів та призводить до нечіткого зору як на дальній, так і на ближній дистанції. Цей патологічний стан як правило розвивається у підлітковому віці. Часто спостерігається при вегетативній дисфункції (дисбалансі з переважанням активності парасимпатичної нервової регуляції), інколи розглядається, як оптиконевроз. Появі спазму акомодатції також сприяють інтенсивні зорові навантаження та хронічні інтоксикації.

Окорухові рефлекси можуть порушуватися при багатьох неврологічних захворюваннях. Зіничний рефлекс — рефлекторна зміна діаметру зіниці залежно від інтенсивності падаючого на око світла (звуження на яскравому світлі, розширення у темряві, вивчення співдружності обох зіниць). Надбрівний рефлекс викликають ударом молоточка по надбрівній дузі. Рухова реакція полягає у заплющенні повік. Рефлекторну дугу утворюють трійчастий та лицевий нерви. Мигальний рефлекс полягає у мигальній реакції у відповідь на подразнення сенсорної частини периферичного нерву (постукування, подразнення струменем повітря,

електричними імпульсами через електроди тощо). Він є двостороннім, а частина його рефлекторної дуги проходить спинним шляхом трійчастого нерву.

Діагностика функцій слуху

Для кожного вуха окремо вивчають:

- *здатність сприймати звук з повітря* (вивчається шляхом піднесення камертону, що звучить, до зовнішнього слухового проходу вуха на відстані 0,5 см від вушної раковини та фіксації часу, протягом якого досліджуваний чує звук. При аудіометрії пороги чутності повітряно-проведених звуків вимірюють в діапазоні частот від 125 до 8000 Гц за допомогою головних повітряних телефонів, розміщених на вушній раковині);

- *кісткову провідність звука* (досліджується через вимірювання часу сприйняття коливань камертону, щільно прикладеного до шкіри над сосковим відростком скроневої кістки. Коли звук перестає бути чутним, камертон підносять до зовнішнього слухового проходу, досліджуваний знову чує звук. Вимірюють тривалість чутності звуку вухом. При аудіометрії пороги чутності кістково-проведених звуків вимірюють в діапазоні частот аудіометру від 250 до 8000 Гц за допомогою кісткового телефону, розташованого за вушною раковиною на кістці сосцеподібного відростка);

- *здатність локалізувати джерело звуку* (просторовий слух) (шляхом представлення ніжки камертону до середини тім'ячка та фіксації часу, коли чути звук камертону. Відмічають чутність звуку в обох вухах. Один зовнішній слуховий прохід закривають ватним тампоном, відмічають підсилення звуку в закритому вусі, що пояснюється зменшенням втрат звукової енергії, звук досягає слухового рецептора коротшим шляхом — через кістки черепа, а не через слуховий прохід);

- *напрямок звуку* (при заплющених очах обстежуваний визначає напрямок, з якого чути цокання годинника; точність напрямку визначають у сантиметрах);

- *гостроту слуху* (визначається за допомогою розмовної мови, камертона та методом аудіометрії. В середньому нормальною межею для чутності мови, що

вимовлена пошепки, є відстань в 5 м. Тобто, досліджений правильно повторює почуті двозначні числівники).

Мовна аудіометрія полягає у визначенні розуміння (розбірливості) слів. Слова з фонограми передаються через головні телефони або кістковий вібратор аудіометру на вухо обстежуваного пацієнта. Пацієнта інструктують повторювати почуті слова й обчислюють відсоток правильно понятих слів.

Для лівого та правого вуха аудіометрія проводиться окремо, тому аудіограма складається з двох зображень. Показники лівого вуха позначаються синім кольором, правого — червоним. Суть діагностики полягає у подачі звукових сигналів різної частоти та інтенсивності. Всі позначки на графіку показують мінімальну інтенсивність звуку, яка сприймається вухом за певної частоти. Після перевірки слуху на аудіограмі ці точки з'єднуються та утворюються дві лінії. Проміжок, що розділяє лінії повітряної та кісткової провідності, називають кістково-повітряним інтервалом. Відхилення від норми може свідчити про наступні патології:

- кондуктивна приглухуватість (кісткова звукопровідність знаходиться у нормальному діапазоні, а «повітряна» лінія нижче норми, аудіограма висхідна);
- сенсоневральна туговухість (обидві лінії розташовані нижче допустимого значення, аудіограма низхідна);
- змішана приглухуватість (в обох випадках лінія відхилена від норми, присутній кістково-повітряний інтервал, аудіограма плоска).

Нормою слуху вважається діапазон 0–25 дБ (0–15 дБ у дітей). Якщо лінії розташовані нижче цього діапазону, пацієнт має патологію. Ступінь втрати слуху оцінюють за інтенсивністю сигналів, що сприймаються: I (легка) — 26–40 дБ; II (проміжна) — 41–55 дБ; III (важка) — 56–70 дБ; IV (глибока) — 71–90 дБ.

