

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

МАЛІКОВ М.В., БОГДАНОВСЬКА Н.В. СВАТЬЄВ А.В.

ФУНКЦІОНАЛЬНА ДІАГНОСТИКА

У ФІЗИЧНОМУ ВИХОВАННІ І СПОРТІ

Навчальний посібник

*Рекомендовано
Міністерством освіти і науки України
як навчальний посібник для студентів
вищих навчальних закладів*

ЗАПОРІЖЖЯ 2006

УДК 796:616-072.7

Рецензенти:

доктор медичних наук, професор, завідувач кафедри
спортивної медицини і лікувальної фізкультури

Національного медичного університету імені О.О.Богомольця

В.А.Шаповалова

доктор медичних наук, професор Запорізького державного медичного
університету

В.І. Філімонов

доктор біологічних наук, професор Науково-дослідного інституту
фізичної культури та спорту

Г.В. Коробейніков

Рекомендовано Міністерством освіти і науки України

як навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів

Лист № від

Затверджено вченою радою Запорізького національного університету
(протокол №* від **.0*.2005 р.)

Маліков М.В., Свасьєв А.В., Богдановська Н.В.

Функціональна діагностика у фізичному вихованні і спорті:
Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів –
Запоріжжя: ЗДУ, 2006. – 227 с.

ISBN

У навчальному посібнику подано теоретичні відомості щодо основних методичних підходів до оцінки функціонального стану організму в процесі систематичних занять фізичною культурою і спортом. Для студентів, магістрів і аспірантів, що спеціалізуються в галузі функціональної діагностики, фізіології фізичних вправ і спортивній медицині.

УДК 159.938.2.:612 (075.8)

ISBN

© Запорізький національний університет, 2006

© Маліков М.В., Свасьєв А.В., Богдановська Н.В. 2006

ЗМІСТ

Перелік умовних позначень, символів, одиниць, скорочень і термінів.....		5
Вступ		7
Розділ I	Основні методи діагностики функціонального стану організму спортсмена	13
1.1	Методи діагностики функціонального стану серцево-судинної системи організму	13
1.1.1	Традиційні методи визначення інтегральних показників системи кровообігу	14
1.1.2	Розрахункові методи визначення інтегральних показників серцево-судинної системи організму	26
1.1.3	Нетрадиційні методи визначення функціонального стану серцево-судинної системи організму	31
1.1.4	Функціональні проби серцево-судинної системи організму спортсмена	34
1.2	Методи оцінки функціонального стану дихальної системи організму.....	38
1.2.1	Традиційні методи визначення інтегральних показників системи зовнішнього дихання	38
1.2.2	Розрахункові методи визначення інтегральних показників системи зовнішнього дихання	43
1.2.3	Функціональні проби системи зовнішнього дихання .	45
1.3	Методи оцінки функціонального стану нервової системи організму	47
1.3.1	Короткий огляд основних методичних підходів до оцінки функціонального стану ЦНС	47
1.3.2	Основні методичні підходи до оцінки функціонального стану периферичної нервової	

	системи.....	54
1.3.3	Огляд основних методичних підходів до оцінки функціонального стану вегетативної нервової системи.....	56
1.4	Методи оцінки функціонального стану нервово-м'язового апарату	61
1.5	Методи діагностики функціонального стану сенсорної системи організму	66
1.6	Методи функціональної діагностики вищої нервової діяльності (ВНД)	73
1.7	Методи діагностики адаптивних можливостей організму	79
1.8	Методи інтегральної оцінки фізичного здоров'я	86
Розділ II	Діагностика функціональної підготовленості організму спортсмена	93
2.1	Методи визначення алактатної анаеробної потужності і ємність організму	98
2.2	Методи визначення лактатної анаеробної потужності і ємність організму	104
2.3	Методи визначення аеробної потужності і ємності організму	111
2.4	Методи визначення рівня економічності системи енергозабезпечення м'язової діяльності	119
2.5	Методи визначення загальної метаболічної ємності організму.....	123
Висновки		128
Література		129
Додатки		134

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

Скорочена назва	Повна назва	Одиниці вимірювання
ПАРАМЕТРИ СЕРЦЕВО-СУДИННОЇ СИСТЕМИ		
АТс	артеріальний тиск систолічний	мм рт.ст.
АТд	артеріальний тиск діастолічний	мм рт.ст.
АТп	артеріальний тиск пульсовий	мм рт.ст.
АТср	артеріальний тиск середній	мм рт.ст.
ІРб	індекс Робінсона	у.о.
ІС	індекс Скібінського	у.о.
КЕК	коефіцієнт економічності кровообігу	у.о.
ХОК	хвилинний об'єм крові	л/хв
ПЯР	показник якості реакції	у.о.
СОК	систолічний об'єм крові	мл
ЧСС	частота серцевих скорочень	уд/хв
ПАРАМЕТРИ ДИХАЛЬНОЇ СИСТЕМИ		
нЖЕЛ	належна життєва ємність легень	л, мл
ДО	дихальний об'єм	л, мл
ЖЕЛ	життєва ємність легень	л, мл
ІГ	індекс гіпоксії	у.о.
МВЛ	максимальна вентиляція легень	л/хв
ХОД	хвилинний об'єм дихання	л/хв
Проба Штанге	час затримки дихання на вдиху	с
Проба Генчи	час затримки дихання на видиху	с
РД	резерв дихання	л, мл
РОВид	резервний об'єм видиху	л, мл
РОВд	резервний об'єм вдиху	л, мл
ЧД	частота дихання	к-ть разів за хвилину
фЖЕЛ	фактична життєва ємність легень	л, мл
ПАРАМЕТРИ ЗАГАЛЬНОЇ ФІЗИЧНОЇ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ		
ВЭС ₁₅₀	велоергометрична стандартна проба	Вт; кгм/хв
аРWC ₁₇₀	абсолютна загальна фізична працездатність	Вт; кгм/хв
вРWC ₁₇₀	відносна загальна фізична працездатність	Вт/кг; кгм/хв./кг
ІГСТ	індекс Гарвардського степ тесту	у.о.
ІПр	індекс працездатності	у.о.
ІП	індекс потужності	у.о.
ЗФП	загальна фізична підготовка	
ЗФПр	загальна фізична працездатність	
РФС	рівень фізичного стану	у.о.

ПАРАМЕТРИ ЗАГАЛЬНОЇ ВИТРИВАЛОСТІ		
аМСК	абсолютне максимальне споживання кисню	л/хв
вМСК	відносне максимальне споживання кисню	мл/хв/кг
ПАРАМЕТРИ ШВИДКІСНОЇ ВИТРИВАЛОСТІ		
АЛАКп	алактатна анаеробна потужність	вт/кг
АЛАКє	алактатна анаеробна ємність	у.о., ммоль/л
ПАРАМЕТРИ ШВИДКІСНО-СИЛОВОЇ ВИТРИВАЛОСТІ		
ЛАКп	лактатна анаеробна потужність	вт/кг
ЛАКє	лактатна анаеробна ємність	у.о., ммоль/л
ПАРАМЕТРИ ЕКОНОМІЧНОСТІ ЕНЕРГОЗАБЕСПЕЧЕННЯ		
ПАНО	поріг анаеробного обміну	% від МСК
ЧССпано	частота серцевих скорочень порогу анаеробного обміну	уд/хв
ПАРАМЕТРИ РЕЗЕРВНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ ОРГАНІЗМУ		
ЗМЄ	загальна метаболічна ємність	у.о.
РФП	рівень функціональної підготовленості	у.о.
ОДИНИЦІ ВИМІРЮВАННЯ		
кг	кілограми	
кгм/хв	кілограмометр в хвилину	
кгм/хв/кг	кілограмометр у хвилину на кілограм	
л	літр	
м	метр	
хв	хвилина	
мл	мілілітр	
с	секунда	
см	сантиметр	
мм рт.ст.	міліметрів ртутного стовпа	
уд/хв	ударів в хвилину	
у.о.	умовні одиниці	

ВСТУП

Функціональна діагностика... Як багато проведено експериментальних досліджень і опубліковано теоретичних матеріалів щодо вирішення означеної проблеми. Дійсно, перелік запропонованих різними авторами методів такий численний, що давно вже перевищує у декілька разів кількість фізіологічних систем організму, діагностиці стану яких власне і присвячено ці методичні підходи. Здавалося б означену проблему ґрунтовно й остаточно відпрацьовано як у теоретичному, так і в практичному аспекті. Проте, як не парадоксально, саме це питання продовжує привертати пильну увагу фахівців в області фізіології спорту, спортивної медицини, фізичної реабілітації, лікарсько-педагогічного контролю тощо.

В чому ж привабливість цієї проблеми і яка її специфіка у таких галузях суспільного життя, як фізична культура і спорт? Чому, нарешті, при достатньо могутньому методичному забезпеченні функціональної діагностики як науки, питання ефективного і, головне, доступного медико-біологічного контролю продовжує залишатися невирішеним?

У жодному випадку, не претендуючи на функції останньої інстанції, не можемо не відзначити один факт. Навіть побіжний аналіз матеріалу з проблеми функціональної діагностики, особливо в галузі фізичної культури і спорту, дозволив констатувати як істотну широту розроблених методичних підходів, з одного боку, так і значну їх розрізненість, відсутність чіткого алгоритму функціонального обстеження конкретного спортсмена, фізкультурника або просто людини, яка не займається ні фізичною культурою, ні спортом, з іншого.

В чому ж полягають основні завдання і специфіка функціональної діагностики у фізичному вихованні і спорті в цей час?

Відповідям на ці запитання і присвячено цей навчальний посібник.

Безперечно, діагностика функціонального стану організму під час занять фізичною культурою і спортом має важливе значення для оцінки ступеня впливу фізичних навантажень на організм, внесення відповідних коректувальних заходів у тому випадку, коли не вистачає його функціональних можливостей для адекватної відповіді на різні за об'ємом та інтенсивністю фізичні навантаження. Все це в цілому сприяє вирішенню головного завдання фізичної культури і спорту – оптимізації рівня здоров'я і досягненню високих спортивних результатів.

Серед численних визначень поняття “функціональна діагностика” найбільш влучним, на думку більшості дослідників, є таке: *функціональна діагностика – комплексна система аналітико-методичних підходів до визначення й оцінки функціонального стану органів і систем організму.*

Беручи до уваги це визначення, необхідно чітко розмежовувати особливості функціональної діагностики людей, які систематично займаються фізичною культурою і спортом. Більша кількість осіб даної категорії є практично здоровою, з цілком оптимальним функціональним станом основних фізіологічних систем.

У зв'язку з цим головними завданнями функціональної діагностики в галузі фізичного виховання і спорту є питання, пов'язані, перш за все, з оцінкою рівня розвитку таких функціональних компонентів, як фізична працездатність, функціональна підготовленість, загальні адаптивні можливості тощо.

Необхідно відзначити, що специфіка функціональної діагностики практично здорових людей передбачає надання оцінки не стільки характеру і ступеню порушення тієї або іншої системи, органу, скільки поточному рівню їх функціонування або функціональному резерву. Природно, що своєчасна реєстрація потенційних, резервних можливостей організму абсолютно необхідна

як для правильної організації тренувальних занять, так і для оптимального планування безпосередньо діяльності змагання.

Разом із тим, питання контролю за нормальним функціонуванням окремих систем і органів осіб, що займаються фізичною культурою і спортом, залишаються також надзвичайно важливими. Ні для кого не є секретом, що сьогодні тренувальні і змагальні навантаження виконуються на межі функціональних можливостей організму, внаслідок чого цілком реальними є явища фізичного перевантаження, недостатнього і неповного відновлення з логічною небезпекою виникнення перед- і патологічних змін в організмі.

Комплексний підхід до оцінки функціонального стану організму має величезне значення як на початку занять спортом, так і на різних етапах навчально-тренувального процесу і діяльності у змаганнях. На засадах цих досліджень фахівці в галузі спортивної фізіології, а також спортивні лікарі можуть зареєструвати не тільки позитивний вплив занять фізичними вправами, але і так звані донозологічні і навіть патологічні стани, які можуть виникнути при нераціональному плануванні об'єму й інтенсивності тренувальних навантажень. Очевидно, що в цьому випадку можуть бути рекомендовані заходи щодо корекції тренувального процесу з метою його оптимізації.

Вищезазначене дозволяє скласти певне уявлення про функціональну діагностику як предмет і про її специфіку в галузі фізичної культури і спорту.

Перш ніж перейти до висвітлення основних методичних підходів до оцінки функціонального стану різних фізіологічних систем організму у процесі систематичних занять фізичними вправами, слід зупинитися на деяких найбільш актуальних питаннях функціональної діагностики.

В першу чергу необхідно з'ясувати питання, пов'язані з

визначенням стану тренуваності того або іншого спортсмена. Не можна погодитися з думкою ряду авторів відносно того “...що стан тренуваності дотепер не має загальноприйнятого чіткого визначення і тому трактується мало не кожним автором по-своєму”. Дійсно, у комплексному обстеженні осіб, які займаються різними видами спорту, беруть участь різні фахівці, а саме: медики, фізіологи, психологи, біохіміки тощо. У кожного з цих дослідників існує власний підхід до визначення не стільки загального рівня тренуваності організму, скільки до оцінки функціонального стану певного, конкретного елемента стану тренуваності.

Для фізіологів першорядне значення мають питання, щодо рівня функціонування основних фізіологічних систем організму (апаратів кровообігу, зовнішнього дихання, центральної нервової системи тощо.), для медиків – аспекти, пов’язані із загальним станом здоров’я спортсменів, наявністю або відсутністю перед- і патологічних змін в організмі, для психологів неабиякого значення набуває психологічний стан спортсмена. Отже, ці фахівці розглядають стан тренуваності як інтегральне поняття, що охоплює високий рівень стану здоров’я, високий ступінь функціональної, технічної, тактичної і психологічної підготовленості. Образно кажучи, кожний із фахівців робить свою конкретну справу на благо загальної проблеми – об’єктивної оцінки поточного рівня тренуваності того або іншого спортсмена.

У зв’язку з цим є вельми різноманітними і завдання функціональної діагностики осіб, які займаються фізичною культурою і спортом. В цьому випадку ми маємо справу не з діагностикою стану окремої системи, органу, а з комплексною оцінкою функціонального стану і здоров’я спортсменів.

Разом із тим, функціональний стан не можна розглядати як синонім стану тренуваності спортсмену. На жаль, в науково-методичній літературі досить часто зустрічаються роботи, в яких цей стан визначається тільки поодиночі, навіть і за важливими,

функціональними параметрами - величиною адаптаційного потенціалу організму, ступенем координації рухів, рівнем молочної кислоти, концентрацією кортикостероїдних гормонів тощо.

Безумовно, всі означені показники мають важливе, але не основоположне значення для оцінки функціонального стану організму. Зведення сутності тренуваності, такого багатогранного і складного стану, до оцінки окремих параметрів, є не тільки даремним, але і небезпечним, оскільки в цьому випадку ігнорується необхідність комплексного підходу до визначення рівня тренуваності конкретного спортсмена.

Вочевидь, під час функціонального обстеження спортсмена визначається, перш за все, його функціональний стан, а не рівень тренуваності, залежний від комплексу інших чинників різної природи.

Не менше важливим у плані правильного розуміння мети і завдань функціональної діагностики є питання термінологічного характеру, зокрема, правомірності застосування деяких традиційних у спортивній медицині і фізіології понять. Досить часто деякі дослідники неправомірно ототожнюють процес “функціональної діагностики” із таким поняттям як тестування. Дійсно, у практиці функціональної діагностики є достатньо поширеним застосування різних функціональних тестів (проби з дозованими навантаженнями, ортостатичні проби, проби із затримкою дихання тощо), що сприяє отриманню об’єктивної інформації про поточний стан організму.

Разом із тим, необхідно дуже чітко розмежовувати мету функціональної діагностики як процесу та системи і мету функціонального тестування, яка є лише елементом даної системи і спрямована на оцінку конкретних складових загального функціонального стану організму (зокрема, потенційних або резервних можливостей того або іншого реципієнта).

Мета і завдання функціональної діагностики значно ширше,

оскільки вона вивчає не тільки початковий поточний рівень функціонального стану організму, його резервні можливості, але і шляхи пристосування окремих органів, систем і організму в цілому до того або іншого навантаження.

Не менш важливим є також правильне розуміння таких понять як “функціональні можливості організму” та “функціональні здібності організму”. Ряд фахівців дуже легко оперує цими поняттями під час оцінки рівня тренуваності спортсменів, підмінюють одне визначення іншим, не звертаючи уваги на те, що вони далеко не ідентичні. Необхідно враховувати діалектику взаємозв'язку термінів “функціональні можливості” і “функціональні здібності”. Можна мати високий рівень функціональних можливостей, але не досягати високих спортивних результатів через невисокі функціональні здібності, які розглядаються останнім часом як ступінь реалізації наявних функціональних можливостей організму. Дійсно, спортсмен, наприклад, може мати достатньо високий рівень можливостей (високі величини аеробних можливостей вМСК і аМСК), але низькі значення порогу анаеробного обміну (ПАНО). В цьому випадку можна констатувати і низький ступінь реалізації високих функціональних можливостей його організму, які є у розпорядженні спортсмена.

Останнім часом у практиці функціональної діагностики значна роль відводиться різним розрахунковим показникам, а також належним величинам тих або інших параметрів. В цей час розроблені методичні підходи до математичного розрахунку величин ряду найважливіших показників системи кровообігу, зовнішнього дихання, параметрів електрокардіограми тощо. Для розрахунку належних величин, які характеризують стан основних фізіологічних систем організму, існують спеціальні довідкові таблиці. Безумовно, використання розрахункових параметрів значно полегшує і скорочує час функціональних обстежень, що має важливе значення під час проведення оперативного медико-біологічного контролю. Належні ж

величини виступають як своєрідний ідеал, до якого “повинен” прагнути той або інший спортсмен.

Позитивна роль належних величин у функціональній діагностиці не викликає сумнівів і є продуктом прогресу в даній галузі наукових знань, особливо із застосуванням комп’ютерних технологій. Разом із тим, застосування їх повинне бути строго обґрунтовано, відповідати меті і завданням функціонального обстеження.

На жаль, все більш широке використання розрахункових і належних величин призвело до того, що їх почали безмежно модифікувати і “вдосконалювати”, підміняючи, тим самим, саму суть функціональних обстежень. Основним напрямом цих “модифікацій” слід визнати спроби численних дослідників скласти спеціальні шкали належних величин для спортсменів різної спеціалізації, рівня тренуваності тощо. Якщо введення рейтингових шкал щодо осіб, які займаються і не займаються спортом є правомірним, то розподілення спортсменів за рівнем тренуваності або ж спортивній спеціалізації остаточно приховує ефект впливу тренувальних дій на функціональний стан організму і зводить нанівець сам зміст медико-біологічного контролю.

У процесі обговорення найактуальніших проблем функціональної діагностики хотілося б зупинитися і на можливості застосування вже, здавалося б, застарілих експериментальних методик комплексних функціональних обстежень. Для фахівців у галузі фізичної культури і спорту вже давно безперечним є той факт, що зараз багато спортивних лікарів і фізіологів надмірно захопилися використанням найскладнішої і дорогої апаратури для оцінки функціонального стану і рівня тренуваності організму спортсмена. Так, найпотужніші мікроскопи, ультрасучасні біохімічні й електрофізіологічні прилади застосовуються під час реєстрації функціонування систем крові, кровообігу, дихання тощо. В той же час

практика засвідчує, що ефективність цих досліджень значно нижче за ті, в яких було використано старі методичні підходи, дивовижну свіжість яким додала наукова думка авторів. Всім, наприклад, відомий метод електрокардіографії, який використовується фахівцями мало не сотню років.

Проте саме на засадах цього методу С.А. Душаніну вдалося розробити методику, яка дозволяє точно й оперативно оцінити рівень функціональної підготовленості організму спортсмена, що дотепер не під силу багатьом фахівцям, які мають у своєму розпорядженні ультрамодернову апаратуру.

Не менш дискусійним питанням функціональної діагностики є також використання багатьма дослідниками у процесі функціонального обстеження фізичних навантажень “повністю” або “до знемоги”. Необхідність застосування такого роду навантажень експериментатори пояснюють їх важливістю під час оцінки граничних можливостей організму. Це дійсно так, але, на нашу думку, застосування виснажувальних тестуючих навантажень не тільки неправомірно, але і небезпечно.

Вочевидь, що фізичні навантаження “до межі”, “повністю”, “до знемоги”, дозволяючи визначити той або інший функціональний показник (наприклад, рівень лактату в крові і, отже, лактатну анаеробну ємність), значно ускладнюють проведення комплексного функціонального обстеження через необхідність елементарного відновлення реципієнта для подальших процедур.

Окрім цього, застосування таких фізичних навантажень може призвести до виникнення таких непередбачених ситуацій у процесі обстеження, як втрата свідомості, зупинка серця і навіть летальні результати. Накладення високих тестуючих навантажень на тренувальні, а також змагання, як правило, викликає негативну реакцію з боку спортсменів і тренерів як щодо конкретної функціональної проби, так і всієї системи функціонального

обстеження. У зв'язку з цим найперспективнішим напрямом є розробка методичних підходів до комплексного визначення функціональної підготовленості та рівня тренуваності організму з використанням нетривалих, щадних субмаксимальних навантажень.

В цьому розділі ми спробували з'ясувати думку найбільш відомих науковців щодо особливостей функціональної діагностики у фізичному вихованні і спорті, висвітлити власні погляди на найактуальніші проблеми означеної галузі наукових знань.

Більш докладні дані щодо особливостей функціональної діагностики осіб, які систематично займаються фізичною культурою і спортом, наведено в наступних розділах цього навчального посібника, який, ми сподіваємося, допоможе більш детально розібратися в такому складному процесі, як медико-біологічний контроль за станом осіб, які щоденно випробують фізичні навантаження різного об'єму й інтенсивності.

РОЗДІЛ І

ОСНОВНІ МЕТОДИ ДІАГНОСТИКИ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО СТАНУ ОРГАНІЗМУ СПОРТСМЕНА

1.1 Методи діагностики функціонального стану серцево-судинної системи організму

Оцінка функціонального стану серцево-судинної системи організму під час занять фізичною культурою і спортом має першочергове значення у зв'язку з величезною роллю даної системи у пристосуванні до фізичних навантажень різного характеру, оптимальному функціонуванні організму в найрізноманітніших за своїм змістом умовах тренувальної і змагальної діяльності.

Загальновідомо, що нормальне функціонування апарату кровообігу зумовлює роботу ряду інших фізіологічних систем, забезпечує ефективне використання енергетичного потенціалу організму, сприяє його якнайшвидшому відновленню і своєрідному виходу на якісно новий рівень функціонального стану.

Під час проведення функціональної діагностики стану системи кровообігу, перед спортивним фізіологом і лікарем неминує виникають питання, пов'язані з добором найбільш адекватних мети, завдань і методичних прийомів, а також із мінімальним відволіканням реципієнта від його тренувальної діяльності.

Цілком природно, що за допомогою, наприклад, телеметричних методів або поширеного в цей час Холтеровського моніторингу можна організувати достатньо ефективний контроль за станом серцево-судинної системи. Проте, в цьому випадку цілком імовірно своєрідне нашарування впливу м'язової діяльності на провідні функціональні показники (ЧСС, АТ, СОК, ХОК, ЕКГ тощо), у зв'язку з чим більшою

мірою можна говорити про характер їх реакції на навантаження, а не про реальні рівні функціонування системи кровообігу.

Ймовірно, більш об'єктивним буде комплексний підхід до оцінки функціонального стану серцево-судинної системи, а саме: проведення реєстрації основних фізіологічних параметрів системи кровообігу у стані відносного спокою в поєднанні з аналізом їх реакції на дозовані тестуючі навантаження.

Отже, комплекс методів оцінки функціонального стану серцево-судинної системи осіб, які систематично займаються фізичною культурою і спортом, може охоплювати:

1. традиційні методи визначення інтегральних показників системи кровообігу (ЧСС, АТ, СОК, ХОК, ШРПХ (швидкості розповсюдження пульсової хвилі), фаз серцевого циклу, ОШК (об'ємної швидкості кровотоку) - електро-, рео- фоно-, сфігмо-, полікардіографія, плетизмографія тощо;
2. розрахункові методи визначення інтегральних параметрів серцево-судинної системи;
3. нетрадиційні методи визначення функціонального стану серцево-судинної системи (варіаційна й амплітудна пульсометрія, баллістокардіографія, сейсмографія, ехокардіографія тощо;
4. функціональні проби системи кровообігу, за допомогою яких оцінюється тип реакції апарату кровообігу на дозоване фізичне навантаження, орто- і кліно-ортостатичні проби, що надають можливість оцінки функціонального стану вегетативної регуляції системи кровообігу).

Беручи до уваги той факт, що практично всі означені методи добре відомі і знайшли широке застосування в системі медико-біологічного контролю за функціональним станом осіб, які займаються фізичною культурою і спортом, ми вважаємо за необхідне, із метою дотримання логіки викладу навчального

матеріалу, привести короткий огляд цих методів.

1.1.1 Традиційні методи визначення інтегральних показників системи кровообігу

МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ АРТЕРІАЛЬНОГО ТИСКУ.

Величину артеріального тиску (АТ, мм рт.ст.) прийнято розглядати як гомеостатичний показник, у зв'язку з чим його відхилення в той або інший бік може свідчити про певні зміни в загальному функціональному стані організму. Так, наприклад, фізична робота, як правило, дещо знижує артеріальний тиск, але психічна напруга, навпаки, сприяє його збільшенню. У процесі охолодження і зниження атмосферного тиску спостерігається тенденція до підвищення АТ, а під час перегріву й підвищення атмосферного тиску, часто спостерігається деяке зниження величини означеного параметра. Істотно змінюється АТ при захворюваннях серцево-судинної й ендокринної систем. Відомо, наприклад, що підвищення артеріального тиску є основним симптомом захворювання при гіпертонічній хворобі, гострому дифузному нефриті, феохромоцитомі (пухлина надниркова). Пониження АТ є ознакою падіння серцевої діяльності й тону периферичних артерій. Це буває при гострих інфекційних захворюваннях, втратах крові, гострій судинній недостатності будь-якої етимології.

Традиційно виокремлюють такі основні види артеріального тиску, величини яких також традиційно виміряють за допомогою непрямого методу Н.С. Короткова з використанням тонометру і фонендоскопу:

- АТс – артеріальний тиск систолічний, мм рт.ст;
- АТд – артеріальний тиск діастолічний, мм рт.ст;
- АТп - пульсовий артеріальний тиск, який розраховується як різниця між величинами артеріального тиску систоли і діастоли, мм.рт.ст;

- АТср. – середній артеріальний тиск, який визначається за формулою:

$$\text{АТ ср.} = \text{АТд} + 0,33 \cdot \text{АТп}$$

Артеріальний тиск систолічний (АТс) є одним із найбільш інформативних функціональних параметрів і тонко відбиває зміни, пов'язані із станом його регуляторних ланок: периферичного судинного опору, активності симпатичного відділу вегетативної нервової системи, тонусом вазомоторного центру, силою серцевих скорочень, хвилинним об'ємом кровообігу. Згідно з останніми експериментальними даними, виявлення АТс >120 мм рт.ст. у жінок і >125 мм рт.ст. у чоловіків, пацієнта доцільно відносити до групи з чинником ризику порушення регуляції артеріального тиску. Критеріями зриву адаптації, незалежно від віку, слід вважати величини АТс >150 мм рт.ст. у жінок і >170 мм рт.ст. у чоловіків.

Артеріальний тиск діастолічний (АТд) залежить, у свою чергу, від тонусу дрібних і середніх судин і пов'язаний з активністю парасимпатичної іннервації та станом судинної стінки. Збільшення АТд понад 80 мм рт.ст. як у чоловіків, так і у жінок (у молодому віці понад 75 мм рт.ст.) слід вважати прогностично несприятливим. Критерієм зриву адаптації систем, що регулює рівень артеріального тиску діастолі, можна визначити АТд >95 мм рт.ст. у чоловіків і >85 мм рт.ст. у жінок.

ЕЛЕКТРОКАРДІОГРАФІЯ. Цей метод призначений для оцінки електричної активності серця (автоматизм, збудливість і провідність серцевого м'язу), поширений у цей час, отримав велику кількість різних модифікацій. Зазвичай, електрокардіограму (ЕКГ) записують в 12 відведеннях (в 6 від кінцівок - I, II, III, aVR, aVL, aVF і в 6 грудних – V₁ – V₆). На стандартній ЕКГ виділяють 5 основних зубців (P, Q, R, S, T) і 6 основних інтервалів (R-R, P-Q, Q-T, T-P, S-T, QRS).

Фізіологічне значення зубців, інтервалів і комплексів нормальної електрокардіограми відбито в таблиці 1.

Таблиця 1

Фізіологічне значення і кількісні значення зубців, інтервалів і комплексів нормальної електрокардіограми

№ п/п	Інтервали	Тривалість (с)	Фізіологічна інтерпретація
1	R-R	0,80 – 0,86	Відбиває тривалість серцевого циклу
2	P-Q	0,12 – 0,20	Відповідає часу від початку збудження передсердя до початку збудження шлуночків
3	Q-T	0,24 – 0,55	Відбиває процес розповсюдження і припинення збудження в міокарді шлуночків (електрична систола)
4	T-P	0,26 – 0,39	Відбиває стан спокою міокарду (діастола)
5	S-T	до 0,15	Відбиває фазу повного обхвату шлуночків збудженням
6	QRS	0,06 – 0,10	Відбиває час проведення збудження по міокарду шлуночків
№ п/п	Зубці	Вольтаж (мВ)	Фізіологічна інтерпретація
1	P	0,05 – 0,25	Відбиває процес збудження в міокарді передсердя
2	Q	0 – 0,3	Відбиває процес збудження внутрішньої поверхні шлуночків, міжшлуночкової перегородки, правого сосочкового м'яза, верхівки обох шлуночків і підстави правого
3	R	0,6 – 2,4	Відбиває поступове розповсюдження збудження по поверхні правого і лівого шлуночків до підстави лівого шлуночка
4	S	0 – 0,6	Відбиває закінчення періоду збудження обох шлуночків
5	T	0,3 – 0,5	Відбиває процес припинення збудження в міокарді шлуночків

У стандартних відведеннях аналіз ЕКГ проводять шляхом визначення показників за наступною схемою:

1. Тривалість серцевого циклу (R-R) у секундах (обчислюється середній показник вимірювань трьох циклів II відведення).
2. Частота серцевих скорочень (уд/хв). ЧСС = 60 / R-R.
3. Характер ритму серця: вважається правильним, якщо різниця між найбільшим і найменшим інтервалами R-R у II відведенні не перевищує 0,1 с. Ритм вважається неправильним, якщо

різниця більше 0,1 с. В другому випадку за наявності всіх зубців ЕКГ і правильної їх форми, неоднакова тривалість R-R у різних комплексах може бути пов'язана з нормальним явищем – дихальною аритмією. При цьому ритм передсердя і шлуночків однаковий, інтервали P-Q і QRS не подовжені. Не однакові в різних комплексах лише сегменти T-P.

4. Тривалість інтервалів у II відведенні:

- P-Q – від початку P до початку Q;
- Q-T – від початку Q до кінця T;
- T-P – від кінця T до початку P наступного комплексу;
- S-T – від початку S до початку T;
- QRS – від початку Q до кінця S.

5. Систолічний показник (СП) визначається за формулою:

$$\text{СП} = (\text{Q-T} / \text{R-R}) \cdot 100\%. \text{ В нормі він рівний } 35\text{-}45\%.$$

6. Вольтаж зубців P, Q, R, S, T у II відведенні.

7. Положення електричної осі серця (нормальне, вертикальне, горизонтальне). Визначають за наслідками вимірювань амплітуди зубців Q, R, S в першому і третьому стандартних відведеннях. Прийнято вважати нормальним положення середньої електричної осі серця під кутом від 30 до 69 градусів.

У зв'язку з важливим діагностичним значенням даного показника і недостатнім відбиттям у літературі методики його визначення, ми вважаємо за необхідне привести більш повний опис цієї методики.

Для визначення електричної осі серця проводять геометричні побудови в рівносторонньому трикутнику, який отримав назву *трикутника Ейнтховена* (рис.1). Кути цього трикутника, поверненого вершиною вниз, відповідають стандартним відведенням від правої (крапка А) і лівої (крапка В) рук, кут при вершині С (унизу) – відведенню від лівої ноги. На стороні АВ від середньої крапки (O_1) відкладають управо відрізок O_1X_1 , рівний сумі алгебраїчних амплітуд

Трикутник Ейнтховена

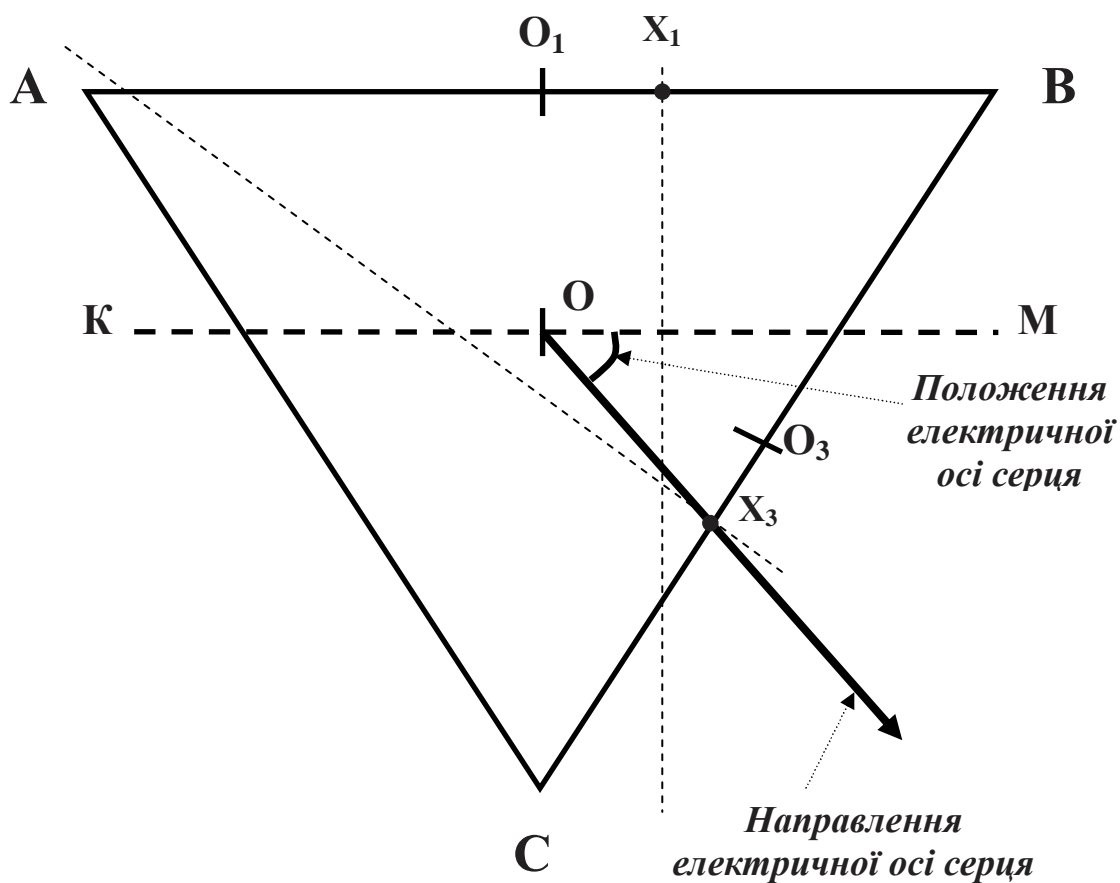


Рис. 1 Рівносторонній трикутник Ейнтховену для визначення електричної осі серця (подробіці методиці визначення наведені в тексті).

зубців Q, R і S, зміряних в першому стандартному відведенні: $O_1X_1 = R_1 - (Q_1+S_1)$. З крапки X_1 проводять перпендикуляр до сторони АВ. На стороні ВС від середньої крапки O_3 відкладають вниз відрізок O_3X_3 , рівний сумі алгебраїчних амплітуд тих самих зубців, зміряних у третьому стандартному відведенні: $O_3X_3 = R_3 - (Q_3+S_3)$. З крапки X_3 проводять перпендикуляр до ВС до перетину з перпендикуляром до АВ. Точка їх перетину (Е) – прикінцева точка електричної осі серця. Початковою її крапкою є центр трикутника (О). Відрізок лінії, сполучувальної крапки О і Е, відповідає шуканій середній електричній осі серця, а кут між ним і відрізком КМ, паралельним стороні АВ і проведеному через крапку О відбиває положення електричної осі серця.

Схема аналізу електрокардіограми свідчить про те, що одним із важливих показників, реєстрованих за допомогою методу електрокардіографії, є величина **частоти серцевих скорочень (ЧСС, уд/хв)**. Враховуючи значущість цього параметру для оперативної оцінки стану системи кровообігу, її реакції на фізичне навантаження під час дозування об'єму й інтенсивності м'язової діяльності, ми вважаємо за необхідне привести тут більш детальну характеристику означеного параметра.

Відомо, що частота серцевих скорочень, як інтегральний показник рівня функціонування системи кровообігу, підтримується в діапазоні нормальних значень завдяки діяльності безлічі компенсаторних механізмів.

В нормі величина ЧСС у здорових нетренованих чоловіків і жінок складає 60-70 уд/хв. Нормальні значення ЧСС для дітей різних вікових груп наведено в додатках. Основними відхиленнями ЧСС від норми є **синусна тахікардія** і **синусна брадикардія**.

В абсолютно здорових людей **синусна тахікардія** (збільшення ЧСС від 90 до 150-180 уд/хв при збереженні правильного синусного ритму) виникає під час фізичних навантажень і емоційної напруги.

Крім цього, причинами тахікардії можуть бути різного роду інфекції, токсичні дії, підвищення температури, серцева недостатність, ішемія, дистрофічні зміни в синоатріальному (СА) вузлі тощо.

Синусна брадикардія (зниження ЧСС до 40-59 уд/хв при збереженні правильного синусного ритму) серед здорових людей спостерігається найбільш часто у спортсменів. В патології синусна брадикардія зустрічається при деяких інфекціях (грип, черевний тиф), при інфаркті міокарду, підвищенні внутрічерепного тиску тощо.

Різновидом якісних змін ЧСС є **синусна аритмія** – неправильний синусний ритм, який характеризується періодами поступового почастишання і зменшення ритму. Частіше за все зустрічається дихальна синусна аритмія, при якій ЧСС збільшується на вдиху і зменшується на видиху.

Серед здорових нетренованих людей синусна дихальна аритмія найбільш характерна для осіб молодого віку, а також в період одужання (реконвалесценції) після інфекційних захворювань.

Синусна дихальна аритмія є досить поширеною серед молодих людей, хворих на нейроциркуляторну дистонію. Для спортсменів наявність синусної дихальної аритмії у стані відносного спокою деякими фахівцями розглядається навіть як показник високого рівня тренуваності - під час виконання фізичних навантажень це явище зникає.

Крім електрокардіографічного методу величину ЧСС визначають також пальпаторно. При цьому, великий палець або 2-4 будь-яких накладають на долонну поверхню передпліччя лівої руки, злегка притискують судину і підраховують кількість коливань артеріальної стінки за 10, 15 або 30 секунд із подальшим перекладом отриманого значення в кількість ударів за хвилину.

Продовжуючи аналіз основних положень методу електрокардіографії, слід зазначити, що на думку багатьох науковців, цей метод має широкі діагностичні можливості під час оцінки

функціонального стану серцево-судинної системи як практично здорових осіб, так і людей з ознаками захворювань апарату кровообігу, викликаними різними етіологічними чинниками, у тому числі нераціональними фізичними навантаженнями.

У зв'язку із зазначеним вище, ми вважаємо за необхідне привести електрофізіологічні ознаки ряду найпоширеніших захворювань серцево-судинної системи організму, адже в сучасних умовах спорту вищих досягнень зазвичай, поширені випадки не тільки перевтоми, перетренованості і перенапруження організму спортсменів, але й істотних патологічних змін системи кровообігу. Вочевидь, що знання цих особливостей є необхідними для фахівців у галузі спортивної фізіології та медицини щодо своєчасного виявлення несприятливих предпатологічних ознак та їх купірування терапевтичними, реабілітаційними і часто просто педагогічними заходами.

Екстрасистолія – передчасне позачергове збудження серця. У здорових людей екстрасистолія носить функціональний характер і може провокуватися різними вегетативними реакціями, емоційною напругою, курінням, зловживанням міцним чаєм, кавою, алкоголем тощо. Така екстрасистолія, як правило, не вимагає застосування спеціальних протиаритмічних препаратів і проходить самостійно після усунення дії провокуючих чинників. Більш серйозними є екстрасистолії органічного походження. Їх поява свідчить про глибокі зміни в серцевому м'язі у вигляді ішемії, дистрофії, некрозу або кардіосклерозу.

Як правило, виокремлюють два види екстрасистолії: передсердну і шлуночкову.

Основними електрокардіографічними ознаками **передсердної екстрасистолії** є:

- передчасна позачергова поява зубця Р і наступного за ним комплексу QRST;

- деформація або зміна полярності зубця Р екстрасистоли;
- наявність незмінного екстрасистолічного комплексу QRST, схожого за формою на звичайні нормальні комплекси QRST синусного походження;
- наявність після передсердної екстрасистоли неповної компенсаторної паузи.

Головними електрокардіографічними ознаками шлуночкової **екстрасистолії** є:

- передчасна позачергова поява на ЕКГ зміненого шлуночкового комплексу QRS;
- значне розширення і деформація екстрасистолічного комплексу QRS;
- відсутність перед шлуночковою екстрасистолічного зубця Р;
- наявність в більшості випадків після шлуночкової екстрасистоли повної компенсаторної паузи.

Пароксизмальна тахікардія – напад почастішання серцевих скорочень, який раптово починається і так само раптово закінчується. Частота скорочень може сягати кількості 140-250 уд/хв при збереженні в більшості випадків правильного регулярного ритму. Явище пароксизмальної тахікардії зустрічається у процесі формування електричної негомогенності різних ділянок серцевого м'яза та її провідної системи (при гострому інфаркті міокарду, хронічній ішемії, міокардиті тощо), а також у разі природжених аномалій провідної системи серця.

Аналогічно явищу екстрасистолії виокремлюють два види пароксизмальної тахікардії: передсердну і шлуночкову.

Основними електрокардіографічними ознаками **передсердної пароксизмальної тахікардії** є:

- напад почастішання серцевих скорочень, який раптово починається і так само раптово закінчується (до 140-250 уд/хв при збереженні правильного регулярного ритму);

- наявність перед кожним шлуночковим комплексом QRS пониженого, деформованого, двофазного або негативного зубця Р;
- нормальні незмінні шлуночкові комплекси QRS, схожі на QRS, які реєструвалися до виникнення нападу пароксизмальної тахікардії;
- в деяких випадках можливо подовження інтервалу P-Q або випадання окремих комплексів QRS.

Основними електрокардіографічними ознаками *шлуночкової пароксизмальної тахікардії* є:

- напад почастишання серцевих скорочень, що раптово починається і так само раптово закінчується (до 140-250 уд/хв при збереженні правильного регулярного ритму);
- деформація і розширення комплексу QRS більше 0,12 с;
- наявність атріовентрикулярної дисоціації, тобто повного неузгодження частого ритму шлуночків (комплексу QRS) і нормального ритму передсердя (зубець Р).

Ішемія міокарду характеризується короткочасним зменшенням кровопостачання в окремі ділянки міокарду, їх тимчасовою гіпоксією і скороминущими порушеннями метаболізму серцевого м'яза.

Істотними електрокардіографічними ознаками ішемії міокарду є:

- різноманітні зміни форми і полярності зубця Т в стандартних і грудних відведеннях;
- зсув сегменту RS-T вище або нижче ізолінії.

Стенокардія. Напад стенокардії виникає у осіб з ішемічною хворобою серця при короткочасному спазмі коронарних артерій або при гостро виниклому збільшенні потреби міокарду в кисні (при фізичних навантаженнях і після них, емоційній напрузі, підйомі артеріального тиску) і відсутності адекватного розширення змінених коронарних судин. Основними електрокардіографічними ознаками ішемії міокарду, який розвивається під час нападу стенокардії, є різноманітні “ішемічні зміни” зубця Т та (або) ішемічна депресія сегменту RS-T нижче ізолінії, яка швидко нормалізується після

купірування нападу стенокардії.

Крім вже зазначених, за допомогою електрокардіографії можна констатувати і таке важке захворювання як **інфаркт міокарду**, причому визначити стадію захворювання (свіжий, рубцюється рубець після перенесеного інфаркту), встановити топічний діагноз (передня, задня, бокова стінка серця, міжшлуночкова перегородка, верхівка серця), визначити глибину інфаркту (крізний, субендокардіальний, субепикардіальний, внутрискінковий) тощо.

Зміни ЕКГ згідно зі стадіями інфаркту міокарду можна розділити на такі 4 групи:

1. Перша стадія – передінфарктний стан (триває від кількох годин до 1-1,5 місяців). На ЕКГ виявляються ознаки зниження коронарного кровопостачання – відхилення інтервалів S-T донизу, слабо негативні зубці T.