Діагностика смаку

Для визначення смакових порогів у пробірки наливають розчини з 4 основними смаками: солодкий, гіркий, кислий, солоний (наприклад, розчини цукру, хініну, лимонної кислоти, кухонної солі) різної концентрації. Пацієнт тримає в

роті розчин протягом 20–30 с, випльовує його і визначає смак. Фіксується мінімальна порогову концентрація розчину (у %), який зміг правильно визначити досліджуваний. Якщо смак не визначився, пропонують спробувати більшу концентрацію. Перед кожним дослідом рот треба добре промити дистильованою водою. Результати дослідження підсумовують у таблиці (табл. 54).

Таблиця 54

Визначення порогу смакової чутливості

№ з/п	Смак	Норма, %	Назва розчину речовини	Поріг смакового відчуття, %
1	Солодкий	0,25–1,25		
2	Гіркий	0,0001–0,003		
3	Кислий	0,05–1,25		
4	Солоний	0,25–1,25		

Визначення локалізації смакових відчуттів відбувається при нанесенні розчинів різних смаків та концентрацій на кінчик язика, бічні та серединні поверхні, корінь язика. За відчуттями пацієнта виявляють чутливість смакових рецепторів на язиці. Після досліду з одним розчином рот ретельно полощуть і роблять перерву на 2–3 хв перед новим дослідом.

Діагностика нюху

Сприйняття газоподібних речовин можна визначити, підносячи до носу (не торкаючись до нього) ватку, яка містить пари ефіру (перед цим потримати ватку над склянкою з ефіром).

Значення нюхальних рухів з'ясовують, пропонуючи пацієнту затримати дихання й переконатися, що запах пахучої речовини (камфори, нашатирного спирту, кедрової олії й т. ін.) перестає при цьому сприйматися; а при відновленні нюхальних вдихальних рухів запах підсилюється.

Нюхова адаптація досліджується при багаторазовому нюханні по черзі то одну, то іншу (схожі за зовнішнім виглядом, але різні за запахом) речовини, наприклад деревний і винний спирт чи гвоздикову олію і запашний перець, і

переконатися, що з часом запахи їх стають нерозрізнюваними, а потім і саме запахове подразнення взагалі перестає сприйматися, наче зникає. Варто замінити запах, що більше не сприймається, яким-небудь іншим, і свіжий запах буде сприйматися зовсім чітко. Запахова адаптація є вибірковою.

Також можна вивчати сприйняття нюхових асоціацій, викликаних запахами рослин; вплив запахів на серцебиття; зв'язок між нюхом і смаком тощо.

Втрата нюху та порушення нюхового сприйняття часто супроводжує різні ураження головного мозку (дегенеративні зміни, судинні порушення, пухлини мозку тощо); тимчасова аносія може провокується невротичними станами, емоційними потрясіннями; дефіцитом цинку, гіповітамінозом, гіпотиреозом, цукровим діабетом, деякими вродженими захворюваннями та ін.

Діагностика шкірного сприйняття

Больове сприйняття можна дослідити шляхом нанесення легких уколів в симетричних ділянках тіла та аналізу реакції пацієнта на больове подразнення.

Температурне сприйняття оцінюють за допомогою впливу на шкіру симетричних ділянок температурних контрастів: наприклад, занурення пальців обох рук у воду різної температури — гарячу (40–42°C) і холодну (7–12°C) на 20–30 секунд до ослаблення відчуття тепла і холоду (температурної адаптації). У нормі повинне відчуватися, як відчуття тепла, так і холоду. Порушення температурної чутливості може спостерігатися, зокрема, при ураженні спинного мозку.

Тактильне сприйняття — це відчуття дотику та тиску. До пацієнта, який сидить з заплющеними очима, торкаються циркулем Вебера у різних ділянках тіла (на щоках, кінчиках пальців рук, долонях, передпліччях, плечах, спині та ін.). Спочатку обидві ніжки циркуля торкаються шкіри одночасно, без натиску; потім їх поступово розводять (збільшуючи кожного разу відстань між ними на 1 см) і продовжують торкатися різних ділянок шкіри випробуваного. У досліді визначають мінімальну відстань між ніжками циркуля на певній ділянці шкіри, яку випробуваний розрізняє, як два окремі дотики. Ця відстань є мірою локалізаційної здатності шкірного

аналізатора — поріг просторового розрізнення. Гострота дотику зазвичай обернено пропорційна величині порогу розрізнення.

Діагностика рівноваги

Діагностика функціонування вестибулярного апарату включає описану раніше пробу Ромберга, оцінку порогу чутливості за тестом Яроцького, обертальний тест Воячека, тест «фламінго» тощо.

Тест Яроцького полягає у наступному. Пацієнт в положенні стоячи з закритими очима здійснює обертальні рухи головою в швидкому темпі. Фіксується час обертання головою до появи перших ознак порушення координації. В нормі у здорових, нетренованих час збереження рівноваги (поріг чутливості вестибулярного аналізатора) складає близько 30 с, у тренованих спортсменів — 90 с і більше. Оцінка утримання рівноваги: 35 с — відмінно, 20 с — добре; 16 с — задовільно.