2. Гостра стадія інфаркту міокарду (ішемія і некроз). Зміни на ЕКГ можуть виявитися під час больового нападу, або через 12-36 годин і триматися впродовж 1-7 діб. Для цієї стадії характерні: *глибокі зубці Q або QS, високе “стояння” інтервалів S-T, які спочатку зливаються з позитивними зубцями T, а потім -закружляються, і перехідні в негативні зубці T.*

3. Підгостра стадія інфаркту міокарду, що рубцюється. Триває від 5-7 тижнів до 6 місяців. Під час рубцювання на ЕКГ в динаміці інтервали S-T, які стояли в гострій стадії, поступово знижуються до ізолінії. Паралельно цьому, негативні зубці T заглиблюються, а наприкінці цього періоду знову зменшуються за глибиною.

4. Четверта стадія. Інфаркт міокарду у стадії рубця характеризується припиненням динамічних змін. При цьому зубці Q, як правило, зменшуються за глибиною, інтервали S-T стають строго ізоелектричними, зубець T – слабо негативним, а при обмежених за глибиною інфарктах – слабо позитивними.

РЕОГРАФІЯ. Для оцінки функціонального стану серцево-судинної системи досить часто використовується метод тетраполярної реографії. За допомогою цього методу експериментальним шляхом визначають такі важливі параметри центральної гемодинаміки, **як систолічний (СОК, мл) і хвилинний (ХОК, л/хв) об'єми крові.**

Систолічний і хвилинний об'єми крові представляють фізіологічні показники, які найбільш повно характеризують кровопостачання організму в цілому. Вони залежать від віку, статі, ваги людини, положення тіла у просторі, температури навколишнього середовища, рівня тренуваності тощо. В нормі величина СОК складає у дорослих здорових людей 50-70 мл, а ХОК – 3,5-5,5 л/хв (більш докладні дані щодо величин СОК і ХОК в осіб різного віку, статі і рівня тренуваності дивись у додатках).

Під час фізичних навантажень, як правило, спостерігається збільшення абсолютних значень СОК і ХОК. Змінюються ці параметри і при захворюваннях серця, що призводить до декомпенсації серцево-судинної системи, яка може супроводжуватися наприклад, вираженим зниженням ХОК. Нормалізація ж величин СОК і ХОК у процесі лікування або реабілітації може свідчити про ефективність терапевтичних і відновлювальних заходів.

Методика реєстрації реограми за допомогою методу реографії є такою: два електроди фіксуються на шиї, а два – на грудній клітці реципієнта на рівні мечовидного відростка. При цьому вимірювальні електроди розташовуються всередині по відношенню до струмових. Отримана крива (реограма) піддається аналізу, внаслідок чого розраховуються інтегральні показники системи кровообігу.

Так, величина систолічного об'єму крові розраховується за формулою, запропонованою М.І. Тіщенком і модифікованою Ю.Т. Пушкарем:

$$\text{СОК} = (0,45 \cdot Q^2 \cdot L \cdot Ad \cdot Tn) / Z^2$$

де Q – величина периметра грудної клітки, см; L – відстань між електродами напруги по передній поверхні грудної клітки, см; Ad – амплітуда систолічної хвилі диференціальної реограми від її нульової лінії до піку, Ом/с; $Tи$ – час вигнання, визначене відстанню між початком підйому диференціальної кривої до нижньої точки інцизури, с.; Z – базовий опір, визначуваний по шкалі реографа, Ом.

Величина хвилинного об'єму крові (ХОК, л/хв) визначається за формулою:

$$\text{ХОК} = \text{СОК} \cdot \text{ЧСС}$$

де СОК – величина систолічного об'єму крові, визначеного за допомогою методу тетраполярної реографії, мл, ЧСС – частота серцевих скорочень, уд/хв.

Зареєстровані за допомогою методу реографії величини СОК і ХОК уможливають обчислення ряду таких комплексних гемодинамічних показників:

- **Об'ємна швидкість вигнання крові:**

$$V_E = \text{СОК} / T_B$$

де V_E – об'ємна швидкість вигнання крові, мл/с; СОК – систолічний об'єм крові, мл; T_B – час вигнання, с.

- **Потужність лівого шлуночка:**

$$W = V_E \cdot \text{СДД} \cdot 133 \cdot 10^{-6}$$

де W – потужність лівого шлуночка, вт; V_E – об'ємна швидкість вигнання крові, мл/с; СДД – середній динамічний тиск, мм рт.ст.

- **Серцевий індекс:**

$$CI = \text{ХОК} / (\text{MT}^{0,425} \cdot \text{ДТ}^{0,725} \cdot 0,007184)$$

де СІ – серцевий індекс, л/хв/м²; ХОК - хвилинний об'єм кровообігу, л/хв; МТ – маса тіла, г; ДТ – довжина тіла, см.

В нормі величина СІ (еукінетичний тип регуляції) складає для здорових нетренованих людей 2,5–3,5 л/хв/м². Відхиленнями від норми вважаються гіокинетичний (менше 2,5 л/хв/м²) і гиперкінетичний (більше 3,5 л/хв/м²) типи регуляції. Більш докладні значення СІ для осіб різної статі, віку і рівня тренуваності наведені в додатках.

• **Ударний індекс:**

$$UI = COK / (MT^{0,425} \cdot DT^{0,725} \cdot 0,007184)$$

де UI – ударний індекс, мл/м²; СОК - систолічний об'єм крові, мл; МТ – маса тіла, г; ДТ – довжина тіла, см.

• **Загальний периферичний опір:**

$$ЗПО = ((АТд + 0,33 \cdot (АТс - АТд)) \cdot 1333 \cdot 60) / (ХОК \cdot 1000)$$

де ЗПО – загальний периферичний опір, дин • с • см^{-0,5};
АТд – артеріальний тиск діастолічний, мм рт.ст.;
АТс – артеріальний тиск систолічний, мм рт.ст.;
ХОК - хвилинний об'єм кровообігу, л/хв.

В нормі величина ЗПО складає у здорових нетренованих чоловіків 1400-2200 дин • с • см^{-0,5}, а у жінок – 1600-2400 дин • с • см^{-0,5}. Більш докладні дані щодо величин ЗПО у осіб різної статі, віку і рівня тренуваності наведені в додатках.

• **Питомий периферичний опір:**

$$ППО = ЗПО \cdot МТ^{0,425} \cdot ДТ^{0,725} \cdot 0,007184$$

де ППО – питомий периферичний опір, дин • с • см^{-0,5} • м²;
МТ – маса тіла, кг; ДТ – довжина тіла, с.

СФІГМОГРАФІЯ. За допомогою методу сфігмографії, заснованого на графічній реєстрації коливань артеріальної стінки, традиційно визначається *швидкість розповсюдження пульсової хвилі (ШРПХ)*, яка також є важливим діагностичним показником функціонального стану серцево-судинної системи організму.

У зв'язку з тим, що ШРПХ істотно залежить від таких параметрів як величина артеріального тиску (в основному діастолічного), в'язкість крові, стан навколишніх тканин, тонічна напруга гладкої мускулатури стінок артерій, цей метод уможливорює оцінювання не тільки даної функції, але і функціонального стану судин у цілому.

Реєстрована за допомогою цього методу крива (сфігмограма) є такою, що циклічно повторюється з кожним серцевим скороченням. Вона починається крутим підйомом (c-d), пов'язаним із кровонаповненням судини під час систоли серця і позначається як **анакрота** пульсової хвилі. Після крутого підйому відбувається більш тривалий спуск кривої – **катакрота**, яка уривається **інцизурою** (efg), яка відбиває механічні процеси, пов'язані із закриттям напівмісячного клапана аорти і частковим відтоком крові назад – услід за рухом клапанів. Проте рух крові назад до серця негайно ж зустрічає перешкоду: закриті напівмісячні клапани, які відбивають хвилю крові. Вона повертається, знов розтягуючи стінки судини (зубець q). Така форма пульсової кривої характерна для центральних сфігмограм, тоді як криві пульсу периферичних судин значно простіші.

Для оцінки функціонального стану крупних артеріальних судин пульсові датчики встановлюють на сонній артерії (на рівні верхнього краю щитовидного хряща), на променевій артерії (в точці промацування пульсу) і на стегновій артерії (середина пахової зв'язки). За відстанню між початками підйомів сфігмограм визначають запізнювання пульсової хвилі. За часом запізнювання пульсових кривих і за відстанню між крапками, із яких записуються

пульсові криві, визначається ШРПХ (швидкість розповсюдження пульсової хвилі) судинами м'язового типу (на ділянці сонна-променева артерія) і судинами еластичного типу (на ділянці сонна-стегнова артерії).

Швидкість розповсюдження пульсової хвилі розраховується за формулою:

$$\text{ШРПХ} = L / \Delta t$$

де ШРПХ – швидкість розповсюдження пульсової хвилі в аорті, см/с;

Δt – час розповсюдження пульсової хвилі, тобто час відставання пульсової хвилі в стегновій артерії по відношенню до виникнення її в сонній артерії; L – довжина аорти, що розраховується таким чином: $L = (L_1 - L_2)$. L_1 – відстань від вирізки грудини до пульсового датчика, розташованого на стегновій артерії; L_2 – відстань від тієї ж самої крапки до першого пульсового датчика, розташованого на сонній артерії.

ФОНОКАРДИОГРАФІЯ. Метод фонокардіографії, що являє собою графічну реєстрацію тонів і шумів серця, призначений для оцінки стану клапанного апарату серця, наявності в ньому органічних і неорганічних змін. Нормальна фонокардіограма (ФКГ) складається з коливаний I, II і нерідко III і IV тонів серця.

I тон складається з 6-10 коливаний загальною тривалістю від 0,12 до 0,14 секунди. Він складається з коливаний стулок митри і трикуспідального клапанів у момент їх закриття і передсердного компоненту, який дає низькочастотні коливання, розташовані на початку I тону.

II тон складається з 3-7 коливаний тривалістю 0,07-0,1 секунди. Перша частина II тону відповідає закриттю напівмісячних клапанів аорти, друга – закриттю клапанів легеневої артерії.

За II тоном слідує тривала *пауза діастолі*. Іноді в нормі на

фонокардіограмі утворюється **III тон серця** у вигляді невеликих низькочастотних коливань, наступних через 0,12-0,14 секунди від початку II тону. На верхівці серця амплітуда коливань II тону менше I, у підставі серця амплітуда коливань II тону перевищує амплітуду I тону. Сила тонів прямо пропорційна амплітуді коливань. В патологічних випадках на ФКГ реєструється посилення тонів, їх розщеплювання, шуми.

ПОЛІКАРДІОГРАФІЯ. Метод полікардіографії заснований на синхронному записі електрокардіограми, фонокардіограми, а також сфігмограми сонної артерії і використовується для аналізу фаз серцевого циклу. Фазовий аналіз серцевого циклу дозволяє проводити об'єктивну кількісну оцінку функціонального стану міокарду. За полікардіограмою визначають тривалість інтервалів:

- | | |
|-------------------------|------------------------------|
| а) R - R (по ЕКГ); | г) $z - f$ (по СФГ); |
| б) I - II тон (по ФКГ); | д) Q - I тон (по ЕКГ і ФКГ); |
| в) $z - e$ (по СФГ); | е) Q - T (по ЕКГ); |

Результати обстежень дозволяють отримати докладну інформацію про тривалість фаз серцевого циклу і величини міжфазових показників:

1. Тривалість серцевого циклу (С) = R - R.
2. Тривалість фази асинхронного скорочення (АС) = Q - I тон.
3. Тривалість фази ізометричного скорочення (ІС) = (I - II тон) - ($z - f$).
4. Тривалість періоду напруги (Т) = АС + ІС.
5. Тривалість періоду вигнання (Е) = $z - e$.
6. Тривалість механічної систоли (S_m) = ІС + Е.
7. Тривалість загальної систоли (S_o) = Т + Е.
8. Тривалість діастоли (Д) = $z - S_o$.
9. Тривалість протодіастоли (Р) = $e - f$.

10. Внутрішньосистолічний показник (ВСП) = $(E / S_M) \cdot 100\%$.
11. Індекс напруги міокарду (ІНМ) = $(T / S_0) \cdot 100\%$.
12. Початкова швидкість підвищення внутрішньошлуночкового тиску (V_1) = $(Pd - 5) / IC$, де Pd – тиск діастоли.
13. Швидкість спорожнення шлуночків (V_c) = (Q_s / E) , де Q_s – ударний об'єм крові лівого шлуночка.

1.1.2 Розрахункові методи визначення інтегральних показників серцево-судинної системи організму

Розрахункові методи визначення основних показників серцево-судинної системи застосовуються, в основному, під час проведення масових обстежень, коли у зв'язку зі значними витратами часу, використання більш тонких апаратурних методик є недоцільним. Окрім цього, дані методики застосовуються в системі медико-біологічного контролю за функціональним станом організму з метою отримання оперативної інформації про стан системи кровообігу.

Не дивлячись на об'єктивно меншу, порівняно з експериментальними методами, репрезентативність, розрахункові методи в цілому дозволяють отримати необхідну інформацію про стан провідних гемодинамічних параметрів і їх динаміку, зокрема, під час занять фізичною культурою і спортом.

Найбільш часто розрахунковим шляхом визначають такі показники, як систолічний і хвилинний об'єми крові (СОК і ХОК). Пояснюється це як досить високою трудомісткістю експериментального методу для їх визначення (тетраполярна грудна реографія), так і можливістю отримання максимальної інформації за обмежений період часу.

Для визначення величини СОК найбільш розповсюдженими є формули **Старра** (застосовується, в основному, для дорослих людей) і **Бомаш** (використовується у процесі обстеження дітей до 14 років).

Формула Старра: $СОК = 97,7 + 0,5 \cdot АТп - 0,6 \cdot АТд - 0,6 \cdot В$

Формула Бомаш: $СОК = 40 + 0,5 \cdot АТп - 0,6 \cdot АТд + 3,2 \cdot В$

де СОК – систолічний об'єм крові, мл; АТп – пульсовий артеріальний тиск, мм рт.ст.; АТд – діастолічний артеріальний тиск, мм рт.ст.; В – вік реципієнта, роки.

Не дивлячись на відносну точність вимірювань СОК за формулами Старра і Бомаш, вони уможлиблюють отримання інформації про середньогрупові значення даного показника, а також про характер його динамічних змін під впливом різних чинників.

Разом із тим, результати численних досліджень поставили під сумнів можливість використання наведених вище формул для розрахунку величин систолічного об'єму крові. Отримані за цими формулами величини СОК досить слабо корегували з такими показниками центральної гемодинаміки, визначеними експериментальним шляхом, як серцевий і ударний індекси (СІ й УІ), потужність роботи лівого шлуночка (Wлж), загальний і питомий периферичні опори (ЗПО і ППО) і практично не відбивали реальний рівень функціонування серцево-судинної системи організму. Крім цього, дивною виглядала відсутність у формулах Старра і Бомаш антропометричних даних конкретного реципієнта, хоча для всіх очевидний їх зв'язок з масою й об'ємом серця, а, отже, і з величиною систолічного об'єму крові.

У зв'язку з вищезазначеним, на засадах обстеження значного контингенту людей із застосуванням рівнянь множинної регресії, було розроблено власну методику визначення СОК з урахуванням антропометричних даних реципієнта і його основних функціональних показників (Маліков М.В., Богдановська Н.В., 2003).

В загальному вигляді запропонована нами для визначення величини систолічного об'єму крові (СОК) формула виглядає так:

$$СОК = 0,53 \cdot АТс + 0,617 \cdot ДТ + 0,231 \cdot МТ - 1,07 \cdot АТд - 0,698 \cdot В - 22,64$$

де СОК – систолічний об'єм крові, мл; АТс – артеріальний тиск систолічний, мм рт.ст.; ДТ – довжина тіла, см; МТ – маса тіла, кг; АТд – артеріальний тиск діастолічний, мм рт.ст.; В – вік, роки; 22,64; 1,07; 0,698; 0,617; 0,53 і 0,231 – коефіцієнти рівняння множинної регресії.

Експериментальна апробація розробленого нами методичного підходу до визначення значень СОК довела його високу репрезентативність і можливість використання в системі медико-біологічного контролю за функціональним станом центральної гемодинаміки осіб, які систематично займаються фізичною культурою і спортом.

Хвилинний об'єм кровотоку (ХОК) в більшості випадків визначають за такою формулою:

$$\text{ХОК} = \text{ЧСС} \cdot \text{СОК}$$

де ХОК – хвилинний об'єм крові, л/хв; ЧСС – частота серцевих скорочень, уд/хв; СОК – систолічний об'єм крові, мл.

Хочеться ще раз вказати на те, що основні нормативи величин СОК і ХОК для осіб різної статі, віку і рівня тренуваності надано в додатках цього посібника.

Під час діагностики поточного функціонального стану системи кровообігу досить часто користуються такими розрахунковими показниками, як відхилення фактичних величин артеріального тиску від належних.

Відхилення артеріального тиску систолічного (відх. АТ, мм рт.ст.) визначають за такими формулами (для чоловіків і для жінок):

$$\text{Відх. АТс} = \text{фАТс} - (91 + 0,5 \cdot \text{В} + 0,10 \cdot \text{МТ}) \text{ (для чоловіків)}$$

$$\text{Відх. АТс} = \text{фАТс} - (88 + 0,7 \cdot \text{В} + 0,15 \cdot \text{МТ}) \text{ (для жінок)}$$

де відх. АТс – величина відхилення фактичного значення

артеріального тиску систолічного від належного, мм рт.ст.; фАТс – фактична (реєстрована в цей момент часу) величина артеріального тиску систолічного, мм рт.ст.; В – вік, роки; МТ – маса тіла, кг.

Нормальні величини відх.АТс складають від 0 до 30 мм рт.ст.

Відх. АТд = фАТд – (58 + 0,10 • В + 0,15 • МТ) (для чоловіків)

Відх.АТд = фАТд – (62 + 0,17 • В + 0,10 • МТ) (для жінок)

де відх. АТд – величина відхилення фактичного значення артеріального тиску діастолічного від належного, мм рт.ст.; фАТд – фактична (реєстрована в цей момент часу) величина артеріального тиску діастолічного, мм рт.ст.; В – вік, роки; МТ – маса тіла, кг.

Нормальні величини відх.АТд складають від 0 до 30 мм рт.ст.

Досить поширеним розрахунковим параметром є також *коефіцієнт економічності системи кровообігу (КЕК, у.о.)*, величина якого визначається за такою формулою:

$$\text{КЕК} = \text{ЧСС} \cdot \text{АТп}$$

де КЕК – коефіцієнт економічності кровообігу, у.о.; ЧСС – частота серцевих скорочень, уд/хв; АТп – пульсовий артеріальний тиск, який розраховується як різниця між артеріальним тиском систолічним і діастолічним, мм рт.ст.

Низькі значення КЕК свідчать про високі потенційні можливості системи кровообігу. В нормі у здорових нетренованих чоловіків величина КЕК складає 2400-3200 у.о., а у жінок – 2600-3400 у.о. (більш докладні відомості щодо величин КЕК в осіб різної статі, віку і рівня тренуваності наведено в додатках.

Потужність роботи лівого шлуночка серця (Wлж, вт). Цей показник характеризує ефективність роботи серцевого м'яза і, певною мірою, рівень адаптованості серця до різних зовнішніх чинників,

зокрема, до фізичних навантажень.

Традиційно величину $W_{лж}$, визначають за формулою:

$$W_{лж} = ЧСС \cdot (АТс - АТд + 100) \cdot (АТс + АТд) / 2 \cdot 10^6$$

де $W_{лж}$ – потужність роботи лівого шлуночка, Вт; ЧСС – частота серцевих скорочень, уд/хв; АТс – артеріальний тиск систолічний, мм рт.ст.; АТд – артеріальний тиск діастолічний, мм рт.ст.

Нами було запропоновано власну формулу розрахунку величини потужності роботи лівого шлуночка серця (Маліков М.В., 2000), яка є результатом багаторічних досліджень багатьох науковців і відбиває кореляцію отриманих даних з експериментально отриманими результатами щодо функціонального стану системи центральної гемодинаміки. Згідно з розробленим нами методом, величину потужності роботи лівого шлуночка серця можна визначити за такою формулою:

$$W_{лж} = 4,99 \cdot A_{QRS}$$

де $W_{лж}$ – потужність роботи лівого шлуночка, Вт;
 A_{QRS} – амплітуда найбільшого комплексу QRS на електрокардіограмі, записаній у другому стандартному відведенні, мм

Об'єм серця (V_c). Величину цього показника, який має важливе діагностичне значення, також можна визначити розрахунковим шляхом за формулою:

$$V_c = 40 \cdot \sqrt{\frac{M}{ДТ}}$$

де V_c – об'єм серця, см³; М – маса тіла, г; ДТ – довжина тіла, см.

В нормі величина V_c у здорових чоловіків складає 720-800 см³, у жінок – 540-620 см³. Під впливом фізичних навантажень, особливо спрямованих на розвиток загальної витривалості, спостерігається

істотне зростання V_c . Більш докладні дані щодо величин V_c для осіб різної статі, віку і рівня тренуваності наведено в додатках.

Індекс Робінсона (подвійний добуток). Характеризує ефективність функціонування серцево-судинної системи і розраховується за такою формулою:

$$IP = ЧСС \cdot AT_c / 100$$

де IP – індекс Робінсона, у.о.; ЧСС – частота серцевих скорочень, уд/хв; AT_c – артеріальний тиск систолічний, мм рт.ст.

Нормативи значень IP для осіб різної статі, віку і рівня тренуваності наведено в додатках.

Коефіцієнт функціонального стану системи кровообігу (КФСсс, а.о.) і коефіцієнт функціонального стану кардіореспіраторної системи (КФСкр) (запропоновані Н.В.Дмитрієвою із співавт., 1991). Згідно з цією методикою, проводять запис електрокардіограми реципієнта, її аналіз і математичний розрахунок інтегральних показників (КФСсс і КФСкр) за такими формулами:

$$КФСсс = (PQ + QT) / R - R$$

де КФСсс – коефіцієнт функціонального стану серцево-судинної системи, у.о.; PQ, QT – інтервали електрокардіограми, с; R – R – тривалість серцевого циклу, с.

Норма КФСсс складає 0,580-0,655 у.о. Вихід значень КФСсс за межі цього інтервалу надає змогу дійти висновку про фізіологічно значущі зміни серцевої діяльності.

$$КФСкр = R - R / 60 \cdot (ЧД + (R - R))$$

де КФСкр – коефіцієнт функціонального стану кардіореспіраторної системи, у.о.; ЧД – частота дихання, к-ть за хвилину; R – R – тривалість серцевого циклу, с.