Під час проби Воячека пацієнт у спеціальному кріслі Барані здійснює обертальні рухи зі швидкістю 5 обертів за 10 с. Реакція оцінюється за характером зміни положення тіла випробуваного і вегетативним симптомам його організму на 5-й секунді після припинення обертання. В нормі у досліджуваного спостерігається незначне відхилення тулуба у бік обертання, незначні вегетативні прояви: легке збліднення, невелика зміна пульсу, артеріального тиску. Виражене ж відхилення тулуба, його падіння, істотного погіршення самопочуття, виражена браді- або тахікардія, нудота, блювота, холодний піт тощо є ознаками незадовільної тренованості вестибулярного аналізатора.

Тест «фламінго»: досліджуваний стає на спеціальну підставку (зазвичай розмірами: довжина 50 см, висота 4 см, ширина 3 см на двох опорах по 15 см довжиною і по 2 см шириною) однією ногою і намагається балансувати на ній так довго, як зможе. Фіксується час самостійного (без підтримки) стояння на підставці. Необхідним є простояти 1 хв. Враховується кількість спроб, які підліток витрачає на збереження рівноваги протягом 1 хв. Якщо в перші 30 с учасник тестування втратить рівновагу 15 разів, тест припиняється. Його результат оцінюється в «0» балів.

ФІЗИЧНА ПІДГОТОВЛЕНІСТЬ У ПІДЛІТКОВОМУ ВІЦІ

Фізична підготовка є інтегральним показником здатності до фізичної активності та фізичного навантаження.

Існують докази того, що фізична підготовка дітей і підлітків за останні десятиліття знизилася в усьому світі. Негативні тенденції були особливо виявлені для кардіореспіраторної витривалості, незалежно від статі (Thea Fühner et al., 2021). Відносна м'язова сила та швидкість показали незначне збільшення, тоді як показники м'язової сили знизилися. Зусилля ВООЗ та міжнародних громадських організацій наразі зосереджені на своєчасному контролі за фізичною підготовкою дітей, особливо підліткового віку, та широкому впровадженні фізичних тренувань, які збільшують можливості організму, зокрема, кардіореспіраторну витривалість.

Вважається, що у визначенні фізичної підготовленості має значення багатовимірна структура, яка складається з кількох компонентів. Наприклад, деякі європейські дослідження беруть до уваги наступні компоненти: склад тіла, кардіореспіраторна підготовка, опорно-руховий апарат та рухова здатність (швидкість, спритність і координація) (ALPHA, 2009; Ruiz et al., 2010; Secchi et al., 2014; Artero et al., 2011). Американський коледж спортивної медицини передбачає п'ять компонентів: склад тіла, кардіореспіраторну форму, м'язову силу, м'язову витривалість і гнучкість (American College of Sports Medicine, 2014). Інші автори розглядають лише склад тіла, кардіореспіраторну підготовленість, м'язову силу та гнучкість (Castillo-Garzon et al., 2006) або склад тіла, кардіореспіраторна підготовка, опорно-руховий апарат і гнучкість, як компоненти пов'язаний зі здоров'ям (ІОМ (Institut of Medicine), 2012).

Більшість науковців виділяють три основні компоненти фізичної підготовленості, пов'язані зі здоров'ям: склад тіла, кардіореспіраторна підготовка і оцінка фізичних якостей: сили, швидкості, спритності і гнучкості (Stefan Kolimechkov, 2017).

Найбільш широко застосовуваними для оцінки підготовленості підлітків є тестові батареї «Єврофіт», «ФітнесГрам» і «Альфа-фіт». У дослідженні рівня фізичної підготовленості дітей і підлітків використовують ізольовані рухові тести, спрямовані на конкретну рухову активність і комплекси рухових тестів з нормативами оцінки кожного тесту, а також усього комплексу тестів.

Європейський консультативний комітет з розвитку спорту затвердив перелік тестів (ЄВРОФІТ), які характеризують основні фізичні якості (швидкість, рух, силу, координацію, витривалість, гнучкість). Для визначення фізичної підготовленості у дитячому та підлітковому віці використовують антропометричні дані, біологічні дані та стан фізичних якостей (таблиця 55).

Таблиця 55

Структура системи тестів ЄВРОФІТ

Показники	Оцінювана характеристика	Зміст тесту
Рухові здібності: Загальна витривалість	Кардіореспіраторна витривалість	1. Човниковий біг зі швидкістю, що поступово збільшується 2. ТестPWC170
Максимальна сила	1. Статична сила 2. Вибухова сила	1. Кистьова динамометрія 2. Стрибок у довжину з місця
Силова витривалість	1. Силова статична витривалість рук 2. Силова статична витривалість тулуба	1. Вис на поперечині 2. Піднімання тулуба з положення лежачи
Швидкісні здібності	1. Швидкість бігу 2. Частота рухів рук	1. Човниковий біг 10x5 м 2. Почергове торкання двох площин кистю руки
Здібність до гнучкості	Активна рухомість хребетного стовпа	Сидячи, нахил тулуба вперед з одночасним витягуванням рук
Координаційні здібності	Статична рівновага	Балансування, стоячи на одній нозі
Антропометричні показники	1. Довжина тіла 2. Маса тіла 3. Склад тіла	1. Вимірювання довжини тіла. 2. Вимірювання маси тіла. 3. Вимірювання 5 шкірно-жирових складок: трицепса, біцепса, під лопаткою, над клубовою кісткою, литкової ділянки ноги
Анкетні дані	1. Прізвище, ім'я 2. Вік 3. Стать	1. – 2. Кількість років і місяців 3. Чоловіча, жіноча

Сьогодні у міжнародній практиці особливо важливим для шкіл вважається впровадження тестів фізичної підготовки, які мають оздоровчий ефект, відповідають віку учнів і найкраще відображають взаємозв'язок між фізичною підготовленістю та індивідуальним станом здоров'я школярів підлітків.

ВИСНОВКИ

Зростаючий організм підлітка знаходиться під інтенсивним впливом різних регулюючих факторів. Функціональні проби та тести частіше свідчать про функціональні можливості не одного, а декількох органів чи систем та про вплив декількох факторів регуляції одночасно. Одне дослідження не є специфічним для одного органу чи однієї функції. Для того, щоб оцінити стан адаптації, працездатності та здоров'я підлітка необхідно провести комплексну функціональну діагностику. Тільки вивчення ряду функціональних показників як у стані спокою, так і під час впливу провокуючих та навантажувальних факторів може надати достовірну інформацію про стан здоров'я та розвитку дитини у підлітковому віці. У пубертаті, коли йде інтенсивне зростання, ендокринна перебудова, статеве дозрівання, психічне становлення та відпрацювання регуляторних механізмів, надзвичайно важливим є проводити функціональне тестування в динаміці з порівнянням індивідуальних результатів та уточненням впливу на адаптаційні механізми змін фізичного розвитку, рівню гормонів і біологічно-активних медіаторів. Отримання комплексної та достовірної інформації дозволить диференційовано підійти до призначення оздоровлюючих, тренуючих та реабілітаційних заходів. Своєчасні рекомендації підліткам щодо підвищення функціональних можливостей допоможуть їм перейти у дорослий вік більш здоровими, працездатними, спортивними, спроможними до продовження роду та підготовленими до захисту Вітчизни.

ТЕСТОВІ ПИТАННЯ ДЛЯ КОНТРОЛЮ ЗАСВОЄННЯ ЗНАНЬ

1. Основна мета більшості функціональних проб:
 - A. виявлення прихованих порушень функцій органів і систем;
 - B. оцінка характеру реакції органів і систем на функціональну пробу;
 - C. дослідження механізмів адаптації організму до умов, що змінилися;
 - D. всі відповіді вірні.

2. До відносних протипоказань при проведенні функціональних проб з фізичним навантаженням відноситься:
 - A. синусова брадикардія;
 - B. гострий ендокардит;
 - C. важка форма цукрового діабету;
 - D. незгода пацієнта.

3. Вкажіть стан, який може змінити результати навантажувального тесту:
 - A. надлишкова вага;
 - B. анемія;
 - C. високий зріст;
 - D. неповна блокада правої ніжки пучка Гіса;
 - E. супутній хронічний тонзиліт.

4. Під час добового моніторингу артеріального тиску «індекс часу гіпертензії» — це:
 - A. відсоток мінімальних значень артеріального тиску за добу;
 - B. відсоток максимальних значень артеріального тиску за день;
 - C. відсоток нормальних значень артеріального тиску;
 - D. співвідношення періоду з підвищеним АТ і часу моніторингу АТ за добу/день/ніч (у відсотках);
 - E. ступінь підвищення артеріального тиску.

5. Які показники не враховуються при визначенні адаптаційного потенціалу Р.М. Баєвського?
 - A. ЧСС;
 - B. Маса тіла;
 - C. Частота дихання;

- D. Вік;
- E. Артеріальний тиск;
- F. Обсяг виконаної роботи.

6. За даними кардіоінтервалографії при нормотонії індекс напруги зазвичай становить:

- A. 30–90 у.о.;
- B. 200–300 у.о.;
- C. 3–9 у.о.;
- D. більше 90 у.о.

7. Яка функціональна проба використовується наразі в Україні під час розподілу учнів на медичні групи з фізкультури?

- A. Проба Мартіне-Кушелєвського;
- B. Проба Серкіна;
- C. Тест Спілбергера;
- D. Проба Руф'є;
- E. Проба Летунова.

8. Індекс Руф'є у підлітка 15 років становить 12. Який рівень функціонального резерву серцево-судинної системи можна констатувати:

- A. низький;
- B. задовільний;
- C. середній;
- D. добрий;
- E. високий.

9. Який тип реакції серцево-судинної системи на пробу Мартіне-Кушелєвського, якщо після проби помірно почастишав пульс, підвищився систолічний та знизився діастолічний артеріальний тиск, відновлення їх відбулося протягом 3 хвилин?

- A. Східчастий;
- B. Дистонічний;
- C. Гіпотонічний;
- D. Гіпертонічний;
- E. Нормотонічний.