Норма КФСкр складає 0,171-0,211 у.о. Вихід значень КФСкр за межі цього інтервалу надає змогу дійти висновку про фізіологічно значущі зміни кардіореспіраторної функції.

1.1.3 Нетрадиційні методи визначення функціонального стану серцево-судинної системи організму

Серед методів цієї групи одне з провідних місць посідає **МЕТОД ВАРІАЦІЙНОЇ ПУЛЬСОМЕТРІЇ** або математичний аналіз серцевого ритму, який призначено для оцінки ступеня напруги механізмів регуляції системи кровообігу. Означений метод дозволяє оцінити ступінь напруги регуляторних механізмів серцево-судинної системи, яку науковці справедливо розглядають як основний індикатор реакції організму на комплекс зовнішніх дій.

У загальному виді систему управління серцевим ритмом можна представити у вигляді двох контурів регуляції – центрального й автономного. Звичайний (нормальний, середній) рівень функціонування фізіологічних систем забезпечується автономним контуром регуляції при мінімальній активації центральних механізмів управління. У процесі підвищення рівня функціонування організму (наприклад, при адаптації до несприятливих умов середовища) виникає необхідність все більш активного втручання центральних механізмів у діяльність автономних. При цьому, не дивлячись на збереження гомеостазу, адаптивне урівноваження організму із середовищем відбувається за рахунок зростання напруги процесів регуляції. Отже, чим більшою є напруга регуляторних механізмів, тим вищою буде ціна адаптації організму.

З метою отримання інформації, необхідної для математичного аналізу серцевого ритму (тобто для оцінки напруги регуляторних механізмів), проводиться безперервний запис ЕКГ у реципієнтів в II стандартному відведенні в перебігу 2-3 хвилин. Після вимірювання величини інтервалів R-R (в мм) (не менше 100 інтервалів) складається

динамічний ряд, який і піддається статистичній обробці, внаслідок чого розраховуються:

- **Мода (M_0 , с)**, часто зустрічається величина інтервалу R-R, яка відбиває вплив центрального контуру регуляції на автономний гуморальними каналами;

- **Амплітуда моди (AM_0 , %)** – число інтервалів R-R, відповідних значенням M_0 , яка виражена у відсотках і відбиває вплив центрального контуру на автономний нервовими каналами;

- **Варіаційний розмах (ΔX , с)** – різниця між максимальним і мінімальним значеннями інтервалів R-R, яка характеризує діяльність автономної регуляції ритму серця;

- **$AM_0/\Delta x$ або індекс вегетативної рівноваги (ІВР, у.о.)** – співвідношення між симпатичною і парасимпатичною регуляціями серцевого ритму;

Отримані дані дають змогу щодо розрахунку **індексу напруги (ІНссс, у.о.)**, який характеризує ступінь функціональної напруги регуляторних механізмів системи кровообігу:

$$\text{ІНссс} = AM_0 / 2 M_0 \cdot \Delta X$$

Згідно з отриманими кількісними значеннями ІНссс, виокремлюють такі функціональні стани системи регуляції серцевого ритму:

1. Норма. Величина ІНссс реєструється в межах від 50 до 200 у.о.

2. Дісрегуляція з переважанням активності симпатичного відділу вегетативної нервової системи. ІНссс ≥ 200 у.о. Спостерігається в осіб з пониженими резервними можливостями організму (після важких захворювань, перенапружень тощо), а також з пониженою здібністю до мобілізації функціонального резерву.

3. Дісрегуляція з переважанням активності парасимпатичного відділу вегетативної нервової системи.

Інссс ≤ 50 у.о. Спостерігається в осіб з помірною і вираженою брадикардією у випадках перенапруження, надмірного збудження підкіркових центрів, порушеннях метаболічних процесів унаслідок патологічних змін в організмі.

МЕТОД АМПЛІТУДНОЇ ПУЛЬСОМЕТРІЇ було розроблено нещодавно і призначено для оцінки ефективності функціонування системи кровообігу (Маліков М.В., 1999). Практична реалізація цього методу полягає в реєстрації електрокардіограми в другому стандартному відведенні й аналізі отриманих масивів кардіокомплексів QRS.

На основі статистичного аналізу певної вибірки амплітуд комплексів QRS (не менше 100), розраховуються такі показники:

- ***Moh* (мв)** – величина амплітуди комплексу, що часто зустрічається;

- ***AMoh* (%)** – відношення числа амплітуд комплексів, відповідних *Moh* до загального числа амплітуд, виражене у відсотках;

- ***ΔXh* (мв)** – різниця між максимальним і мінімальним значеннями амплітуд комплексів.

На основі вказаних параметрів розраховується ***показник ефективності роботи серця (ПЕРС, у.о.)***:

$$\text{ПЕРС} = \text{AMoh} \cdot \text{Moh} / 2 \cdot \Delta Xh$$

Оцінку ефективності функціонування серцево-судинної системи організму залежно від отриманих значень ПЕРС проводять за спеціальною шкалою, наведеною в таблиці 2.

Цілком природно, що запропонована нами методика амплітудної пульсометрії вимагала експериментального підтвердження своєї репрезентативності. Результати обстеження значного контингенту людей, які відрізнялись за такими показниками, як стать, зріст, соціальна приналежність, місце мешкання, рівень фізичної

підготовленості тощо дозволили констатувати достатньо високу інформативність методу амплітудної пульсометрії відносно оперативної діагностики рівня функціонування серцево-судинної системи організму.

Таблиця 2

Шкала оцінки рівня функціонування серцево-судинної системи організму за запропонованою нами методикою

№ п/п	Рівні функціонування серцево-судинної системи	Значення ПЕРС	
		7-18 років	20-45 і більше років
1	Низький	<65,79	<56,36
2	Нижче середнього	65,80-82,75	56,37-64,79
3	Середній	82,58-116,13	64,80-81,64
4	Вище середнього	116,14-132,9	81,65-90,06
5	Високий	>132,90	>90,06

МЕТОД БАЛІСТОКАРДІОГРАФІЇ дозволяє оцінити рівень зовнішньої роботи серця, виявити зміни енергетичних процесів у міокарді, які передують змінам метаболізму. Цей метод дає можливість зареєструвати саме початкові порушення координованості скорочень правих і лівих відділів серця, тобто ранні прояви порушення міокардіально-гемодинамічного гомеостазу, коли всі зміни ще пов'язані з процесами регуляції і немає енергетичних і, тим більше, метаболічних змін.

Для реєстрації *баллістокардіограми (БКГ)* застосовують спеціальний датчик, який є жорсткою конструкцією із об'єднаних плоскими пружинами двох майданчиків (верхнього і нижнього), між якими вмонтована електромагнітна система для перетворення механічних переміщень в електричні сигнали. Оцінка форми і дихальних варіацій комплексів БКГ дає цінну інформацію про міокардіально-гемодинамічний гомеостаз, тобто про співвідношення

між притоком і відтоком крові до відділів серця, силою і синхронністю скорочень правого і лівого шлуночків. Всього на баллістокардіограмі виокремлюють сім хвиль (чотири перших – Н, І, G, К – відповідають періоду систоли, а три останні - L, М, N – періоду діастоли роботи серця). Не вдаючись до складної фізіологічної інтерпретації кожної з названих хвиль, необхідно відзначити, що першочергова увага на баллістокардіограмі надається амплітуді комплексу IG. Амплітуди хвиль баллістокардіограми виражаються зазвичай, в міліметрах і у здорових людей мають певні співвідношення між собою. Хвиля Н не повинна бути більше 1/4 хвилі G. Хвиля І менше хвилі G, але більше хвилі Н. Хвиля К складає половину хвилі G. Хвиля L відповідає 1/3-1/4 хвилі G. Методом експертних оцінок виокремлюють БКГ з різним ступенем відхилення від норми.

1. Норма – під час видиху і вдиху співвідношення амплітуди хвиль є нормальним, тобто на видиху амплітуда комплексу IG на 20% менше ніж на вдиху;

2. 1-й ступінь порушень – амплітуда мінімальних комплексів на видиху на 40% менше ніж на вдиху;

3. 2-й ступінь порушень – амплітуда більшої частини комплексів IG на видиху менше 50% амплітуди IG на вдиху;

4. 3-й ступінь порушень – амплітуда комплексу IG на вдиху нижче за норму, а під час видиху знижується ще більше паралельно з деформацією хвиль;

5. 4-й ступінь порушень – усі хвилі різко деформовані і понижені як на вдиху, так і на видиху, важко піддаються диференціації.

Наявність БКГ з відхиленнями 2-го ступеня повинна розглядатись уже як чинник ризику розвитку дизадаптації серцевого насоса. При 4-у ступені БКГ слід говорити про зрив адаптації системи кровообігу.

1.1.4 Функціональні проби серцево-судинної системи організму спортсмена

Функціональні проби системи кровообігу посідають одне з провідних місць в системі діагностики її функціонального стану. За допомогою цих проб можна оцінити характер пристосованості системи кровообігу до виконання не тільки загальних фізичних навантажень, але і м'язових вправ певної спрямованості. Наприклад, дати оцінку характеру реакції серцево-судинної системи на фізичні навантаження швидкісної, швидкісно-силової спрямованості або навантаження, спрямовані на з'ясування витривалості.

Однією з найпоширеніших функціональних проб серцево-судинної системи, яка має неабияке значення для оцінки функціонального стану серцево-судинної системи, є проба Мартіне-Кушельовського.

Основу цієї проби складає реєстрація в реципієнтів ЧСС і АТ у стані відносного спокою ($ЧСС_1$, $АТ_1$), після дозованого фізичного навантаження у вигляді 20 присідань за 30 секунд ($ЧСС_2$, $АТ_2$) і через кожні 10 секунд 3-х хвилинного відновлювального періоду. Особливе значення мають величини ЧСС і АТ, реєстровані в наприкінці першої хвилини відновлення ($ЧСС_3$ і $АТ_3$). Простота, незначна кількість часу, витраченого на обстеження, а також достатньо висока інформативність роблять цю пробу однією з найбільш прийнятних для фахівців у галузі масових донозологічних обстежень.

Функціональна проба Мартіне-Кушельовського сприяє отриманню таких даних:

Тип і показник якості реакції (ПЯР) серцево-судинної системи на фізичне навантаження.

Показник якості реакції (ПЯР, у.о.) розраховується за такою формулою:

$$\text{ПЯР} = (АТ_{п2} - АТ_{п1}) / (ЧСС_2 - ЧСС_1)$$

де ПЯР – показник якості реакції, у.о.; АТ_{п1} – пульсовий артеріальний тиск до навантаження, мм рт.ст.; АТ_{п2} – пульсовий артеріальний тиск після навантаження, мм рт.ст.; ЧСС₁ – частота серцевих скорочень до навантаження, уд/хв; ЧСС₂ – частота серцевих скорочень після навантаження, уд/хв.

В нормі величина ПЯР складає від 0,5 до 1,0 у.о. Під час виходу значень ПЯР за межі цього інтервалу констатують несприятливий характер реакції системи кровообігу на певне фізичне навантаження.

Тип реакції серцево-судинної системи оцінюють на підставі порівняльного аналізу величин ЧСС і АТ, зареєстрованих у стані спокою (ЧСС₁ і АТ₁) і після дозованого фізичного навантаження (ЧСС₂ і АТ₂). Оцінюється також час відновлення цих параметрів. Виокремлюють такі типи реакції серцево-судинної системи організму на дозоване фізичне навантаження:

- **Нормотонічний.** ЧСС збільшується не більш, ніж на 100%. Систолічний тиск підвищується на 15-35 мм рт.ст., а діастолічний при цьому залишається постійним або знижується на 5-10 мм рт.ст.
- **Гіпертонічний.** ЧСС збільшується істотно (більш ніж на 100%). Артеріальний тиск систолічний і діастолічний підвищуються одночасно.
- **Гіпотонічний.** ЧСС зростає більш, ніж на 100%. Систолічний тиск дещо підвищується, а нерідко навіть знижується. Діастолічний тиск зменшується. Цей тип є характерним для серцевої недостатності, стану перевтоми, викликаного великим фізичним навантаженням, а також для осіб, які перенесли інфекційні захворювання (у реконвалесцентів).
- **Дістонічний (феномен “нескінченного тону”).** ЧСС підвищується більш, ніж на 100%. Систолічний тиск збільшується значно (до 200 мм рт.ст.), а діастолічний не прослуховується.

Спостерігається після виснажливих фізичних навантажень (особливо “форсованого характеру”), в осіб, які перенесли інфекційні захворювання, мають відхилення з боку нервової системи або підвищений артеріальний тиск, викликаний фізичним перенапруженням, у підлітків у період статевого дозрівання.

- **Реакція зі східчастим підйомом.** Характеризується істотним зростанням ЧСС, а також тим, що систолічний артеріальний тиск на 2-й або навіть 3-ій хвилині відновлення може бути вищим, ніж після дозованого навантаження. Зустрічається у разі ослабленої функціональної здатності серця, в осіб, які перенесли інфекційні захворювання, в осіб похилого віку під час швидкісної роботи.

Крім функціональної проби Мартіне-Кушельовського в перелік найбільш відомих функціональних проб серцево-судинної системи організму традиційно включається і **комбінована 3-х східчаста проба Летунова**, призначена для оцінки типу реакції системи кровообігу на фізичні навантаження різного характеру (дозовану у вигляді 20 присідань за 30 секунд, швидкісну – 15-и секундний біг у максимальному темпі, навантаження на витривалість – 3-х хвилинний біг на місці). Характер оцінки типу реакції системи кровообігу на конкретний вид фізичного навантаження ідентичний наведеному раніше - під час опису функціональної проби Мартіне-Кушельовського.

Орто- і кліно-ортостатичні проби застосовують для дослідження функціонального стану системи вегетативної регуляції апарату кровообігу. Проведення обох проб супроводжується зміною положення тіла реципієнта і порівняльним аналізом величин ЧСС і АТ, зареєстрованих до і після початку проби.

При **ортостатичній пробі** реципієнт з горизонтального положення переходить у вертикальне, після чого оцінюється ступінь збудливості і тонуусу симпатичного відділу вегетативної нервової

системи. При нормальній збудливості спостерігається підвищення ЧСС на 18-27% від початкової величини. Більш високі значення свідчать про підвищену (несприятливу) збудливість, яка спостерігається при гіпертиреозі, у реконвалесцентів, у спортсменів відразу після тренування, а також при перенапруженні і перетренованості. Для здорових і добре тренованих осіб приріст ЧСС зазвичай, не перевищує 10% від початкової величини цього показника. Артеріальний тиск при ортостатичній пробі в нормі зазнає незначних змін (АТс в межах ± 10 мм рт.ст., а АТд - ± 5 мм рт.ст.).

При **кліно-ортостатичній** пробі реципієнт, навпаки, переходить із вертикального в горизонтальне положення, внаслідок чого підвищується тонус парасимпатичного відділу вегетативної нервової системи. В нормі уповільнення пульсу при цьому не перевищує 6 ударів на хвилину.

Функціональні проби для оцінки стійкості серцево-судинної системи організму. У процесі занять фізичною культурою і спортом організм випробовує достатньо могутні навантаження емоційного характеру, що не завжди позитивно позначається на його функціональному стані. У зв'язку з цим, дуже важливою є своєчасна оцінка стресостійкості апарату кровообігу до різних, за своїм характером, зовнішніх дій. Вочевидь, що ця інформація необхідна для відповідного коректування функціонального стану організму, раціональної побудови тренувальних занять і, як наслідок, досягнення високих спортивних результатів.

Найпоширенішим методичним підходом до визначення стресостійкості системи кровообігу є методика розрахунку **показника реакції серцево-судинної системи на психоемоційний стрес** (ПРС, у.о.). Згідно з цим методом у реципієнта реєструють величину частоти серцевих скорочень у стані відносного спокою (ЧСС₁, уд/хв за 10 секунд) і після штучно створеного психоемоційного стресу (ЧСС₂, уд/хв за 10 секунд), який досягається тоді, коли реципієнту

пропонується вголос максимально швидко і правильно віднімати по цілому непарному числу з цілого непарного числа (наприклад, 5 з 333) упродовж 30 секунд.

Показник реакції серцево-судинної системи на психоемоційний стрес розраховують за такою формулою:

$$\text{ПРС} = \text{ЧСС}_2 / \text{ЧСС}_1$$

де ПРС - показник реакції серцево-судинної системи на психоемоційний стрес, у.о.; ЧСС₁ – частота серцевих скорочень в умовах відносного спокою, уд/хв за 10 секунд; ЧСС₂ – частота серцевих скорочень після штучно створеного психоемоційного стресу, уд/хв за 10 секунд.

Величини ПРС >1,3 у.о. свідчать про низький ступінь стресостійкості серцево-судинної системи до зовнішніх і внутрішніх дій різного характеру.

Висвітлені в цьому підрозділі основні методичні підходи до оцінки функціонального стану серцево-судинної системи організму є спробою авторів навчального посібника як систематизувати традиційні методи функціональної діагностики системи кровообігу, так і ознайомити з абсолютно новими методами функціонального дослідження однієї з провідних фізіологічних систем організму. Цілком природно, що тільки фахівцям в цій галузі наукових знань, спільно з практичними тренерами і спортсменами, відводиться головна роль у виборі відповідних методичних підходів, адекватних меті, завданням і особливостям навчально-тренувального процесу.

1.2 Методи оцінки функціонального стану дихальної системи організму

Дослідження функціонального стану системи зовнішнього дихання також є одним із провідних елементів програми медико-біологічного контролю за станом осіб, які систематично займаються

фізичною культурою і спортом. Пов'язано це із значною роллю системи дихання в пристосуванні організму до різних видів фізичних навантажень, формуванні найбільш адекватної реакції на різного роді дії.

Під час оцінки функціонального стану системи зовнішнього дихання традиційно використовують методи спірометрії або спірографії, пневмотахометрії, оксигеметрії, методи газового аналізу, ряд методик щодо визначення інтегральних параметрів системи зовнішнього дихання, а також різні функціональні проби.

1.2.1 Традиційні методи визначення інтегральних показників системи зовнішнього дихання

СПРОМЕТРІЯ. Визначення ряду функціональних показників дихальної системи методом спірометрії здійснюється за допомогою спеціальних приладів: повітряних або водних спірометрів. Застосування цього методу сприяє отриманню важливої інформації про величини провідних параметрів системи зовнішнього дихання, але характеризується відносною точністю.

Життєва ємність легенів (ЖЄЛ, в л або мл) – кількість повітря, яку реципієнт здатний видихнути після максимального вдиху. Важливо відзначити, що цей показник характеризує функціональні можливості органу зовнішнього дихання, а не його функціональний стан, як помилково вважають деякі дослідники. Структуру життєвої ємності легенів складають: дихальний об'єм, а також резервні об'єми вдиху (РОВд) і видиху (РОВид). В середньому у здорових нетренованих чоловіків величина ЖЄЛ складає 3,0–5,5 л, у жінок – 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 величини життєвої ємності легенів. Більш докладні відомості щодо значень ЖЄЛ в осіб різного віку, статі і рівня

тренуваності можна знайти в додатках цього навчального посібника.

Метод спірометрії передбачає визначення величини ЖЄЛ шляхом глибокого (повного) видиху в спірометр після передуючого йому максимального вдиху з навколишнього середовища.

Дихальний об'єм (ДО, в л або мл) – кількість повітря, яку реципієнт вдихає і видихає з кожним диханням. Цей показник істотно залежить від статі, віку, зросту, розвитку грудної клітки, рівня фізичної підготовленості і ряду інших чинників. В середньому у дорослих здорових нетренованих осіб величина ДО складає 300-600 мл. У спортсменів зазвичай, спостерігається деяке збільшення цього показника. Нерідко зміна ДО супроводжує ожиріння, поразки легень, недостатність кровообігу і деякі інші перед- і патологічні стани.

Метод спірометрії передбачає визначення величини дихального об'єму шляхом спокійного (звичайного) видиху в спірометр після попереднього спокійного вдиху з навколишнього середовища.

Резервний об'єм вдиху або об'єм додаткового вдиху (РОвд, в л або мл) – кількість повітря, яку реципієнт може додатково вдихнути після спокійного вдиху. Величина РОвд зазвичай, складає від 1,0 до 2,5 л і характеризує потенційні можливості системи зовнішнього дихання.

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

Резервний об'єм видиху або об'єм додаткового видиху (залишковий об'єм) (РОвид в л або мл) – кількість повітря, яку реципієнт може додатково видихнути після спокійного видиху. Метод характеризує потенційні можливості системи зовнішнього дихання.

В нормі величина РОвид складає 1,0–1,5 л.

Метод спірометрії передбачає реєстрацію величини РОвид шляхом глибокого видиху в спірометр після передуючого йому спокійного видиху в навколишнє середовище.

Максимальна вентиляція легенів (МВЛ, в л/хв або мл/хв) – кількість повітря, яка може пройти через дихальну систему за одну хвилину при максимально частому і максимально глибокому диханні реципієнта. Означений показник має важливе діагностичне значення, оскільки характеризує не тільки потенційні можливості апарату зовнішнього дихання, але і ступінь реалізації цих можливостей. В нормі величина МВЛ у дорослих здорових нетренованих чоловіків складає 80–230 л/хв, у жінок – 60–170 л/хв. Для осіб, які систематично займаються фізичною культурою і спортом, характерним є збільшення значень МВЛ.

Методом спірометрії величину МВЛ реєструють таким чином: реципієнт здійснює максимально часте і максимально глибоке дихання в спірометр упродовж 15 секунд. Отриманий результат помножують на 4 і набувають значення МВЛ в мл або л за 1 хвилину.

СПИРОГРАФІЯ. На жаль, за допомогою різного виду спірометрів можна зареєструвати тільки наведені вище функціональні показники системи зовнішнього дихання. Більш повну картину щодо функціональних можливостей і функціонального стану системи зовнішнього дихання можна отримати з використанням методу спірографії – графічної реєстрації дихальних рухів. Під час аналізу отриманої кривої (спірограми) можливий не тільки більш точний, порівняно з методом спірометрії, розрахунок наведених вище показників (ЖЄЛ, ДО, РОвд, РОвид, МВЛ), але і визначення таких параметрів, як частота дихання (ЧД), хвилинний об'єм дихання (ХОД), форсована величина життєвої ємності легенів (фЖЄЛ), резерв дихання (РД) і поточне споживання кисню в умовах відносного спокою (СК).

Частота дихання (ЧД, п/хв) – кількість дихальних рухів, здійснених реципієнтом за одну хвилину. В нормі у дорослих нетренованих осіб величина ЧД складає від 16 до 20 дихальних рухів на хвилину. У спортсменів часто спостерігається деяке зниження значень ЧД.