10. Під час проведення комбінованої функціональної проби Летунова застосовують наступні фізичні навантаження:

А. 60 підскоків за 30 с, біг на місці протягом 3 хв у темпі 120 кроків за 1 хв, біг на місці протягом 10хв у темпі 180 кроків за 1хв;

В. 20 присідань за 30 с, біг на місці протягом 15 с у максимальному темпі, біг на місці протягом 3 хв у темпі 180 кроків за хвилину з високим підніманням стегон;

С. біг на місці протягом 15 с з високим підніманням стегон, 60 підскоків за 30 с, біг на місці протягом 3 хв у темпі 150 кроків за 1 хв.

11. Субмаксимальне навантаження — це навантаження, при якому:

А. досягається максимальна ЧСС;

В. з'являються зміни ЕКГ ішемічного характеру;

С. досягається споживання 75–90 % максимальної потреби кисню;

Д. досягається підвищення систолічного артеріального тиску на 100 % вище від вихідного.

12. Період реституції після велоергометрії оцінюють протягом:

А. 30 хвилин

В. 6 хвилин

С. 6 і більше хвилин або до відновлення вихідних клініко-електрокардіографічних параметрів;

Д. 3 хвилин.

13. Хвилиний об'єм крові можна визначити за формулою:

А. $\text{ХОК} = \text{СОК} \times \text{ЧСС}$;

В. $\text{ХОК} = \text{ЧСС}_{\text{max}} - \text{ЧСС}_0$;

С. $\text{ХОК} = \text{АТ}_d / \text{ЧСС} \times 100$.

14. При гіперкінетичному типі гемодинаміки розмір серцевого викиду (хвилиного об'єму крові):

А. знижується;

В. залишається в нормі;

С. збільшується.

15. Значення обчислення подвійного добутку (індексу Робінсона):

- A. показник скоротливої здатності міокарда;
 - B. показник стану центральної гемодинаміки;
 - C. показник засвоєння кисню міокардом;
 - D. показник ефективності кровообігу.
16. Атропінова проба дає можливість:
- A. підтвердити вагусний характер аритмії;
 - B. визначити топіку суправентрикулярної екстрасистоїї;
 - C. виявити прихований синдром WPW;
 - D. підтвердити зв'язок порушень реполяризації з симпатикотонією.
17. Час затримка дихання у здорових підлітків під час виконання проби Штанге:
- A. 30–40 с;
 - B. 50–60 с;
 - C. 70–80 с;
 - D. 20–30 с.
18. Спірометрія дозволяє визначити наступні показники, крім:
- A. максимального споживання кисню;
 - B. об'ємних показників зовнішнього дихання;
 - C. показників легеневої вентиляції;
 - D. швидкісних показників дихання.
19. Що не відноситься до показників легеневої вентиляції:
- A. частота дихання;
 - B. хвилинний об'єм дихання;
 - C. індекс гіпоксії;
 - D. життєва ємність легень;
 - E. максимальна вентиляція легень.
20. Проба з гіпервентиляцією у підлітків може застосовуватися для:
- A. діагностики пневмонії;
 - B. діагностики вегетативної дисфункції та вазо спастичних станів;
 - C. діагностики порушень рівноваги;
 - D. діагностики дистрофічних змін міокарду.

21. Симпатикотонії притаманні такі ознаки, за винятком:
- A. прискорення серцебиття;
 - B. білий дермографізм;
 - C. схильність до ожиріння;
 - D. похолодання кінцівок.
22. Парасимпатичний відділ вегетативної нервової системи:
- A. знижує тонус серцевого м'яза та автоматизм синусового вузла;
 - B. зменшує швидкість атріовентрикулярної провідності;
 - C. прискорює та посилює серцеві скорочення.
23. При проведенні ортостатичної проби пульс почастишав на 12 ударів за хвилину. Про що це свідчить?
- A. Про нормальну збудливість симпатичного відділу вегетативної нервової системи;
 - B. Про підвищення збудливості симпатичного відділу вегетативної нервової системи;
 - C. Про зниження збудливості симпатичного відділу вегетативної нервової системи.
24. При проведенні кліно-ортостатичної проби нормальною реакцією вважається:
- A. підвищення ЧСС на 20–40 % від початкової;
 - B. збільшення АТс і АТд не більше, ніж на 5–20;
 - C. повернення показників до вихідних цифр через 3–4 хв;
 - D. A+B+C.
25. При проведенні кліно-ортостатичної проби відбулось зменшення частоти пульсу на 20 ударів за хвилину. Про що це свідчить?
- A. Про нормальну збудливість парасимпатичного відділу вегетативної нервової системи;
 - B. Про підвищення збудливості парасимпатичного відділу вегетативної нервової системи;
 - C. Про зниження збудливості парасимпатичного відділу вегетативної нервової системи.
26. Як проводиться холодова проба?
- A. До щоки пацієнта притуляють кусочки льоду;

- В. Пацієнт робить маленькі ковточки холодної води;
- С. Дистальні відділи кінцівок пацієнта опускають у холодну воду;
- Д. Проводять вимірювання температури шкіри у симетричних відділах тіла.

27. Функціональна проба для дослідження сили нервових процесів:

- А. тілт-тест;
- В. теппінг-тест;
- С. тест Мюстерберга.

28. У підлітків в порівнянні з дорослими, м'язова втома розвивається:

- А. швидше;
- В. повільніше;
- С. повільніше при виконанні статичних навантажень.

29. Фізіологічне призначення емоцій полягає:

- А. у «знятті» стресів;
- В. у мимовільному об'єднанні відділів ЦНС для кращої організації поведінки;
- С. у роз'єднанні окремих відділів ЦНС для кращої організації поведінки.

30. Європейська система комплексного тестування для оцінки фізичної підготовленості дітей та підлітків називається:

- А. ЮНІФІТ;
- В. ЄВРОФІТ;
- С. Президентські змагання;
- Д. PWC170.

Правильні відповіді на питання: 1-D, 2-C, 3-B, 4-D, 5-F, 6-A, 7-D, 8-A, 9-E, 10-B, 11-C, 12-C, 13-A, 14-C, 15-C, 16-A, 17-B, 18-A, 19-D, 20-B, 21-C, 22-A, 23-A, 24-D, 25-B, 26-C, 27-B, 28-A, 29-B, 30-B.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бен Отмен М., Нечитайло Ю.М. Діагностична цінність функціональних проб у визначенні стану кардіореспіраторної системи. *Здоров'я дитини*. 2022. №17(2). С. 95-98. DOI: 10.22141/2224-0551.17.2.2022.1501.
2. Бережний В.В., Романкевич І.В. Вивчення функціонального стану ендотелію за допомогою комплексу показників проби з реактивною гіперемією. *Сучасна педіатрія*. 2016. №2(74). С. 112-115. DOI: 10.15574/SP.2016.74.112.
3. Волошин О.С., Гуменюк Г.Б., Волошин М.В., Смрщок Ю.С., Зінковська Н.Г. Особливості функціонального стану організму осіб юнацького віку з різним резервом працездатності серця. *Здобутки клінічної і експериментальної медицини*. 2020. № 2. С. 70-76. DOI: 10.11603/1811-2471.2020.v.i2.11009.
4. Гаврелюк С.В., Левенець С.В., Боярчук О.Д. Основи нейрофізіології та вищої нервової діяльності: методичні рекомендації до лабораторних робіт. Луганськ: «ЛНУ імені Т. Шевченка», 2010. 54 с.
5. Дикий Б.В., Добра П.П. Методи об'єктивної оцінки ефективності реабілітаційних заходів при проведенні ЛФК: методичні рекомендації. Ужгород, 2013. 55 с.
6. Іонов І.А. Фізіологія вищої нервової діяльності (ВНД): навчальний посібник / І.А. Іонов, Т.Є. Комісова, А.В. Мамотенко, С.О. Шаповалов, О.М. Сукач, Н.Ф. Теремецька, О.О Катеринич. Х: ФОП Петров В.В., 2017. 143 с.
7. Квашніна Л.В., Ігнатова Т.Б. Профілактика порушень ендотеліальної функції у дітей у період переходу від здоров'я до синдрому вегетативної дисфункції. *Сучасна педіатрія*. 2016. №5 (77). С. 16-24. DOI: 10.15574/SP.2016.77.16.
8. Ковальчук Т.А., Лучишин Н.Ю. Рівень функціонування адаптаційних механізмів серцево-судинної системи в дітей із синкопе різного генезу. *Modern Pediatrics. Ukraine*. 2022. №3 (123). С. 16-26. DOI: 10.15574/SP.2022.123.16.
9. Кошева Л.О., Іванець О.Б. Особливості оцінювання медико-біологічних параметрів дихальної підсистеми організму людини. *Measurements infrastructure*. 2021. Vol. 1. С. 1-6. DOI: 10.33955/v1(2021)-004.

10. Луковська О.Л. Методи клінічних і функціональних досліджень в фізичній культурі та спорті: підручник / О.Л. Луковська. Дніпропетровськ: Журфонд, 2016. 310 с.
11. Майданник В.Г., Сміян О.І., Бинда Т.П., Савельєва-Кулик Н.О. Вегетативні дисфункції у дітей: навчальний посібник Суми: Сумський державний університет, 2014. 186 с.
12. Маліков М.В., Сватъєв А.В., Богдановська Н.В. Функціональна діагностика у фізичному вихованні і спорті: навчальний посібник. Запоріжжя: ЗДУ, 2006. 227 с.
13. Марушко Ю.В., Борисюк М.В. Спірометрія. Медична газета. Тематичний номер «Педіатрія». 2021. № 4 (60). С. 26–28.
14. Марушко Ю.В., Гищак Т.В. Велоергометрія у практичній медицині. Медична газета. Тематичний номер «Педіатрія» 2020. № 4 (55). С. 42–45.
15. Марушко Ю.В., Гищак Т.В. Проблема діагностики і корекції зниженої толерантності до фізичного навантаження у дітей шкільного віку Сучасна педіатрія. 2014. № 7(63). С. 34–40. DOI: 10.15574/SP.2014.63.34.
16. Наказ МОЗ України та МОН України від 20.07.2009 № 518/674 «Положення про медико-педагогічний контроль за фізичним вихованням учнів у загальноосвітніх навчальних закладах».
17. Настанова з кардіології/ За ред. В.М. Коваленка. К.: МОРІОН, 2009. 1368 с.
18. Невойт Г.В. Варіаційна пульсометрія як метод відображення системних інформаційних енергетичних процесів та оцінки функціонального стану людського організму при загальному клінічному обстеженні пацієнтів. Здобутки клінічної і експериментальної медицини. 2020. № 4. С. 135–139. DOI: 10.11603/1811-2471.2020.v.i4.11582.
19. Нечитайло Д.Ю., Міхєєва Т.М., Ковтюк Н.І. Особливості функціональних проб серцево-судинної системи у дітей з підвищеним рівнем артеріального тиску. Буковинський медичний вісник. 2019. Т. 23. № 4 (92). С. 86–92. DOI: 10.24061/2413-0737.XXIII.4.92.2019.94.