На спірограмі за певний проміжок часу (зазвичай, 15 або 30 секунд) підраховують кількість дихальних циклів і, шляхом помноження отриманих величин на, відповідно 4 і 2, набувають значення частоти дихання (ЧД) за одну хвилину.

Хвилинний об'єм дихання (ХОД, л/хв) – кількість повітря, яка проходить через дихальну систему під час звичайного спокійного дихання. У дорослих нетренованих осіб величина ХОД коливається в достатньо широких межах: від 4 до 8 л. Величина ХОД залежить від віку, статі реципієнтів, рівня їхньої функціональної підготовленості, а також від стану серцево-судинної системи, ЦНС (в першу чергу від збудливості дихального центру), порушень обміну тощо

У процесі використання спірографічного методу для розрахунку ХОД спочатку визначають значення ЧД і ДО (розраховують на основі аналізу амплітуди цього показника), а потім застосовують формулу:

$$\text{ХОД} = \text{ЧД} \cdot \text{ДО}$$

де ХОД – хвилинний об'єм дихання, л/хв; ЧД – частота дихання, п/хв; ДО – дихальний об'єм, л.

Форсована життєва ємність легенів (фЖЄЛ, л або мл) – кількість повітря, яку реципієнт може максимально швидко видихнути після глибокого вдиху. Визначають не тільки величину фЖЄЛ, але і час, за який реципієнт здійснює цю операцію. В нормі у здорових дорослих нетренованих людей цей час складає від 1,5 до 2,5 секунд, а саме значення фЖЄЛ не набагато відрізняється від фактичної ЖЄЛ. Величину фЖЄЛ і час форсованого видиху використовують для діагностики бронхіальної прохідності, що має

важливе значення для оцінки функціонального стану системи зовнішнього дихання в цілому.

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

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

Під резервом дихання іноді розуміють також різницю між величинами МВЛ і ХОД. Неабияке діагностичне значення при цьому має відношення цієї форми РД до максимальної вентиляції легенів, тобто має місце наступне співвідношення:

$$\text{РД} = 100 \cdot ((\text{МВЛ} - \text{ХОД}) / \text{МВЛ})$$

де РД – резерв дихання %; МВЛ – максимальна вентиляція легенів, л/хв; ХОД – хвилиний об'єм дихання, л/хв.

В нормі означене співвідношення складає 80-85%, зростання серцевої або легеневої недостатності сприяє зниженню цього відсотку, він досягає 50-55% при легеневій недостатності 2-ої і 3-їй ступені.

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

ПНЕВМАТАХОМЕТРІЯ. Цей метод сприяє визначенню *потужності вдиху* ($N_{вд}$, л/с) і *потужності видиху* ($N_{вид}$, л/с) реципієнта. Потужність видиху зазвичай, дещо більше потужність вдиху. У дорослого здорового нетренованого чоловіка $N_{вид}$ складає 5-8 л/с, а у жінок – 4-6 л/с. Погіршення функціонального стану системи зовнішнього дихання, а також ряд патологічних станів (наприклад, порушення бронхіальної прохідності, хронічні поразки легенів) призводить до зниження величин $N_{вид}$ і $N_{вд}$.

Для ефективного використання цього методичного підходу необхідною є наявність спеціального приладу – пневмотахометра, який складається з датчика і вимірювального блоку з манометром. Датчик є трубкою з діафрагмою. Під час форсованого вдиху або видиху по обидва боки трубки виникає різниця тиску, уловлювана диференціальним манометром. Величина цієї різниці пропорційна об'ємній швидкості руху повітря через трубку. Для визначення величин $N_{вид}$ і $N_{вд}$ реципієнту, поєднаному з пневмотахометром мундштуком, пропонується послідовно здійснити форсований видих і форсований вдих.

ОКСИГЕМОМЕТРІЯ. Цей метод слугує для визначення ступеня насичення киснем артеріальної крові. Для практичної реалізації методу оксигемометрії необхідний спеціальний прилад – оксигемометр. Він складається з датчика, закріпленого на мочці вуха і вимірювального елемента. Датчик містить фотоелемент і поєднаний з освітлювальною лампою, яка сприяє прогріванню шкіри і розширенню судин, а також пропускає через тканини вуха світло, яке сприймається фотоелементом і перетворюється в електричний струм. Зміни насичення крові киснем приводять до зміни кольору крові й інтенсивності світлового потоку, що пройшов через тканину вуха. Про кількісні зміни ступеня насичення крові киснем свідчить положення стрілки шкали приладу.

За допомогою методу оксигемометрії реєструють ступінь

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

МЕТОДИ ГАЗОВОГО АНАЛІЗУ. Оцінка кількості кисню і вуглекислого газу в артеріальній і венозній крові є досить цінним методом, який надає можливість скласти уявлення про різні види дихальної недостатності, яка, на жаль, є поширеним явищем не тільки серед хворих людей, але й осіб, які систематично піддаються дії високих фізичних навантажень. Сьогодні існує достатня кількість сучасних методичних підходів до визначення газового складу крові із застосуванням відповідної апаратури. В нормі ступінь насичення артеріальної крові киснем складає близько 95%.

При різних видах дихальної недостатності виникає так звана *артеріальна гіпоксемія* – недонасичення гемоглобіну артеріальної крові киснем через порушення газообміну в легенях або їх поразку. Тимчасова артеріальна гіпоксемія досить часто фіксується при гострих поразках дихального апарату (пневмонії, бронхіоліти тощо). У залежності від важкості несприятливих змін в дихальній системі ступінь насичення артеріальної крові киснем може знижуватися до 85-90%, а в деяких випадках до 60-70% і навіть 50%.

У разі важких поразок легенів може розвиватися також *артеріальна гіперкапнія* – істотне підвищення змісту вуглекислого газу у крові, що призводить до виникнення газового ацидозу.

1.2.2 Розрахункові методи визначення інтегральних показників системи зовнішнього дихання

Крім наведених вище методів важливе значення в діагностиці

поточного функціонального стану системи зовнішнього дихання має ряд розрахункових методів визначення інтегральних параметрів означеної системи.

Одним із перших розрахункових показників є *відхилення фактичної величини ЖЄЛ від належної ЖЄЛ (відх. ЖЄЛ, %)*.

$$\text{Відх. ЖЄЛ} = ((\text{фЖЄЛ} - \text{нЖЄЛ}) / \text{нЖЄЛ}) \cdot 100$$

де відх. ЖЄЛ – відхилення фактичної величини ЖЄЛ від належної, %; нЖЄЛ – величина належної ЖЄЛ, л; фЖЄЛ – фактична величина ЖЄЛ, л.

Для визначення величини відх. ЖЄЛ необхідно також розраховувати належні величини життєвої ємності легенів. Нами було проведено модифікацію відомих формул розрахунку нЖЄЛ за Антоні для реципієнтів різної статі, віку і фізичної підготовленості (Маліков М.В., Сватъев А.В., 2003), внаслідок чого було запропоновано розрахунок величини відхилення ЖЄЛ здійснювати за такими формулами:

Діти шкільного віку:

Хлопчики: нЖЄЛ = 40 • ДТ + 30 • МТ – 5100

Дівчатка: нЖЄЛ = 40 • ДТ + 10 • МТ – 4400

Дорослі нетреновані люди:

Чоловіки: нЖЄЛ = (27,63 – 0,122 • В) • ДТ – 500

Жінки: нЖЄЛ = (21,78 – 0,101 • В) • ДТ – 300

Дорослі треновані люди:

Чоловіки: нЖЄЛ = (27,63 – 0,122 • В) • ДТ

Жінки: нЖЄЛ = (21,78 – 0,101 • В) • ДТ

В усіх випадках нЖЄЛ – величина належної ЖЄЛ, мл; ДТ – довжина тіла, см; МТ – маса тіла, кг; В – вік, роки.

В нормі відхилення ЖЄЛ у здорових нетренованих осіб складає

-10–(-15%). У спортсменів відхилення ЖЄЛ практично завжди більше 0. Більш докладні відомості щодо величин відхилення фактичної ЖЄЛ від належної в осіб різної статі, віку і рівня тренуваності наведено в додатках.

Вентиляційний індекс (ВІ). Цей розрахунковий показник свого часу було запропоновано Гаррісоном. Вентиляційний індекс розглядається як відношення хвилинного об'єму дихання до життєвої ємності легенів. На думку більшості фахівців, значення ВІ можна визначити як критерій реалізації потенційних можливостей системи зовнішнього дихання конкретного реципієнта. Вочевидь, що це положення справедливо при достатньо високих величинах ЖЄЛ і ДО (відомо, що висока величина ХОД може визначатися як несприятливим підвищенням ЧД, так і більш оптимальним шляхом – за рахунок збільшення дихального об'єму).

В загальному виді формула для визначення значень вентиляційного індексу за Гаррісоном має такий вигляд:

$$VI = \text{ХОД} / \text{ЖЄЛ}$$

де ВІ – вентиляційний індекс Гаррісона, %; ХОД – хвилинний об'єм дихання, л/хв; ЖЄЛ – фактична життєва ємність легенів, л.

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

Належна величина максимальної вентиляції легенів (нМВЛ, мл). Цей показник є досить інформативним під час характеристики потенційних можливостей дихальної системи, особливо в умовах екстремальних зовнішніх дій. Серед достатньо великої кількості розрахункових методик визначення нМВЛ найбільше розповсюдження отримала формула Пібоді в модифікації А.Г.Дембо, згідно з якою:

нМВЛ = 11,5 • ЖЄЛ (для осіб молодше 45 років)

нМВЛ = 17,5 • ЖЄЛ (для осіб старше 45 років)

В обох формулах нМВЛ – належна величина максимальної вентиляції легенів, мл; ЖЄЛ – фактична життєва ємність легенів, мл.

Отримані значення нМВЛ зазвичай, порівнюють з величинами МВЛ, зареєстрованими експериментальним шляхом і доходять висновків щодо потенційних можливостей системи зовнішнього дихання.

Індекс гіпоксії (ІГ). Цей розрахунковий показник характеризує ступінь стійкості організму до дефіциту кисню. У спортивній функціональній діагностиці індекс гіпоксії набуває важливого значення у процесі обстеження спортсменів, які виконують фізичні навантаження з великою кисневою заборгованістю (дистанції спринтів в циклічних видах спорту, деякі види спортивних ігор тощо).

Традиційно величину індексу гіпоксії розраховують за такою формулою:

$$\text{ІГ} = \text{Твид.} / \text{ЧСС}$$

де ІГ – індекс гіпоксії, у.о.; Твид. – час затримки дихання на видиху, с.; ЧСС – частота серцевих скорочень, уд/хв.

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

Більш докладні відомості щодо значень індексу гіпоксії у представників різної статі, віку і рівня тренуваності відбито в додатках.

Індекс Скібінського (ІС). На думку більшості фахівців, індекс

Скібінського характеризує не тільки потенційні можливості системи зовнішнього дихання, її стійкість до гіпоксії, але і, певною мірою, рівень узгодженості функціонування з системою кровообігу.

Формула для розрахунку індексу Скібінського має такий вигляд:

$$IC = ЖЄЛ \cdot T_{вид} / ЧСС$$

де IC – індекс Скібінського, у.о.; ЖЄЛ – фактична величина життєвої ємності легенів, мл; T_{вид} – час затримки дихання на видиху, с.; ЧСС – частота серцевих скорочень, уд/хв.

В нормі у здорових нетренованих чоловіків значення IC складає 2500–3900 у.о., у жінок - 1500–2900 у.о. В осіб, які систематично займаються фізичною культурою і спортом, спостерігаються більш високі величини індексу Скібінського: серед чоловіків - 3500–4900 у.о., серед жінок - 3000–4400 у.о. Більш докладні відомості щодо значень індексу Скібінського у представників різної статі, віку і рівня тренуваності наведено в додатках.

1.2.3 Функціональні проби системи зовнішнього дихання

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

Найбільш розповсюдженими є функціональні проби із затримкою дихання на вдиху (*проба Штанге*) і на видиху (*проба Генчі*). В обох випадках реєструється максимально можливий час затримки дихання (відповідно T_{вд.} і T_{вид.}). Означені проби

дозволяють оцінити ступінь стійкості системи зовнішнього дихання до умов дефіциту кисню.

Під час проведення функціональної проби Штанге реципієнту, який знаходиться в положенні сидячи, після глибокого видиху пропонується зробити глибокий вдих і затримати дихання на максимальний час. Задля запобігання виходу певної частини повітря через ніс реципієнта, застосовуються спеціальні гумові затиски. Результат затримки дихання фіксується секундоміром.

Аналогічно проводиться і функціональна проба Генчі. Відмінність полягає лише в тому, що після глибокого вдиху реципієнт робить глибокий видих і затримує дихання в цьому положенні. Також фіксується час затримки дихання (Твид.).

В нормі час затримки дихання на вдиху (Твд.) і видиху (Твид.) складає у здорових дорослих нетренованих чоловіків відповідно не менше 50-60 с і 30-40 с, у жінок – не менше 40-50 с і 20-30 с. Підвищення абсолютних значень цих параметрів спостерігається при підвищенні тренованості апарату зовнішнього дихання, його стійкості до гіпоксії і гіпоксемії, що найбільш часто реєструється у людей, які систематично займаються фізичною культурою і спортом.

Крім наведених функціональних проб, широке розповсюдження серед фахівців, які досліджують функціональний стан системи зовнішнього дихання, отримала також **проба Розенталя**, яка дозволяє оцінити ступінь тренованості апарату зовнішнього дихання. Згідно з цією пробою, у реципієнта 5 разів з інтервалом в 30 с визначаються величини життєвої ємності легенів, реєструється ЖЄЛ_{max} і ЖЄЛ_{min}, а також різниця між ними (ΔЖЄЛ) в л або мл. Норма ΔЖЄЛ складає від 100 до 200 мл. Більш низькі величини цього функціонального параметра свідчать про високий ступінь тренованості дихальної системи організму і, навпаки, більш високі – про зниження тренованості системи зовнішнього дихання.

Отже, ми запропонували систематизовані дані щодо найбільш

відомих і традиційних методів оцінки функціонального стану організму різних категорій людей, у тому числі і спортсменів різної спеціалізації та кваліфікації.

1.3. Методи оцінки функціонального стану нервової системи організму

У процесі систематичних занять фізичною культурою і спортом організм піддається дії фізичних навантажень різного характеру, що призводить до істотних змін функцій нервової системи. Загальновизнано, що саме нервова система, в першу чергу, реагує на комплекс зовнішніх дій, зокрема, на фізичні навантаження. У зв'язку з цим постійний контроль за характером функціональних змін в нервовій системі є необхідним для оцінки ефективності й оптимальності тренувальних занять, а також для їх своєчасної корекції.

В системі функціональної діагностики традиційно оцінюють функціональний стан центральної нервової системи (ЦНС), а також її вегетативного і периферичного відділів.

1.3.1 Короткий огляд основних методичних підходів до оцінки функціонального стану ЦНС

В літературі відбито велику кількість різних методичних підходів, їх різноманітних модифікацій до оцінки функціонального стану центральної нервової системи. Їх практичне використання передбачає необхідність урахування, в першу чергу, таких основних характеристик: ***збудливість нервової системи і швидкість проведення збудження***, а також ***силу, рухливість і врівноваженість нервових процесів***.

На думку багатьох науковців, за критерії ***збудливості центральної нервової системи і швидкості проведення збудження*** по ній можна вважати ***латентні періоди простої і складної***

сенсомоторної реакції.

Для визначення цих функціональних показників зазвичай, 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, або комбінації із них (задається експериментатором), реципієнт повинен максимально швидко зупинити електронний секундомір натисненням кнопки спеціального ключа. Зазвичай, пропонується декілька спроб (не менше 6), кращий і гірший результати відкидаються, а підсумковий розраховується як середнє з тих, що залишилися.

У процесі діагностики осіб, які систематично займаються фізичною культурою і спортом, як правило, реєструють латентний час як простої (**ЛЧПР, мс**), так і складної (**ЛЧСР, мс**) сенсомоторної реакції. Визначення останньої пов’язано з тим, що у процесі діяльності під час змагань постійно присутні моменти ситуаційного характеру, які вимагають від спортсменів дуже швидкого вибору найбільш оптимального рухового рішення.

Критерієм своєрідного рівня тренуваності нервової системи слугує різниця (**Δ ЛЧР, мс**), яка розраховується за такою формулою:

$$\Delta \text{ЛЧР} = \text{ЛЧСР} - \text{ЛЧПР}$$

де Δ ЛЧР – різниця між латентним часом складної і простої сенсомоторної реакції, мс; ЛЧСР – латентний час складної сенсомоторної реакції, мс; ЛЧПР – латентний час простої сенсомоторної реакції, мс.

Чим меншим є абсолютне значення Δ ЛЧР, тим вище здібності того або іншого реципієнта до швидкого вибору найбільш оптимального рішення в складних рухових ситуаціях. Збільшення Δ ЛЧР, подовження середнього часу сенсомоторної реакції, підвищення значень їх розкиду при повторних обстеженнях може

свідчити про погіршення функціонального стану ЦНС.

На жаль, в доступній нам літературі не вдалося знайти систематизованих даних щодо величин латентного часу сенсомоторної реакції у спортсменів різної спеціалізації і кваліфікації. Ймовірно, цей факт послугує підставою для проведення комплексних досліджень у цьому напрямі.

Як зазначалося вище, однією з найважливіших характеристик функціонального стану нервової системи є **сила нервових процесів**. Для реєстрації цього параметру також було запропоновано кілька методик, але ми зупинимося на найбільш ефективних.

Оригінальним є підхід до оцінки сили нервових процесів, запропонований Е.П.Льїним (**теппинг-тест**). Цей метод ґрунтується на реєстрації змін у часі максимального темпу рухів кисті: реципієнту пропонується упродовж 30 секунд обстеження підтримувати максимально можливий темп рухів кисті (для цього застосовуються спеціальні пристрої типу телеграфного ключа або арифмометра. У разі відсутності останніх застосовується графічний варіант тесту: звичайний лист паперу ділиться на 6 рівних квадратів, в яких реципієнт олівцем або ручкою повинен поставити максимальну кількість крапок). Незалежно від виду теппинг-тесту, фіксується кількість натиснень на пристрій або число проставлених в квадратах крапок за кожні 5 секунд роботи (усього 6 вимірювань), на основі чого будується крива працездатності реципієнта, і за її типом визначається сила нервових процесів. Згідно з методикою, виокремлюють такі типи кривих працездатності:

- **Опуклий тип. Сильна нервова система.** Максимальний темп рухів реєструється в перші 10-15 с, потім знижується (в деяких випадках нижче початкового).
- **Рівний тип. Середня сила нервової системи.** Максимальний темп рухів спостерігається впродовж всього періоду обстеження.

- **Низхідний тип. Слаба нервова система.** Максимальний темп рухів послідовно знижується вже з другого 5-секундного відрізка.
- **Увігнутий тип. Середньо-сильна нервова система.** Первинне зниження темпу рухів змінюється його наростанням аж до початкового рівня.
- **Проміжний тип. Середньо-слаба нервова система.** упродовж перші 10-15 с темп рухів утримується на одному рівні, а потім знижується.

Наведений метод дозволяє не тільки визначити силу нервових процесів, але і проводити своєрідне ранжирування реципієнтів при відносно однаковому типі кривих працездатності. В цілому методика теппинг-тесту має важливе значення в діагностиці функціонального стану ЦНС, виявленні перших ознак розумового і фізичного стомлення, що є важливою основою для корекції відповідних видів навантажень.

Під час комплексної оцінки функціонального стану нервової системи часто використовують такий показник, як **рухливість нервових процесів**. За справедливим твердженням Е.М. Казіна та ін. (2000): *“...Функціональна рухливість нервових процесів характеризує найвищий для певного індивіда рівень виконання роботи, що передбачає, разом із позитивними реакціями, і диференціювання, тобто екстрене перемикання дій, швидку почергову зміну процесів збудження і гальмування”*. На нашу думку, таке трактування поняття “функціональна рухливість” найбільш адекватно відбиває роль даного параметра в оцінці загального функціонального стану як звичайних, нетренованих людей, так і осіб, які систематично займаються фізичною культурою і спортом, характерною для яких є швидка зміна комплексу рухових дій. Безперечно, спортсмени з більш високою рухливістю нервових процесів володіють і більшою потенційною можливістю для оптимальної рухової діяльності в

конкретній ситуації і до досягнення більш високого спортивного результату.

В системі функціональної діагностики щодо стану нервової системи для оцінки ступеня рухливості нервових процесів найбільш часто використовується методика А.Е. Хильченка в модифікації Н.В. Макаренка та ін. (1975). Згадані вище методики надають достатньо об'єктивну інформацію щодо рухливості нервових процесів, але ступінь їх практичного використання обмежений у зв'язку з необхідністю застосування спеціальної апаратури. Більш простим і, отже, набагато більш доступним методом реєстрації рухливості нервових процесів є **метод мовної асоціації**, коли реципієнту пред'являється список з 20 іменників, на які він якнайшвидше повинен дати асоціативну відповідь (наприклад, “кішка – собака”). Реєструється правильність відповіді, а також час від вимовляння слова експериментатором до відповіді реципієнтом (латентний час “мовної реакції”). Інтерпретують отримані дані так:

- **висока рухливість нервових процесів.** Латентний час не менше 15 з двадцяти відповідей не перевищує 3 с;
- **низька рухливість нервових процесів.** Латентний час не менше 15 з двадцяти відповідей перевищує 3 с;
- **середня рухливість нервових процесів.** Відсутні обидві наведені вище ситуації.

На нашу думку, простота і висока інформативність методу мовної асоціації роблять цей несправедливо забутий методичний підхід перспективним для практичного використання в загальній системі функціональної діагностики.

Не менш важливим параметром функціонального стану нервової системи, який має важливе значення в системі функціональної діагностики фізкультурників і спортсменів є **врівноваженість нервових процесів** або характер співвідношення процесів збудження і гальмування.

Цей показник добре характеризує передстартові стани організму (передстартова апатія, передстартова лихоманка і бойова готовність), які зумовлюють, у свою чергу, якісні і кількісні характеристики виконання власне фізичних вправ в тому або іншому виді спорту безпосередньо під час змагань. Вочевидь, що знання індивідуальної врівноваженості нервових процесів на початкових етапах тренувального процесу сприяє її подальшій корекції.

Досить поширеним методом оцінки врівноваженості нервових процесів, хоча і достатньо складним в практичному відношенні, є *методика РОР (реакція на об'єкт, що рухається)*. Для роботи з цим методом необхідна наявність спеціального приладу (наприклад, ІРД-2). Критерієм оцінки РОР є правильна оцінка реципієнтом моменту руху певної крапки у просторі. Застосовується метод РОР так: на екран приладу подається сигнал у виді миготливої крапки, після переміщення якої реципієнт повинен зупинити її в раніше визначеному місці. У процесі обстеження одного реципієнта йому пропонується виконати близько 20 спроб.