20. Орлик Н.А., Босенко А.І., Топчій М.С., Дишель Г.О. Динаміка фізичного розвитку юнаків 17-21 років впродовж періоду навчання у закладах вищої освіти. Вісник проблем біології і медицини. 2020. Вип. 2 (156). С. 386–391. DOI: 10.29254/2077-4214-2020-2-156-386-391.
21. Пархоменко Л.К., Страшок Л.А., Завеля Е.М., Ісакова М.Ю., Єщенко А.В. Здоров'я підлітків на шляху медичної реформи. Проблеми безперервної медичної освіти та науки. 2020. № 1 (37). С. 5–9. DOI: 10.31071/promedosvity2020.01.005.
22. Пархоменко Л.К., Страшок Л.А., Завеля Е.М., Ісакова М.Ю., Єщенко А.В. Оцінка фізичного та статевого розвитку підлітків в практиці сімейного лікаря. Східноєвропейський журнал внутрішньої та сімейної медицини. 2020. № 1. С. 1–12. DOI: 10.15407/internalmed2020.01.004.
23. Пархоменко Л.К., Страшок Л.А., Завеля Е.М., Ісакова М.Ю., Єщенко А.В. Гігієнічна оцінка та медичний контроль за фізичним вихованням підлітків: навчальний посібник. Харків: ХМАПО, 2020. 69 с.
24. Пархоменко Л.К., Страшок Л.А., Глібова Т.О., Завеля Е.М., Ісакова М.Ю., Єщенко А.В., Бузницька О.В., Бекетова Г.В., Богмат Л.Ф., Михайлова Е.А., Будрейко Е.А. Підліткова медицина: підручник. – Х.: Факт, 2014. – 864 с.
25. Плахтій П.Д., Босенко А.І., Макаренко А.В. Фізіологія фізичних вправ: підручник. Кам'янець-Подільський: ТОВ «Друкарня Рута». 2015. 268 с.
26. Скуратова Н.А. Методы функциональной диагностики в детской кардиологии: учеб.-метод. пособие. Гомель: ГомГМУ, 2018. 52 с.
27. Смиян А.И., Смиян Е.А., Хилько А.С. Современные методы диагностики функций миокарда в детском возрасте. Вісник СумДУ. Серія Медицина. 2009. Т. 2. № 2. С. 152–158.
28. Спортивна медицина: підручник / за заг. ред. В.М. Сокрута. Донецьк: «Каштан», 2013. 472 с.
29. Сучасні методи і засоби для визначення і діагностування емоційного стресу: монографія / за заг. ред. О.П. Мінцера. Вінниця: ВНТУ, 2010. 228 с.

30. Функціональна діагностика : підруч. / О.Й. Жарінов [та ін.]; за ред. О.Й. Жарінова, Ю.А. Іваніва, В.О. Куця. Київ: Четверта хвиля, 2018. 732 с.
31. Функціональні проби серцево-судинної системи в дитячій кардіології: метод. вказ. / упор. Г.С. Сенаторова, М.О. Гончарь, І.О. Саніна, О.Л. Онікієнко, О.І. Страшок. Харків: ХНМУ, 2014. 32 с.
32. Хоменко О.М., Дрегваль І.В. Практикум із курсу «Фізіологія сенсорних систем». Дніпро: РВВ ДНУ, 2018. 20 с.
33. Христова Т.Є. Тестування рухових здібностей школярів: курс лекцій. Мелітополь: ФОП Силаєва О.В., 2017. 48 с.
34. Шевченко Н.С., Богмат Л.Ф., Головка Т.А., Демьяненко М.В. Адаптационные возможности сердечно-сосудистой системы у детей с ревматическими заболеваниями и коморбидными состояниями. Патология. 2019. Т. 16. № 1(45). С. 99–105. DOI: 10.14739/2310-1237.2019.1.166395.
35. American Thoracic Society. Guidelines for the Six-Minute Walk Test. *Am J Respir Crit Care Med.* 2002. Vol 166 (1). P. 111–117, DOI: 10.1164/ajrccm.166.1.at1102.
36. Cibelle Andrade Lima, Armèle Dornelas de Andrade, Shirley Lima Campos, Daniella Cunha Brandão, Ianny Pereira Mourato, Murilo Carlos Amorim de Britto. Six-minute walk test as a determinant of the functional capacity of children and adolescents with cystic fibrosis: A systematic review. *Respiratory Medicine.* 2018. Vol. 137. P.83–88. DOI: 10.1016/j.rmed.2018.02.016.
37. Gibbons R.J., Balady G.J., Bricker J.T., Chaitman B.R., Fletcher G.F., Froelicher V.F., Mark D.B., McCallister B.D., Mooss A.N., O'Reilly M.G., Winters W.L. ACC/AHA 2002 Guideline Update for Exercise Testing: Summary Article A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines. *JACC.* 2002. Vol.40. – № 8. P. 1531–40. DOI: 10.1016/s0735-1097(02)02164-2.
38. Hengeveld VS, Van der Kamp MR, Thio BJ and Brannan JD. (2022) The Need for Testing. The Exercise Challenge Test to Disentangle Causes of Childhood