Для оцінки РОР розраховують:

- *середній час реакції (T , с)* як відношення часу всіх реакцій без урахування характеру відхилень від запропонованого завдання (*зупинка крапки в чітко визначеному місці*) 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 ($T_{вп.}$, с);*

- *сумарний час реакцій, що запізнюються ($T_{зап.}$, с).*

Домінування випереджаючих реакцій надає змогу дійти

висновку про переважання у конкретного реципієнта процесів збудження і, навпаки. Оптимальним вважається відносно рівне співвідношення випереджальних і спізнених реакцій, а також близькі один до одного значення їх сумарного часу.

Ми вже згадували про те, що методика POP є, мабуть, найточнішим методичним підходом до оцінки ступеня врівноваженості нервової системи. Разом із тим, необхідність спеціального устаткування і досвіду інтерпретації отриманих даних пояснює відносну непопулярність цієї методики серед більшості фахівців із функціональної діагностики, як працюють в галузі фізичної культури і спорту.

Серед найдоступніших методичних підходів до оцінки ступеня врівноваженості нервових процесів слід відзначити методики, які засновані на реєстрації відтворності подразників, які пред'являються реципієнту, частіше за все зорових, а також точність оцінки коротких інтервалів часу.

Згідно з *методами відтворності* (існує велика кількість їх модифікацій) реципієнту на певний час (2-3 с) пред'являється горизонтально накреслена на листі паперу лінія завдовжки 50 мм. Після її експозиції реципієнт на чистому листі паперу повинен відтворити побачену їм раніше лінію. Експозиції проводять не менше 5 разів з інтервалом в 20-30 секунд. У разі переважання тенденції до подовження ліній у реципієнта констатують переважання процесів збудження, при тенденції до укорочення ліній – переважання процесів гальмування.

Під час використання *методу точності оцінки коротких інтервалів часу* реципієнту, після попереднього тренування, пропонується оцінити за переверненому шкалою вниз секундомірі інтервали часу в 15, 30 і 60 секунд. За кожним тимчасовим інтервалом проводиться по 5 спроб. У всіх випадках реєструють такі показники:

- **середня величина відхилень** від заданого інтервалу (15, 30 або 60 секунд) випереджаючого характеру за п'ятьма вимірами ($\Delta T_{вп.}$, с);

- **середня величина відхилень** від заданого інтервалу (15, 30 або 60 секунд) характеру, що запізнюється, за п'ятьма вимірами ($\Delta T_{зап.}$, с);

- **загальна кількість випереджаючих реакцій** для конкретного тимчасового інтервалу;

- **загальна кількість реакцій, що запізнюються**, для конкретного тимчасового інтервалу;

У випадку, коли у реципієнта величини $\Delta T_{вп.}$ і $\Delta T_{зап.}$ наближаються до нуля, а кількість випереджаючих і спізнених реакцій однакова, констатують урівноваженість нервової системи. При більш високих значеннях $\Delta T_{вп.}$ і кількості випереджаючих реакцій реєструють переважання у реципієнта процесів збудження і, навпаки.

Наведені вище методики призначені для оцінки інтегральних особливостей ЦНС, крім яких дуже часто досліджують і її інші властивості.

Серед фахівців з функціональної діагностики, які працюють в галузі фізичної культури і спорту, широке розповсюдження мають методичні підходи, пов'язані з оцінкою динамічної і статичної координації фізкультурників і спортсменів. Безперечно, оптимальний рівень розвитку цих функціональних показників є необхідною умовою адекватного виконання складнокоординованих рухових дій.

Під час дослідження **динамічної координації** традиційно застосовується **пальценосова проба**, в рамках якої реципієнту, заплющивши очі, необхідно вказівним пальцем доторкнутися до кінчика носа. Про порушення рухової координації свідчать невпевнені рухи і тремтіння кисті.

Найпоширенішим методом оцінки **статичної координації** є

проба Ромберга (проста й ускладнена). В рамках **прості проби Ромберга** реципієнту пропонується максимально можливий час утримувати певну позу (стопа разом, руки вперед, очі заплющені). Критерієм порушення координаційної функції є, в основному, візуальні ознаки - похитування, тремтіння пальців рук і вік, втрата рівноваги. Під час проведення **ускладненої проби Ромберга** (реципієнт стоїть на одній нозі, торкаючись п'ятою колінного суглоба іншої, опорної ноги, руки витягнуті вперед, очі заплющені) реєструються не тільки візуальні ознаки порушення координації, але і час, що пройшов до появи цих ознак. Вважається, що задовільна статична координація реєструється у разі утримання заданої пози не менше 15 секунд.

Крім статичної координації важливим елементом оцінки функціонального стану центральної нервової системи вважається її **динамічна координація**, яку традиційно оцінюють за допомогою так званої **пальценосової проби**. Ця проба вельми проста і доступна навіть мало підготовленому в методичному відношенні експериментатору: реципієнту пропонується вказівним пальцем доторкнутися до кінчика власного носа. Невпевнені рухи реципієнта, що супроводяться тремтінням кисті свідчать про певне порушення динамічної координації.

Високий рівень координаційної стійкості ЦНС є одним з чинників досягнення високих спортивних результатів, особливо в складнокоординованих видах спорту (гімнастика, акробатика, стрибки у воду, стрільба, фігурне катання, стрибки у висоту тощо.). Разом із тим, цей показник може слугувати достатньо надійним критерієм ступеня втомленості того або іншого спортсмена. Порушення координаційних властивостей нервової системи спостерігається при перевтомі, перетренуванні, а також при появі патологічних змін в окремих ланках нервової системи. Найбільш часто порушення динамічної координації спостерігається у

спортсменів, які перенесли черепно-мозкові травми.

Зазначені вище методичні підходи до оцінки функціонального стану ЦНС посідають важливе місце в системі функціональної діагностики осіб, які систематично займаються фізичною культурою і спортом. Вони отримали широке розповсюдження серед фахівців зі спортивної фізіології і медицині через свою високу інформативність і, в деяких випадках, простоту і доступність.

Необхідно відзначити, що найфундаментальнішим методом оцінки функціонального стану нервової системи, який дозволяє отримати інформацію про глибинні процеси в різних відділах головного мозку є метод *електроенцефалографії*. Не дивлячись на його трудомісткість, застосування цього методу, особливо під час етапних медико-біологічних обстежень, не тільки доцільно, але й необхідно. В найзагальнішому виді електроенцефалографія є методом графічної реєстрації електричної активності головного мозку, а отримана при цьому крива називається *електроенцефалограмою (ЕЕГ)*. Важливо пам'ятати, що разом із цим терміном досить часто застосовуються й інші, які стосуються діяльності тої ділянки мозку, з якої знімаються електричні потенціали. Так, говорять про електрокортикограми, електроцеребелограми, електроталамограми тощо. Незалежно від вигляду ЕЕГ, важливим є вміння її аналізувати і знання особливостей зміни під час дії різних чинників. Для реєстрації ЕЕГ необхідний спеціальний прилад – *електроенцефалограф*. Це комплекс, який складається з власне вимірювального блоку і системи спеціальних електродів. Зазвичай, на елементарній ЕЕГ виокремлюють такі ритми електричних коливань:

- повільні *дельта-хвилі*. Це високоамплітудні хвилі (до 250-300 мкВ) з частотою від 0,5 до 3 в секунду;
- *тета-ритм* з частотою від 4 до 7 в секунду й амплітудою 100-150 мкВ;
- *альфа-ритм* з частотою від 8 до 13 в секунду й амплітудою

до 50 мкВ;

- **бета-ритм** з частотою від 14 до 35 в секунду й амплітудою 20-25 мкВ;

- **ритм веретен** – коливання, близькі за частотою до альфа-ритму (10-16 в секунду), але які характеризуються зростанням і зниженням амплітуди;

- **каппа-ритм** (реєструється орієнтовно у 11% реципієнтів) – коливання, які практично не відрізняються від альфа-ритму, але найбільш добре реєструються в скроневих та скронево-тім'яних областях мозку і не зазнають депресії при сенсорній стимуляції;

- **гама-ритм** з частотою більше 35 в секунду й амплітудою не вище 10 мкВ.

Діагностичне значення електроенцефалограми полягає в тому, що вона зазнає ряд характерних змін залежно від функціонального стану організму людини. Так, у спокої реєструється альфа-ритм і при появі перших ознак сну він змінюється спочатку бета- або тета-ритмом, а у фазі глибокого сну переходить в дельта-ритм. Визначеними є зміни ЕЕГ під час дії різних зовнішніх чинників: так, при підвищенні температури тіла спостерігається почастищення альфа-ритму, при малому ступені гіпоксії – деяке підвищення амплітуди альфа-ритму, а при вираженій гіпоксемії різко підвищується частота й амплітуда бета-хвиль. Деякі зміни ЕЕГ спостерігаються також після фізичної роботи, особливо значного об'єму й інтенсивності. В цьому випадку амплітуда альфа-хвиль знижується, з'являються повільні нерегулярні коливання з так званими гострими хвилями, що накладаються.

ЕЕГ має неабияке велике клінічне значення. Так, відсутність хвиль на електроенцефалограмі (біоелектричне мовчання) або різке їх зниження спостерігається при церебральній атрофії, кретинізмі, важких формах епілепсії, іноді при великих пухлинах кори великих півкуль. Зміна тривалості хвиль більше 125 мс також свідчить про

патологічний стан мозку, наприклад, пухлини мозку, підвищений внутрічерепний тиск, кому тощо. Поява на ЕЕГ пікових розрядів з амплітудою понад 100 мкВ є типовим показником епілептоїдних станів (епілепсія, великі травми мозку, пухлини, абсцеси, мозкові рубці тощо). Присутність на ЕЕГ видозмінених хвиль (трапецевидні або чотирикутні, гострі тощо) спостерігається при найрізноманітніших психічних або нервових захворюваннях. Нарешті, міжкульова асиметрія має місце при локальних пухлинах або абсцесах мозку, при прогресивному паралічі, енцефаліті тощо.

Отже, можна констатувати, що метод електроенцефалографії є могутнім інструментальним засобом оцінки функціонального стану нервової системи, саме тому він знайшов широке застосування в спортивній фізіології і медицині, а також в системі функціональної діагностики фізкультурників і спортсменів різної спеціалізації і кваліфікації.

1.3.2 Основні методичні підходи до оцінки функціонального стану периферичної нервової системи

Для оцінки функціонального стану периферичного відділу нервової системи запропоновано досить велику кількість методичних підходів. Безперечно, всі вони мають право на практичне застосування в системі функціональної діагностики нервової системи.

Проте, на нашу думку, найбільш прийнятними є прості і доступні методики, оволодіти якими можуть навіть не дуже підготовлені фахівці. В цьому відношенні достатньо ефективними виглядають методи, пов'язані, наприклад, з визначенням ***ступеня відповідної реакції нервової системи на навантаження (ступені збудливості)*** або методи оцінки ***сухожильних рефлексів*** (частіше за все, колінного й ахіллового рефлексів, а також аналогічних рефлексів двоголового і триголового м'язів).

Під час дослідження ***колінного рефлексу***, реципієнту

пропонується сісти на стілець і покласти ногу на ногу. Спеціальним неврологічним молоточком завдають легкого удару по сухожиллю чотириглавого м'яза стегна – спостерігають розгинання гомілки.

Оцінку *ахіллового рефлексу* проводять так: реципієнт стає колінами на стілець так, щоб ступні ніг вільно звисали. Легкий удар ахіллового сухожилля призводить до підошовного згинання стопи. Під час оцінки *рефлексу із сухожилля двоголового м'яза плеча* напівзігнута рука реципієнта повинна лежати без напруги на лівій руці експериментатора. При цьому великий палець лівої руки експериментатора знаходиться на сухожиллі двоголового м'яза плеча реципієнта. Проводять легкий удар по великому пальцю і відзначають згинання передпліччя.

При дослідженні *рефлексу із сухожилля трицепса плеча* експериментатор стає збоку від реципієнта, відводить його плече назовні і підтримує його лівою рукою у ліктьовому суглобі так, щоб передпліччя звисало під прямим кутом. Удар молоточком здійснюється безпосередньо по сухожиллю трицепса у ліктьового згину – відбувається розгинання передпліччя.

Крім сухожильних рефлексів для оцінки стану периферичної нервової системи дуже часто використовують *шкірні, черевні і підошовні рефлекси*, дослідження яких проводять шляхом штрихового роздратування їх пропріорецепторів.

У всіх випадках про функціональний стан нервової системи свідчить характер мимовільних рефлексорних реакцій, а саме їх симетричність і ступінь жвавості. Зазвичай, реєструють: відсутність *рефлексів* (-); низькі *рефлекси* (+); рефлекси *середньої жвавості* (++) і високі *рефлекси* (+++).

В нормі, при задовільному функціональному стані периферичної нервової системи, у спортсменів спостерігаються рефлекси середньої жвавості. У разі різних функціональних розладів, зокрема, у зв'язку з підвищеною збудливістю (неврози і неврозоподібні стани), наявні

високі сухожилльні рефлекси (гіперрефлексія). Разом із тим, повна відсутність рефлекторної реакції на зовнішній подразник може свідчити про патологічні зміни в системі рефлекторного кільця.

1.3.3 Короткий огляд основних методичних підходів до оцінки функціонального стану вегетативної нервової системи

Відомо, що вегетативній нервовій системі (її симпатичному і парасимпатичному відділам) належить важлива роль в регуляції діяльності різних вісцелярних систем. Отже, оцінка функціонального стану вегетативної нервової системи має важливе значення для визначення ступеня пристосованості організму до тих або інших дій, або ступеня адаптованості організму. В системі функціональної діагностики спортсменів і осіб, які систематично займаються фізичною культурою, дослідження функціонального стану вегетативної нервової системи сприяє оцінці загального функціонального стану означеної категорії людей, ступеня їх пристосованості до фізичних навантажень різного об'єму й інтенсивності, рівня загальної тренуваності.

У спортсменів, при оптимальному функціональному стані організму, у стані спокою зазвичай, спостерігається переважання тону парасимпатичної нервової системи, що забезпечує виражену економізацію діяльності серцево-судинної, дихальної та інших адаптаційно важливих фізіологічних систем організму. У процесі безпосереднього виконання фізичних вправ і відразу після них більш вираженим стає тонус симпатичного відділу, що сприяє кращій адаптації організму до фізичних навантажень і прискорення процесів відновлення. Стан перетренування у спортсменів супроводжується порушенням оптимального співвідношення симпатичної і парасимпатичної регуляції, виробленим у процесі систематичних тренувальних занять, і частіше за все переважанням тону симпатичного відділу вегетативної нервової системи.

Традиційно для оцінки функціонального стану вегетативної нервової системи застосовуються методи, пов'язані з визначенням тонуусу його відділів. Так, застосування методу *шкірного дермографізму* дозволяє оцінити стан як симпатичних, так і парасимпатичних ланок вегетативної регуляції фізіологічних функцій організму.

За означеною методикою по шкірі реципієнта проводять тупим предметом і за характером шкірної реакції судять про стан вегетативного тонуусу. *Червоний дермографізм* виявляється при підвищеній збудливості *парасимпатичного відділу* вегетативної нервової системи, *білий* – при підвищеній збудливості *симпатичного відділу*, *рожевий* – характеризує *оптимальне співвідношення симпатико-парасимпатичної регуляції* вегетативних функцій організму.

Досить ефективною є також методика кількісної оцінки *вегетативного тонуусу нервової системи*, яка дозволяє оцінити ступінь узгодженості у вегетативній регуляції різних вісцелярних систем. Традиційно вегетативний тонуус оцінюють за коефіцієнтом Хильденбранта (КХ), для чого у реципієнта у стані спокою підраховують частоту серцевих скорочень (ЧСС, уд/хв) і частоту дихання (п/хв).

Значення коефіцієнта Хильденбранта розраховують за такою формулою:

$$\text{КХ} = \text{ЧСС} / \text{ЧД}$$

де КХ – коефіцієнт Хильденбранта, у.о.; ЧСС – частота серцевих скорочень, уд/хв; ЧД – частота дихання, п/хв.

В нормі, при нормальних міжсистемних відносинах, значення КХ складає 2,8–4,9 у.о. Відхилення від цих показників свідчить про неузгодження у вегетативній регуляції різних вісцелярних систем.

Для оцінки тонуусу симпатичної або парасимпатичної нервової

системи також запропоновано різноманітні методики, які широко застосуються на практиці.

Так, для дослідження функціонального стану симпатичної нервової системи найбільш часто використовується **ортостатична проба**, повний зміст якої наведений нами в розділі “Методи оцінки функціонального стану серцево-судинної системи організму”.

Для дослідження ж функціонального стану парасимпатичної нервової системи найбільш часто використовується **кліно-ортостатична проба** (також висвітлена в розділі “Методи оцінки функціонального стану серцево-судинної системи організму”) і **проба Ашнера**, яка вимагає спеціальної медичної підготовки. Ця проба проводиться так: у реципієнта, що знаходиться в положенні лежачи, реєструється величина ЧСС в стані спокою, після чого впродовж 10 секунд великим і вказівним пальцями проводиться обережне натискання на бічні поверхні очних яблук і знову визначається значення ЧСС. При нормальній збудливості парасимпатичного відділу вегетативної нервової системи спостерігається зменшення частоти серцевих скорочень на 5-12 уд/хв, при підвищеній – більш ніж на 12 уд/хв.

Наведені вище методичні підходи до оцінки вегетативного тону й окремих елементів вегетативної нервової системи мають велике значення під час проведення оперативних діагностичних обстежень. Разом із тим, досить цікавими є методичні підходи, які дозволяють оцінити загальний вегетативний тонус організму на основі аналізу даних відносно його вісцелярних систем.

На жаль, в доступній нам літературі, не вдалося знайти експрес-метод оцінки загального вегетативного тону, що може слугувати підставою для проведення експериментальних досліджень в цьому напрямі.

Проте неабиякий інтерес викликає методика визначення загального вегетативного тону, запропонована ще в 1984 році

колективом авторів Кемеровського державного медичного інституту (Т.Е. Калініна, Н.А. Барбараш, Г.І. Тімощук та ін.).

Цими авторами було розроблено спеціальну таблицю, яка охоплювала основні інтеграційні симптоми й ознаки різних фізіологічних систем, що дозволяють дати кількісну оцінку функціональному стану парасимпатичного і симпатичного відділів вегетативної нервової системи.

Необхідно відзначити, що таблиця охоплює дані опиту реципієнта та його об'єктивного обстеження. Під час роботи з таблицею необхідно проводити аналіз активності парасимпатичних і симпатичних впливів на різні системи: переважання одного з цих впливів наголошується знаком (+), відсутність впливу знаком (-).

У процесі роботи обчислюється загальна сума балів симпатичних або парасимпатичних симптомів (якщо виникає утруднення оцінки реакції в балах, то в графі "Оцінка в балах" ставиться мінус і в загальну суму цей показник не зараховується). Після закінчення роботи підраховують загальну суму балів парасимпатичних (П) і симпатичних (С) реакцій (П+С), яку приймають за 100%.

Стан тонусу парасимпатичного (ТП, %) і симпатичного (ТС, %) відділів вегетативної нервової системи розраховують за такими формулами:

$$\text{ТП} = 100 \cdot \text{ЗП} / \text{ЗП} + \text{ЗС}$$

$$\text{ТС} = 100 \cdot \text{ЗС} / \text{ЗП} + \text{ЗС}$$

де ТП – тонуус парасимпатичного відділу вегетативної нервової системи %; ТС - тонуус симпатичного відділу вегетативної нервової системи; ЗП – загальна сума балів парасимпатичних впливів, бали; ЗС – загальна сума балів симпатичних впливів, бали.

Детальний аналіз наведеного методичного підходу до оцінки

загального вегетативного тону організму дозволяє рекомендувати його для широкого практичного застосування в системі функціональної діагностики осіб, які систематично займаються фізичною культурою і спортом.

Таблиця 3

Оцінка вегетативного тону організму за сумою інтеграційних показників

№ п/п	Симптоми і показники	Симпатичні реакції (СР)	Парасимпатичні реакції (ПР)	Оцінка в балах	Переважаючі реакції	
					СР	ПР
1	2	3	4	5	6	7
<u>I. Шкіра</u>						
1	Забарвлення	Бліда	Схильність до почервоніння	2,4		
2	Судинний малюнок	Не виражений	Посилений, ціаноз кінцівок	2,4		
3	Сальність	Нормальна	Підвищена	1,8		
4	Сухість	Підвищена	Нормальна	1,8		
5	Випіт	Зменшено в цілому або збільшено виділення в'язкого поту	Підвищене виділення рідкого поту	3,1		
6	Дермографізм	Рожевий, білий	Інтенсивно червоний, підноситься	3,1		
7	Температура рук кисті	Частіше низька	Частіше висока	2,6		
8	Суб'єктивні явища	Оніміння і парестезії вранці	Кисті рук, стопи вологі; раптові приливи жару	1,7		
<u>II. Терморегуляція</u>						
1	Температура тіла	Підвищена	Знижена	3,9		
2	Відчуття мерзлякуватості	Відсутнє	Підвищено	2,9		
3	Переносимість холоду	Задовільна	Погана	3,1		
4	Переносимість тепла	Непереносимість жару, задушливих приміщень	Задовільна, може бути підвищена чутливість до сухого, нагрітого повітря	2,9		
5	Температура тіла при інфекціях	Гарячковий перебіг інфекцій	Відносно низька температура	2,9		

III. Обмін речовин						
1	Маса тіла	Схильність до схуднення	Схильність до повноти	3,2		
2	Апетит	Підвищений, але це не приводить до повноти	Знижений	1,9		
IV. Водно-сольовий обмін						
1	Спрага	Підвищена	Знижена	1,8		
2	Сечовипускання	Поліурія, світла сеча	Сеча концентрована	3,1		
3	Затримка рідини	Відсутня	Схильність до набряків	3,0		
V. Система крові						
1	Еритроцити, число	Збільшено	Зменшено	2,0		
2	Лейкоцити, число	Збільшено	Зменшено	2,3		
3	ШОЕ	Підвищена	Понижена	1,8		
4	Здатність згущуватися	Підвищена	Понижена	2,2		
VI. Серцево-судинна система						
1	Пульс	Тахікардія, лабільна тахікардія	Лабільна брадикардія, дихальна аритмія	4,1		
2	АТ систолічний	Підвищений	Знижений або нормальний	4,6		
3	Суб'єктивні явища	Серцебиття, відчуття тиску, стискаючі болі в області серця	Відчуття утруднення в області серця, що поєднується з аритмією, особливо вночі в положенні лежачи	2,6		
4	Хвилинний об'єм крові	Великий	Малий	4,4		
VII. Дихальна система						
1	Частота дихання	Нормальна або підвищена	Знижена	3,5		
2	Суб'єктивні явища	Ні	Відчуття тиску, утруднення в грудях, напади задухи з переважанням утрудненого вдиху	2,3		
3	Хвилинний об'єм дихання	Підвищений	Понижений	3,5		
VIII. Травна система						
1	Слиновиділення	Зменшено	Збільшено	2,6		
2	Особливості моторики кишечника	Схильність до атонічних замків, слаба	Схильність до підвищеного газоутворення, до	3,8		

		перистальтика	поносів			
3	Суб'єктивні явища	Ні	Схильність до нудоти	3,1		
<u>IX. Алергічні реакції</u>						
1	Частота реакцій	Невисока	Висока	3,1		
<u>X. Вестибулярні реакції</u>						
1	Запаморочення	Не характерне	Розвивається часто	3,0		
<u>XI. Очі</u>						
1	Блиск	Посилений	Нормальний, понижений	2,4		
2	Зіниці	Розширені	Нормальні, звужені	3,4		
3	Очні щілини	Розширені	Нормальні, звужені	1,9		
4	Екзофтальм	Характерний	Відсутній	2,4		
5	Сльозотеча	Нормальна	Збільшена	1,2		
<u>XII. Особливості нервової системи</u>						
1	Характерологічні, особистісні риси	Запальність, чутливість до болю, зміни настрою, здатність захоплюватися	Невпевненість в собі, слабкість збуджувальних імпульсів, неврастенічні, іпохондричні прояви	2,4		
2	Особливості уваги і біоритмів	Неуважність, швидка зміна думок, активність вище увечері	Здібність до зосередження добра, увага задовільна, найбільша активність до обіду	2,0		
3	Фізична працездатність	Підвищена	Понижена	2,5		
4	Особливості сну	Пізнє засинання і раннє пробудження, сон короткий, неспокійний, багато сновидінь	Глибокий, тривалий сон, не швидкий перехід до активного неспання вранці	2,7		

Висвітлені в цьому підрозділі методичні підходи до оцінки функціонального стану нервової системи та її різних відділів є, в першу чергу, спробою авторів систематизувати рекомендації щодо діагностики одного з найважливіших елементів цілісного організму, який відіграє важливу роль у забезпеченні оптимального рівня рухової діяльності і досягненні високих спортивних результатів.

1.4 Методи оцінки функціонального стану нервово-м'язового апарату

Одним із найактуальніших питань діагностики функціонального

стану осіб, які систематично займаються фізичною культурою і спортом, є оцінка стану їхнього нервово-м'язового апарату, який бере безпосередню участь у рухових реакціях під час виконання різних за своїм змістом видів фізичних вправ. Під час проведення комплексних обстежень, спрямованих на вивчення поточного функціонального стану нервово-м'язового апарату, основну увагу дослідники приділяють реєстрації як його інтегральних функцій (динамічна сила і статична витривалість тощо), так і оцінці складніших, але не менш важливих, функціональних складових (електрична активність окремих м'язових волокон або їх груп, латентний час скорочення і розслаблення м'яза тощо). Не претендуючи на абсолютну всеосяжність, спробуємо висвітлити найпоширеніші і ті, що широко застосовуються методичні підходи до оцінки функціонального стану нервово-м'язового апарату.

Одним із найбільш відомих методів оцінки електричної активності даного елемента цілісного організму є методика *електроміографії*, яка дозволяє реєструвати електричні біопотенціали скелетних м'язів. Елементарна електроміограма (ЕМГ) є графічним записом активності біострумів м'язів певної частоти, тривалості й амплітуди, що скорочуються і розслабляються. Відомо, що за даними ЕМГ можна визначити функціональний стан м'язових волокон і рухових одиниць, спостерігати певні порушення функціонального стану і стомлення нервово-м'язового апарату.

Для відведення м'язових біопотенціалів застосовуються два основні види електродів: різні види підшкірних (голчатих) електродів і різноманітні типи поверхневих (нашкірних) електродів. Не вдаючись в подробиці реєстрації ЕМГ при використанні вказаних типів електродів, необхідно з'ясувати їх переваги і недоліки.

Підшкірні електроди дозволяють отримати більш тонку інформацію про стан нервово-м'язового апарату, оскільки за їх допомогою можливою є реєстрація потенціалів безпосередньо від

м'язових волокон або їх груп і виключено опір шкіри і з'єднувально-тканих оболонок, що покривають м'яз. Проте застосування цих електродів пов'язано з необхідністю проколювання шкіри і занурення їх в м'яз, що призводить до неприємних больових відчуттів. Цей факт ставить під сумнів застосування підшкірних електродів серед дітей, осіб з підвищеною больовою чутливістю, а також при динамічному обстеженні спортсменів упродовж обмеженого періоду часу.

У зв'язку з вищезазначеним, більш розповсюдженими є нашкірні електроди, у вигляді невеликих (0,5 см в діаметрі) срібних дисків або чашок. Незалежно від виду реєстрації ЕМГ (біполярне або монополярне), активні електроди накладаються над проекцією "рухової крапки".

Під час аналізу ЕМГ основна увага приділяється сумарній величині амплітуд, зареєстрованих на ній коливань. Згідно із загальноприйнятою класифікацією Ю.С. Юсевич, усі електроміограми можна розділити на чотири основні типи:

- **1 тип.** Характеризується частими (від 50 до 100 Гц і вище) і швидкими (до 10 мс) двух- і монофазними коливаннями. Амплітуда коливань може досягати декількох сотен мікрівольтів.
- **2 тип.** Реєструються рідкісної частоти (6–20 Гц) двофазні коливання, які швидко розгортаються (до 10 мс), з амплітудою не більше 100 мкВ;
- **3 тип.** На ЕМГ спостерігаються також рідкісні (до 20 Гц), але більш тривалі (до 20 мс) спотворені формою моно- і поліфазні осциляції з амплітудою не більше 100 мкВ;
- **4 тип.** Характеризується хвилями частих осциляцій і особливими повільними коливаннями з тривалістю кожного до 80-100 мс і порівняно невеликою частотою (4-10 Гц).

В нормі зазвичай, реєструється ЕМГ 1-го типу, що свідчить про оптимальний функціональний стан конкретного елемента нервово-

м'язового апарату. Для спортсменів досить частим є характерне підвищення амплітуди м'язових осциляцій і зниження їх тривалості, що свідчить про високий рівень тренуваності їх м'язових груп і високий ступінь адаптованості до тих або інших фізичних навантажень. Відхилення ж у функціональному стані нервово-м'язового апарату (модифіковані ЕМГ 1-го типу, а також ЕМГ 2-го, 3-го і 4-го типів) зустрічаються при різних порушеннях периферичного характеру.

Так, наприклад, при різних формах прогресивної м'язової дистрофії, міозитах (порушенні трофіки м'язів), міастеніях тощо електроміограма часто істотно не відрізняється від ЕМГ 1-го типу, але має понижену амплітуду й іноді велику тривалість (до 15 мс) окремих потенціалів.

Електроміограми 2-го типу найбільш часто спостерігаються при поразках рухових нервів, парезах мускулатури, поліомієлітах, аміотрофічних склерозах тощо. Необхідно відзначити, що в даних випадках зміни ЕМГ пов'язані не з поразкою самого нервово-м'язового апарату, а, головним чином, з порушенням діяльності центрів спинного мозку.

Електроміограми 3-го і 4-го типів реєструються при центральних рухових порушеннях, тобто екстрапірамідних розладах (паркінсонізм, тремтливий гиперкінез, зокрема, алкогольний, хореоатетоз тощо). Сюди ж належать різні пірамідальні розлади (крововилив у мозок, паралічі, неврозоподібні порушення при істерії тощо).

Крім реєстрації амплітудно-частотних характеристик нервово-м'язового апарату метод електроміографії дозволяє оцінити і такі важливі його функції, як латентний час напруги (ЛЧН) і латентний час розслаблення (ЛЧР) м'яза, тобто загальний час від початку дії того або іншого подразника у відповідь до реакції м'яза. Дуже важливо відзначити, що у процесі поліпшення функціональної підготовленості організму спостерігається виражене зниження ЛЧН і

ЛЧР, особливо у висококваліфікованих спортсменів. Підвищення ж значень ЛЧН і ЛЧР є показником наростання в організмі спортсменів ознак стомлення і перевтоми. Отже, визначення латентного часу напруги і розслаблення м'язових груп має істотне значення в системі функціональної діагностики фізкультурників і, особливо, спортсменів різної спеціалізації і кваліфікації.

Подібною до методу електроміографії є методика **хронаксиметрії**, призначена для дослідження електричної збудливості нервово-м'язової системи. В рамках даної методики у реципієнта за допомогою спеціального приладу (хронаксиметра) визначають мінімальну силу подразника, здатного викликати м'язове скорочення (**реобаза**) і час, необхідний у відповідь для реакції м'яза, рівний двом реобазам (**хронаксія**).

Хронаксиметрія в системі функціональної діагностики осіб, які систематично займаються фізичною культурою і спортом, використовується для оцінки ступеня своєрідної готовності нервово-м'язового апарату до виконання значних за об'ємом і інтенсивністю фізичних навантажень.

Загально визнано, що у процесі наростання рівня тренуваності того або іншого реципієнта, спостерігається істотне зниження величин реобазиса і хронаксії і, навпаки. Застосування методу хронаксиметрії є не тільки ефективним засобом контролю за ходом навчально-тренувального процесу, але і методом спостереження за процесами відновлення нервово-м'язової системи у спортсменів після перенесених захворювань і травм опорно-рухового апарату.

Крім методів електроміографії і хронаксиметрії велике значення під час оцінки стану нервово-м'язового апарату має методика **міотонетрії**, за допомогою якої можливо провести оцінку тонуусу м'язів, які знаходяться у стадії напруги і розслаблення.

Для практичної реалізації цього методу необхідна наявність спеціального приладу, міотонетру, основними елементами якого є

спеціальний щуп і манометр з градуйованою в міотонах шкалою. Вимірювання тону м'язів проводять в симетрично розташованих точках обраного м'яза спочатку в стані його максимального розслаблення, а потім – у стані максимального скорочення. Критерієм загального тону м'яза є **амплітуда м'язового тону**, яка обчислюється як різниця між **тоном скорочення** і **тоном розслаблення**.

Доведено, що з підвищенням рівня тренуваності спостерігається збільшення тону скорочення, зниження тону розслаблення і, як наслідок, істотне зростання амплітуди м'язового тону. В нормі, коли спостерігається оптимальний функціональний стан нервово-м'язового апарату, тону скорочення складає 65-70, а амплітуда – 35-40 міотонів.

Ознаками перевтоми і перенапруження нервово-м'язової системи є зниження тону скорочення м'яза і підвищення амплітуди м'язового тону.

Крім методу міотонетрії, який вимагає застосування спеціального приладу, для вивчення скоротності м'язів, зазвичай, використовують метод **динамометрії** в його різних модифікаціях. За допомогою даного методу можна оцінити абсолютну і відносну силу м'язів кисті і спини (станову силу) реципієнта, рівень працездатності м'язів і статичну витривалість.

У процесі визначення **абсолютної сили** м'язів (F_A , кгм або дин) реципієнт максимально стискає рукою платформу спеціального приладу (динамометра), обладнаного шкалою. Стиснення динамометра проводять плавно з максимальним зусиллям (різкі помах передпліччя при цьому неприпустимі).

Зазвичай, реєструють абсолютну силу правої і лівої рук, проводять дві спроби, а силу м'язів оцінюють за кращим результатом. Для розрахунку величини відносної сили м'язів (F_R , кгм/кг або дин/кг) її абсолютне значення ділять на масу тіла.

В системі функціональної діагностики стану нервово-м'язового

апарату досить відомим є також метод *полідинамометрії*.

Спеціально сконструйований прилад (*полідинамометр*) це - стіл особливої конструкції, що дозволяє створювати такі положення, які необхідні для дослідження певних м'язових груп: при згинальних і розгинальних рухах кисті, передпліччя, плеча, шиї, тулуба, стегна, гомілки; відведенні і приведенні плеча; тильному і підшовному згинанні стопи.

Метод полідинамометрії сприяє одержанню дослідником цінної комплексної інформації про функціональний стан окремих м'язових груп, ступені скоординованості їх розвитку. Безперечно цей факт має величезне значення для раціональної побудови навчально-тренувального процесу, а також корекції окремих елементів в рамках тренувальних мікро- і макроциклів.

Для визначення *статичної витривалості м'язів* застосовується також динамометричний метод в традиційній модифікації. В цьому випадку реципієнт витискує на ртутному або водяному динамометрі величину, рівну 75% від абсолютної м'язової сили, і утримує її максимально можливий час. В нормі величина статичної витривалості складає у здорових нетренованих чоловіків 45 с, а у жінок – 30 с. При зниженні даних величин відповідно нижче 30 с і 20 с говорять про незадовільний характер статичної м'язової витривалості даних реципієнтів. Часто, в цілях оцінки статичної витривалості черевного пресу, застосовують функціональну пробу у вигляді реєстрації максимального часу утримання гімнастичного “кута”. В нормі воно складає у здорових нетренованих чоловіків і жінок відповідно 15 і 10 с, а зниження його значень менше 10 і 5 с свідчить про низький рівень статичної витривалості м'язів черевного пресу.

Під час проведення діагностики функціонального стану нервово-м'язового апарату часто реєструють додатково такі параметри, як рівень працездатності м'язів (P) і показник зниження працездатності (S).

Для визначення даних показників реципієнту пропонується стиснути динамометр послідовно 10-15 разів з частотою 1 разів в 5 секунд. Отримані результати фіксуються і розраховують рівень працездатності м'язів за такою формулою:

$$P = (f_1 + f_2 + \dots + f_n) \cdot n$$

де P – рівень працездатності, у.о.; f – показник динамометрії, кгм; n – кількість спроб.

Окрім цього, розраховується також показник зниження працездатності за формулою:

$$S = [(f_1 - f_{min}) \cdot f_{max}] \cdot 100$$

де S – показник зниження працездатності, %.; f_1 – величина початкового м'язового зусилля, кгм; f_{min} – величина мінімального м'язового зусилля, кгм; f_{max} – величина максимального м'язового зусилля, кгм.

Слід зазначити, що абсолютні значення рівня м'язової працездатності і ступеня її зниження достатньо індивідуальні і мають важливе значення під час проведення динамічних спостережень.

В цьому випадку можливий контроль за швидкістю опрацювання нервово-м'язового апарату конкретного реципієнта і часом розвитку стомлення. Вочевидь, що знання динаміки цих параметрів необхідні не тільки для оцінки загального функціонального стану нервово-м'язового апарату, але і для визначення ефективності всього навчально-тренувального процесу в цілому з метою його корекції й оптимізації.

На закінчення розмови про основні методи вимірювання абсолютної сили хочеться відзначити, що наведені вище методи є загальноприйнятими і традиційними. Разом із тим, необхідно вказати на те, що сьогодні, у зв'язку з розвитком і вдосконаленням тренажерної техніки, з'явилась велика кількість способів визначення

сили різних м'язових груп і частин тіла за допомогою спеціальних тренажерів.

1.5 Методи діагностики функціонального стану сенсорної системи організму

Під час обстеженні спортсменів і фізкультурників важлива роль відводиться аналізу стану сенсорної системи їх організму, до якої входять зоровий, слуховий, тактильний, руховий та інші аналізатори.

Неабияке значення тут має не тільки функціональний стан того або іншого аналізатора, але і характер їх взаємодії, ступінь узгодженості. Саме особливості скоординованості діяльності окремих аналізаторів відіграють визначальну роль у забезпеченні оптимальної рухової реакції організму, особливо в ситуаційних і складнокоординованих видах спорту, досягненнях найвищого спортивного результату.

Дійсно, злагоджена взаємодія, наприклад, зорового і рухового аналізаторів або рухового і слухового, є необхідною для найраціональнішої взаємодії з партнерами у футболі, баскетболі, гандболі та інших спортивних іграх. Від цього залежить якість і прицільність пасу, кидка, удару, а, отже, і результат конкретного поєдинку.

Не менше важливою є скоординованість дій різних видів аналізаторів в циклічних видах спорту (біг – відчуття суперників, бігової доріжки; плавання – відчуття води, тих же суперників, шуму трибун тощо). Можна навести велику кількість подібних прикладів і з інших видів спорту. Ясно одне – взаємоузгодженість роботи різних аналізаторів є однією з необхідних умов досягнення високого спортивного результату і критерієм ефективності систематичних занять фізичною культурою і спортом.

Під час вивчення функціонального стану *зорового аналізатора* найбільш часто застосовуються методи, пов'язані з визначенням

гостроти і поля зору, кольоровідчуттям, м'язового балансу очей, акомодатії, конвергенції, станом окоорухових і зіничних рефлексів, очного дна, а також з оцінкою ступеня узгодженості роботи зорового аналізатора із слуховим, руховим, тактильним і іншими.

Для визначення *гостроти зору* застосовують традиційні таблиці Головіна і Сивцева, які складаються з 12 рядків. Величина букв кожного рядка зменшується зверху вниз. Біля кожного рядка вказана та відстань (D), з якої букви даного рядка читаються реципієнтом правильно під кутом, рівним 1 хвилині.

Гостроту зору розраховують за такою формулою:

$$V = d / D$$

де V – гострота зору; d – відстань від реципієнта до таблиці, м; D – відстань, з якої цей рядок правильно читається при нормальній гостроті зору (в таблиці значення V вказано біля кожного рядка).

В нормі гострота зору складає 0,8–1,4 одиниць.

Крім визначення гостроти зору важливим параметром функціонального стану зорового аналізатора традиційно вважається величина *поля зору*. Цей показник характеризує особливості периферійного зору, який відіграє важливу роль у виконанні оптимальних рухових дій в умовах складної спортивної діяльності.

Для визначення величини поля зору необхідний спеціальний прилад, який носить назву *периметр Фостера* на ім'я вченого, який уперше запропонував його для реєстрації цього функціонального показника.

Під час проведення досліджень, пов'язаних із визначенням величини поля зору, реципієнт сідає спиною до світла і встановлює підборіддя на спеціальну підставку периметра так, щоб досліджуванім оком було зафіксовано крапку в центрі периметра (друге око повинно бути закрито картоном або аркушем паперу).

Спочатку вимірювальну дугу периметра встановлюють в горизонтальному положенні, після чого експериментатор переміщає спеціальний маркер по дузі периметра від 0 градусів і далі, а реципієнт повідомляє йому момент, коли він починає бачити цей маркер. Чим більшим буде зареєстрований кут, тим більшою є величина поля зору у реципієнта. Дослідження проводять при горизонтальному положенні дуги периметра, при її нахилі в 45 градусів в той чи інший бік. Визначають поле зору обох очей в чорно-білому (використовується білий маркер) і кольоровому (використовується маркер певного кольору) зображеннях.

Важливе діагностичне значення має також методика дослідження *акомодації* очей (пристосування до ясного бачення різновіддалених предметів). В нормі для молодих людей дальня точка ясного бачення лежить в нескінченності. Найближча точка ясного бачення знаходиться на відстані 10 см або *сила акомодації* складає 10 діоптрій (D). З віком, при деяких функціональних порушеннях зорового аналізатора, а у спортсменів при появі ознак перевтоми і перетренування сила акомодації збільшується.

Для визначення сили акомодації реципієнту пропонується зафіксувати погляд на будь-якому предметі, наприклад, на звичайному олівці, розташованому від нього на відстані 1 м. Після цього наближають олівець до реципієнта, а він повідомляє момент, коли перестає ясно бачити предмет. Відстань від моменту зникнення ясного бачення предмету до реципієнта і складає величину сили акомодації.

Під час аналізу функціонального стану зорового аналізатора істотна роль відводиться аналізу зіничних і окорухових (мигального, надбрівного тощо) рефлексів.

Дослідження характеру *зіничного рефлексу* передбачає розташування реципієнта обличчям до світла і фіксування величини зіниць обох очей (в нормі вони повинні бути однаковими). Після

цього одне око екранують і простежують зміну величини зіниці розплющеного ока – зіниця повинна розширятися. Після усунення ефекту екранування повинно спостерігатися звуження обох зіниць – зінична реакція співдружності.

Оцінку *мигального окорухового рефлексу* проводять з використанням гумової груші, завдяки якій здійснюють подачу повітряного струменя на рогівку ока реципієнта. При цьому в нормі повинне спостерігатися стулення вік. **Надбрівний окоруховий рефлекс** відноситься, як відомо, до глибоких періостальних рефлексів. Під час його оцінки гумовим молоточком завдається легкого удару по краю надбрівної дуги (молоточок повинен знаходитися зверху і збоку від ока). У відповідь реакція полягає в стуленні вік.

Можна навести велику кількість методичних підходів до оцінки функціонального стану зорового аналізатора, але, з урахуванням специфіки висловлюваного в даному навчальному посібнику матеріалу, доцільно насамкінець зупинитися на досить доступних методах, які дозволяють **оцінити характер взаємодії зорового і рухового аналізаторів** під час виконання рухових актів. Найпростіший метод оцінки стану зорово-моторної реакції полягає в тому, що реципієнт кладе руку на стіл і згинає її в ліктьовому суглобі так, що променевоzap'ястковий суглоб піднявся від столу на певну висоту (10 см, 15 см, 20 см – по вибору експериментатора). Після попереднього тренування реципієнту зав'язують очі і пропонують виконати те ж саме, оцінюючи при цьому величину і число помилок з 10 спроб. Чим меншими будуть значення цих параметрів, тим вище ступінь функціональної залежності між зоровим і руховими аналізаторами. У спортсменів дуже часто із зростанням рівня тренуваності спостерігається мінімальне число помилок у під час виконання тесту і, навпаки.

Не менш важливим для осіб, які систематично займаються

фізичною культурою і спортом, є й оптимальний функціональний стан *слухового аналізатора*. Дійсно, у процесі, наприклад, діяльності змагання, звукова інформація (уболівальники, тренери, суперники тощо) має важливе значення для адекватної оцінки того, що відбувається і прийняття правильного рішення. Тільки в цьому випадку можна говорити про можливість досягнення максимально можливого спортивного результату.

Традиційно для оцінки функціонального стану слухового аналізатора визначаються *гострота слуху і локалізація звукового подразника*. При визначенні *гостроти слуху* використовується *мовний метод*, застосування якого передбачає визначення відстані, з якої реципієнт починає розрізняти мову експериментатора. В нормі в звичайних умовах ця відстань складає 5-6 м, а в повній тиші – до 20 м і більше.