Exertional Dyspnea. *Front. Pediatr.* 2022. Vol. 9. P. 773–794. DOI: 10.3389/fped.2021.773794.

39. Janaina Cristina Scalco, Renata Martins, Patricia Morgana Rentz Keil, Anamaria Fleig Mayer, Camila Isabel Santos Schivinski. Psychometric properties of functional capacity tests in children and adolescents: systematic review. *Rev Paul Pediatr.* 2018. Vol. 36. №4. P. 500-510. DOI: 10.1590/1984-0462/;2018;36;4;00002.

40. Jean-Philippe Chaput, Juana Willumsen, Fiona Bull, Roger Chou, Ulf Ekelund, Joseph Firth Russell Jago, Francisco B. Ortega and Peter T. Katzmarzyk 2020 WHO guidelines on physical activity and sedentary behaviour for children and adolescents aged 5–17 years: summary of the evidence. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity.* 2020. Vol. 17. № 141 DOI: 10.1186/s12966-020-01037-z.

41. Mahlovanyy A.V., Hrynovets V.S., Kuninets O.B., Chervinska L.O., Hrynovets I.S., Mahlovana G.M., Ripetska O.R., Buchkovska A.Yu., Hysyk M.V. Bases of physical rehabilitation in medicine Lviv, 2019. 70p.

42. Minhas AS, Goerlich E, Corretti MC, Arbab-Zadeh A, Kelle S, Leucker T, Lerman A and Hays AG. Imaging Assessment of Endothelial Function: An Index of Cardiovascular Health. *Front. Cardiovasc. Med.* 2022 9:778762. DOI: 10.3389/fcvm.2022.778762.

43. Paolo T. Pianosi, Robert I. Liem, Robert G. McMurray, Frank J. Cerny, Bareket Falk, Han C.G. Kemper Maria Serratto. Exercise Testing: Value and Implications of Peak Oxygen Uptake Children (Basel). 2017 Jan. Vol. 4(1). № 6. DOI: 10.3390/children4010006.

44. Regina Guthold, Gretchen A Stevens, Leanne M Riley, Fiona C Bull. Global trends in insufficient physical activity among adolescents: a pooled analysis of 298 population-based surveys with 1,6 million participants. *Lancet Child Adolesc Health.* 2020. № 4. P. 23–35 DOI: 10.1016/S2352-4642(19)30323-2.

45. Sawyer S.M., Azzopardi P.S., Wickremarathne D., Patton G.C. The age of adolescence. *Lancet Child Adolesc Health.* Published Online January 17, 2018. DOI: 10.1016/S2352-4642(18)30022-1.

46. Stefan Kolimechkov. Physical fitness assessment in children and adolescents: a systematic review. *European Journal of Physical Education and Sport Science*. 2017. Vol. 3. № 4. P. 65–79. DOI: 10.5281/zenodo.495725.
47. Thea Fühner, Reinhold Kliegl, Fabian Arntz, Susi Kriemler, Urs Granacher. An Update on Secular Trends in Physical Fitness of Children and Adolescents from 1972 to 2015: A Systematic Review. *Sports Med*. 2021. № 51(2). P. 303–320. DOI: 10.1007/s40279-020-01373-x.
48. Thomas Rowland. *Cardiopulmonary Exercise Testing in Children and Adolescents*. American College of Sports Medicine North American Society for Pediatric Exercise Medicine (NASPEM). Human Kinetics Publishers. 2017. 288 p.
49. *Vegetative disorders: clinic, diagnosis, treatment* / ed. A.M. Wayne. – M.: LLC «Medical News Agency», 2003, 752.
50. Vera S. Hengeveld, Mattiënne R. van der Kamp, Boony J. Thio, John D. Brannan. The Need for Testing – The Exercise Challenge Test to Disentangle Causes of Childhood Exertional Dyspnea. *Front. Pediatr*. 06 January 2022 Sec. Children and Health. DOI: 10.3389/fped.2021.773794.
51. Vincent Morelli. *Adolescent Health Screening: An Update in the Age of Big Data*. Publisher Elsevier – Health Sciences Division. 2019. 274 p.