Для більш точного визначення гостроти слуху, а також ряду найважливіших параметрів функціональної діагностики стану слухового аналізатора (чутливість аналізатора до звуків різної частоти, ступінь порушення слухової функції, локалізація її поразок) застосовується метод *аудиометрії*, який ґрунтується на застосування спеціальних приладів – аудіометрів або звукових генераторів.

У процесі аудіометрії реципієнт знаходиться в положенні “спина до приладу”, а експериментатор плавно збільшує частоту звукових коливань, починаючи з підпорогової (орієнтовно 10 Гц). Під час дослідження фіксується частота звуку (Ч_1 , Гц), при якій реципієнт вперше почув звук, а також частота, при якій він перестав сприймати звукові коливання (Ч_2 , Гц). Діапазон між Ч_1 і Ч_2 є діапазоном слухової чутливості даного реципієнта. В нормі цей діапазон складає 16–20000 Гц. При різних поразках слухового аналізатора цей діапазон істотно змінюється.

Запропоновані методи оцінки функціонального стану слухового аналізатора мають важливе значення для експрес-діагностики

порушень слухової функції у процесі тренувальних занять і безпосередньої діяльності на змаганнях, що уможлиблює оперативну корекцію фізичних навантажень, застосування відновних, а у виняткових випадках, і лікувальних заходів. Важливо відзначити, що порушення слухової функції не тільки призводить до зниження спортивних результатів тих або інших спортсменів, але є протипоказанням для занять деякими видами фізичних вправ взагалі. Фахівцями в галузі спортивної медицини переконливо доведено, що із зростанням тренуваності в таких видах спорту, як кульова, стендова стрільба, автоспорт, мотоспорт, картинг тощо спостерігається істотне погіршення функціонального стану слухового аналізатора. Мабуть настав час звернути на це увагу і спрямувати зусилля дослідників на розробку відповідних реабілітаційних заходів, які б сприяли збереженню й оптимізації функціонального стану слухового аналізатора.

Важливе місце в системі функціональної діагностики спортсменів і осіб, які систематично займаються фізичною культурою, займає оцінка функціонального стану **вестибулярного аналізатора**, який забезпечує центральну нервову систему інформацією про всі зміни напряму руху тіла спортсмена, його прискорення, обертальні рухи, вібрації тощо. Особливого значення стан вестибулярного аналізатора набуває в таких видах спорту, як спортивна і художня гімнастика, акробатика, водний і лижний слалом, стрибки з жердиною й у воду, різні спортивні ігри, автоспорт і мотоспорт тощо.

Для оцінки функціонального стану вестибулярного аналізатора розроблено достатньо велику кількість методичних підходів, ряд з яких успішно зарекомендував себе й отримав широке практичне застосування. До таких методів, перш за все, необхідно віднести функціональну **пробу Яроцького** й обертальний **тест Воячека**.

Під час виконання проби Яроцького реципієнт здійснює

обертальний рух головою в одну сторону в темпі 2 обороти за 1 секунду. Фіксується час до появи перших ознак порушення координації. В середньому у практично здорових, нетренованих людей цей час складає близько 30 секунд. У процесі зростання тренованості організму, особливо в складнокоординованих видах спорту, час проби Яроцького істотно збільшується – до 90 і більше секунд.

Більш відчутну дію на вестибулярний апарат реципієнта надає проба Воячека, згідно з якою реципієнт в спеціальному кріслі Барані здійснює обертальні рухи із швидкістю 5 разів за 10 секунд. Реакція на функціональну пробу Воячека оцінюється за характером зміни положення тіла реципієнта і вегетативним симптомам його організму на 5-й секунді після припинення обертання. При доброму стані тренованості спортсмена у нього спостерігається незначне відхилення тулуба у бік обертання. Виражене ж відхилення тулуба, а, тим більше, його падіння є яскравими ознаками незадовільної тренованості вестибулярного аналізатора даного реципієнта. Не менш важливими є вегетативні симптоми тесту Воячека. Незначна зміна пульсу, артеріального тиску, легке збліднення тощо розглядаються фахівцями як ознаки оптимального функціонального стану вестибулярного аналізатора. У разі ж істотного погіршення даного стану у реципієнта можуть спостерігатися: виражена браді- або тахікардія, нудота, блювота, холодний піт тощо.

Знання особливостей функціонального стану вестибулярного апарату конкретного спортсмена на певному етапі навчально-тренувального або змагального процесу абсолютно необхідне для раціонального дозування фізичних навантажень спеціальної спрямованості, їх оптимального розподілу як в межах одного тренувального заняття, так і цілого тренувального циклу. Тільки так можна добитися не тільки спортивного вдосконалення в обраному виді спорту, але і зберегти на належному рівні власне здоров'я.

Крім вищезгаданих аналізаторів вагома роль під час оцінки загального функціонального стану відводиться **шкірному аналізатору**, який забезпечує сприйняття і відповідний аналіз больових, температурних (теплових і холодних), тактильних (відчуття дотику до шкіри) роздратувань.

Цілком природно, що оптимальне функціонування означених елементів шкірного аналізатора сприяє не тільки адекватній поведінці організму в зовнішньому середовищі, але є критерієм певних порушень в нервовій системі. На жаль, такі порушення нерідко спостерігаються під час занять фізичною культурою і спортом через недотримання елементарних гігієнічних вимог, ігнорування погодних умов, загальної екологічної обстановки в місцях тренувальної і змагальної діяльності.

Найпростішим методом оцінки стану шкірного аналізатора є **больове сприйняття**. Для цього шпилькою або голкою наносяться легкі уколи в симетричних ділянках тіла – у відповідь з боку реципієнта повинна спостерігатися реакція.

Оцінку **температурного сприйняття** проводять за допомогою спеціальних ємностей (пробірок, колб тощо), наповнених водою з різною температурою. Найпоширенішим є **метод температурних контрастів**, згідно з яким реципієнту пропонується опустити вказівні пальці обох рук в ємність відповідно з гарячою (40-42°C) і холодною (7-12°C) водою на 20-30 секунд до ослаблення відчуття тепла і холоду (температурної адаптації). Після цього реципієнт опускає обидва пальці в ємність з водою середньої температури (25-30°C). В нормі повинне відчуватися як відчуття тепла, так і холоду. У разі відсутності даних відчуттів констатується порушення температурного сприйняття.

Дослідження тактильного сприйняття проводять шляхом легкого дотику ватою або пензликом до різних ділянок шкіри – реципієнт повинен відчувати в нормі дані дотики. Більш точне визначення стану

тактильного сприйняття проводять за допомогою методу *естезіометрії*.

При цьому, торкаючись двома ніжками естезіометру або циркуля Вебера поверхні шкіри різних частин тіла (спини, плеча, долонної поверхні пальців тощо), знаходять *пори́г просторового розрізнення (ППР, мм)* або мінімальну відстань між ніжками циркуля, при якому ще виникає відчуття двох роздратувань. *Гострота дотику* обернено пропорційна величині ППР. У спортсменів із зростанням тренуваності спостерігається істотне, порівняно з нетренованими особами, зниження значень ППР і, відповідно, значне зростання гостроти дотику.

Жодною мірою не обмежуючи важливість для оптимального функціонування організму спортсменів, фізкультурників і звичайних, нетренованих осіб зазначених вище аналізаторів, все ж таки не можна не погодитися з думкою багатьох фахівців в галузі спортивної функціональної діагностики щодо домінуючої ролі в цьому своєрідному комплексі функціонального стану *рухового аналізатора*.

Дійсно, руховий аналізатор є тим найважливішим елементом організму, який постійно поставляє необхідну інформацію ЦНС організму про стан і характер роботи його м'язів, сухожиль, зв'язок, суглобів під час виконання найрізноманітніших рухів і зміни положення тіла у просторі. Не дивно, що саме руховому аналізатору відводиться ведуча роль в забезпеченні оптимального рухового акту в найрізноманітніших умовах зовнішнього середовища і зовнішнього оточення.

Для дослідження поточного функціонального стану рухового аналізатора фахівцями розроблено і впроваджено у практику різноманітні методичні підходи: дослідження точності згинання кінцівки до певного кута, відтворення довільного малюнка, м'язових зусиль під час оцінки ваги різних предметів тощо. Ми вважаємо за необхідне привести докладний виклад лише деяких із них.

Відповідно до однієї з даних методик (**метод точності відтворення кутових показників**) реципієнту, після попереднього тренування, пропонується відтворити наперед встановлений експериментатором кут згинання ліктьового суглоба. Пропонується виконати 10-15 спроб, після чого розраховується середня величина експериментального кута (А, в градусах), яка не повинна відрізнятись від значень наперед обумовленого кута (В, в градусах) більш ніж на 10-20%. Іншими словами розраховується величина помилки (З, в %) за такою формулою:

$$З = (А-В) \cdot 100 / В$$

де З – помилка відтворення кута згинання ліктьового суглоба %;
А – середня величина експериментального кута, відтвореного реципієнтом при закритих очах після попереднього тренування, градуси;
В – величина “ідеального”, запропонованого експериментатором, кута згинання ліктьового суглоба, градуси.

Не менше цікавій і достатньо ефективною в практичному відношенні є також **методика дослідження м'язової пам'яті**. Під час застосування цього методу реципієнт бере в руки олівець і заплющує очі. Експериментатор проводить розслабленою рукою реципієнта пасивний рух, викреслюючи на аркуші паперу довільну фігуру. Після цього реципієнт, використовуючи олівці різного кольору, відтворює накреслену фігуру відразу після закінчення досліду і через 1 хвилину. І в тому, і в іншому випадку оцінюється відхилення (A_1 і A_2 , мм) від накресленої довільно фігури.

При нормальному функціональному стані рухового аналізатора дані відхилення будуть незначними. Важливо відзначити, що за допомогою наведеної методики можна дати об'єктивну оцінку і “м'язової пам'яті” реципієнта (МП, %), величина якої не повинна перевищувати 10-15% і розраховується за наведеною нижче

формулою:

$$\text{МП} = (A_1 - A_2) \cdot 100 / A_2$$

де МП – величина “м’язової пам’яті”, %; A_1 – відхилення від довільно накресленої фігури відразу після закінчення досвіду, мм; A_2 - відхилення від довільно накресленої фігури через 1 хвилину після закінчення досвіду, мм.

Достатньо поширеною є також *методика точності оцінки маси* запропонованих реципієнту предметів, коли йому при заплющених очах пропонують порівняти масу, наприклад, різних стаканів з піском і розташувати їх в певному порядку (або зростання маси або, навпаки, її убування). Оцінюють точність відтворення маси запропонованих предметів і роблять якісну оцінку стану рухового аналізатора.

Підбиваючи підсумки цього розділу, де наведено основні методи оцінки функціонального стану сенсорних систем організму, можна з упевненістю констатувати той факт, що загальна кількість цих методів, їх зміст цілком відповідають тим вимогам, які висуває до них система медико-біологічного контролю і функціональної діагностики.

Разом із тим, слід відзначити, що вдосконалення даних методичних підходів, розробка більш ефективних і, головне, доступних методичних прийомів оцінки функціонального стану різних аналізаторів, представляється однією з найактуальніших проблем сучасної спортивної функціональної діагностики.

1.6 Методи функціональної діагностики вищої нервової діяльності (ВНД)

В системі діагностики функціонального стану осіб, які систематично займаються фізичною культурою і спортом важливе значення має діагностика основних особливостей їх вищої нервової діяльності (тип ВНД, відчуття, сприйняття, мислення, пам’ять, увага

тощо), за допомогою яких здійснюється зв'язок конкретного індивідуума із зовнішнім і внутрішнім середовищем зі всіма наслідками, які можуть бути.

Для визначенні *типу ВНД* або *психологічного типу* реципієнта розроблено достатньо велику кількість методик, переважна частина яких відноситься до методів психологічного тестування – психотест Айзенка-Тейлора, Міннесотській тест (ММРІ) тощо.

Так, наприклад, “запитальник” Айзенка-Тейлора призначений для діагностики індивідуально-психологічних властивостей особи і складається з 70 питань, 24 з яких спрямовано на діагностику “екстраверсії”, 24 – на діагностику “нейротизму”, 2 питання є маскувальними, тобто не дають ніякої інформації про реципієнта і, нарешті, 20 питань, що залишилися, утворюють так звану “шкалу брехні”, основне завдання якої – дати інформацію про достовірність відповідей реципієнта за шкалах “екстраверсії” і “нейротизму”.

Реципієнту необхідно відповісти “та” чи “ні” на всі запитання. Передбачений випадок, коли реципієнт не може відповісти (“?”). За відповідь, яка збігається з ключем, реципієнту нараховується 2 бали, за відповідь (“?”) – 1 бал, за невідповідну відповідь – 0 балів. Отримані бали підсумовуються. Окремо оцінюються дані за “шкалою брехні”, результати дослідів вважаються недійсними, якщо показник “брехні” виявляється вище 20 балів. Сумнівна достовірність відповідей реципієнтів, чий показник “брехні” вище 16 і нижче, ніж 4 бали. Норма за цією шкалою – 6-12 балів.

Методика Айзенка-Тейлора, як і всі інші їй подібні, є добре відомою. У зв'язку з цим ми вважаємо за необхідне привести докладний опис більш простих методів визначення типу ВНД, які б були доступні практично будь-якому спортсмену і тренеру.

Одним із таких методів є визначення типу ВНД або темпераменту за допомогою психологічного тестування.

Згідно з методикою реципієнту пропонується спеціальна

таблиця, яка складається з 4 стовпців. В них занесено характеристику кожного з відомих типів темпераменту (*холерики, флегматики, сангвініки і меланхоліки*). У процесі визначення властивих даному реципієнту характеристик або якостей, він повинен відзначити їх знаком “плюс” і, навпаки, у разі їх відсутності – знаком “мінус”.

Для визначення типу темпераменту використовують таку формулу:

$$T_t = X \cdot \left(\frac{A_x}{A} \cdot 100\%\right) + C \cdot \left(\frac{A_c}{A} \cdot 100\%\right) + \Phi \cdot \left(\frac{A_\Phi}{A} \cdot 100\%\right) + M \cdot \left(\frac{A_m}{A} \cdot 100\%\right),$$

де T_t – тип темпераменту; X, C, Φ, M – відповідний темперамент; A – загальна кількість плюсів; A_x, A_c, A_Φ, A_m – число плюсів в “паспорті” відповідного темпераменту.

Формула може мати, наприклад, такий вигляд: $T_m = 45\%X + 28\%C + 19\%\Phi + 8\%M$, що свідчить про переважання у конкретного реципієнта якостей холерика.

Відомо, що тип ВНД практично не змінюється у процесі індивідуального життя, у зв'язку з чим його визначення відіграє важливу роль у процесі спортивної орієнтації і спортивного відбору, тобто визначенні для кожної людини відповідного виду фізичних вправ.

Таблиця 4

Риси вдачі, властиві людям з різним типом ВНД (темпераменту)

Холерик	Флегматик	Сангвінік	Меланхолік
Непосидючість, метушливість	Уміння зберігати спокій і витримку в будь-яких обставинах	Схильність втрачатися в новій обстановці	Схильність втрачатися в новій обстановці
Нестриманість, запальність	Послідовність у справах	Схильність переоцінювати себе	Невміння швидко встановлювати контакти з незнайомими людьми

Різкість, прямолінійність у стосунках із людьми	Обережність і розсудливість	Здатність швидко схоплювати нове	Невіра у свої сили
Рішучість, ініціативність	Здатність чекати	Нестійкість інтересів і схильностей	Легка переносність самотності
Упертість	Мовчазність	Легка переносність невдач і неприємностей	Схильність занурення в себе
Винахідливість у суперечці	Спокійна, рівномірна мова із зупинками, без різкого виразу емоцій	Вміння пристосовуватися до різних обставин	Швидка стомлюваність
Звичка працювати ривками	Уміння доводити розпочату справу до кінця	Захопленість будь-якою новою справою	Тиха мова, іноді шепіт
Схильність до ризику	Схильність не розтрачувати сили даремно	Схильність швидко остигати, якщо справа перестає цікавити	Схильність мимовільно пристосовуватися до характеру співбесідника
Незлопам'ятність, необразливість	Уміння дотримуватися виробленого порядку життя, системи в роботі	Небажання займатися одноманітною, буденною роботою	Вразливість до слізності
Плутана, швидка, емоційно забарвлена мова	Мала сприйнятливості до схвалення й осуду	Товариськість, чуйність, легкість в спілкуванні з новими знайомими	Надзвичайна сприйнятливості до схвалення й осуду
Нетерпимість до недоліків	Незлюбивість, поблажливе ставлення	Висока витривалість, працездатність	Пред'явлення високих вимог до себе й оточуючих
Схильність до грубих жартів	Постійність інтересів	Гучне, швидке, виразне мовлення, яке супроводжується живими жестами, виразною мімікою	Схильність до підозрілості, недовірливості

Виразність міміки	Невміння швидко включатися в роботу і перемикатися з однієї справи на іншу	Здатність зберігати самовладання в несподіваній, складній обстановці	Хворобливість, чутливість
Невпинне прагнення до нового	Рівне ставлення до всіх	Уміння зберігати завжди бадьорий настрій	Скритність і нетовариськість
Різкість, поривчастість рухів	Акуратність і охайність у всьому	Здатність швидко засинати і прокидатися	Мала активність і боязкість
Наполегливість в досягненні мети	Важка пристосованість до нових обставин	Незібраність, поспішність у рішеннях	Схильність підкорятися чужій волі
Схильність до різких змін настрою	Зібраність	Схильність до поверхневих думок	Прагнення викликати співчуття у оточуючих

Крім типу ВНД конкретної людини, у спортивній функціональній діагностиці неабияке місце посідає оцінка стану таких психофізіологічних параметрів як пам'ять (особливо короткочасна), увага тощо.

Для оцінки *об'єму оперативної або короткочасної пам'яті* застосовуються різні модифікації: визначення пам'яті на числа, слова, зорові образи тощо.

Під час оцінки *короткочасної пам'яті на числа*, експериментатор монотонно зачитує кожний ряд чисел, починаючи з найкоротшим, роблячи паузи між числами. Реципієнт повинен відтворити кожний ряд цифр після закінчення його вимовлення експериментатором. Доросла, нетренована людина в нормі може безпомилково відтворити ряд, що складається з 7-9 цифр. Для роботи за даною методикою можна використовувати, наприклад, такі ряди цифр: 972, 1406, 39418, 067285, 3127843, 18452329, 743295193, 2145824621, 19458237149, 285293512385. Досить доступною є й інша методика визначення короткочасної пам'яті на числа.

Відповідно до цього методу експериментатор дає реципієнту таку попередню інструкцію: “Зараз я назву вам 5 чисел. Ваше завдання – намагатися запам’ятати їх, потім в думці скласти перше число з другим, а отриману суму записати; друге число скласти з третім - суму записати; третє з четвертим – суму записати і, нарешті, четверте з п’ятим - знову записати суму.

Таким чином, у вас повинне бути отримано і записано чотири суми. Час для обчислень - 15 секунд. Після чого я зачитую наступний ряд чисел. Будьте уважні, числа зачитуються один раз”. Експериментатор може пропонувати найрізноманітніші числові ряди з різними, відповідно “ключами” правильних відповідей.

Наведемо для більш детального прикладу варіант числових рядів і “ключа” правильних відповідей.

<i>Числові ряди</i>		<i>“Ключ”</i>	
5 2 7 1 4	4 2 3 1 5	7 9 8 5	6 5 4 6
3 5 4 2 5	3 1 5 2 6	8 9 6 7	4 6 7 8
7 1 4 3 2	2 3 6 1 4	8 5 7 5	5 9 7 5
2 6 2 5 3	5 2 6 3 2	8 8 7 8	7 8 9 5
4 4 6 1 7	3 1 5 2 7	8 10 7 8	4 6 7 9

Обробка отриманих даних здійснюється так: підраховується загальне число правильно знайдених сум. При цьому їх максимальне число складає 40, а норма дорослої людини – від 30 і вище.

Вивчення *об’єму короткочасної пам’яті на слова* здійснюється таким чином: упродовж 24 секунд експериментатор називає 12 слів, ніяк не пов’язаних між собою за значенням, наприклад, “ядро, підручник, тварина тощо”. Реципієнт повинен упродовж однієї хвилини після закінчення читання відтворити їх письмово на аркуші паперу. Величину короткочасної пам’яті на слова (КПс, %) розраховують за такою формулою:

$$\text{КПс} = (\text{С} - \text{А}) \cdot 100 / (\text{С} - \text{В})$$

де КПс - об'єм короткочасної пам'яті на слова, %; С - кількість правильно відтворених слів; А - кількість пропущених слів; В - кількість помилково відтворених слів.

В нормі у дорослої людини величина КПс складає близько 51%.

Дослідження *короткочасної пам'яті на образи* практично схожі з раніше наведеною методикою. В цьому випадку експериментатор упродовж 18 секунд показує реципієнту лист з дев'ятьма зображеними на ньому фігурами. Реципієнт повинен відтворити письмово розташування і вид запропонованих йому фігур упродовж 1,5 хвилин після закінчення експозиції. Оцінку короткочасної пам'яті на зорові образи (КПо, %) проводять згідно з такою формулою:

$$\text{КПо} = (\text{С} - \text{А}) \cdot 100 / (\text{С} - \text{В})$$

де КПо – об'єм короткочасної пам'яті на зорові образи, %; С – кількість правильно відтворених елементів; А – кількість пропущених елементів; В - кількість помилково відтворених елементів.

В нормі у дорослої людини величина КПо складає близько 62%.

Важливим елементом психофізіологічного обстеження є також *ступінь концентрації, стійкості і перемикання уваги* реципієнта. Досить часто для дослідження даних параметрів застосовується *проба Бурдона*.

Згідно з вимогами до цієї проби, обстеження проводиться за допомогою спеціальних бланків з рядами розташованих у випадковому порядку букв. Реципієнт проглядає бланк ряд за рядом і викреслює певні, вказані в інструкції букви. Наприклад, інструкція може виглядати так: “На бланку з буквами викресліть, переглядаючи ряд за рядом, всі букви Е. Через кожні 60 секунд, за моєю командою, відзначте вертикальною рисою те місце, до якого ви встигли проглянути текст”.

На підставі результатів проби Бурдона розраховуються й оцінюються такі психофізіологічні параметри:

- **Концентрація уваги:**

$$КУ = C \cdot C / n$$

де КУ – величина концентрації уваги, кількість знаків; C – число рядків таблиці, переглянутих реципієнтом; n – загальна кількість допущених помилок (пропусків або помилкових закреслень зайвих знаків).

В нормі складає від 300 до 350 знаків.

- **Стійкість уваги:**

$$СУ = S / t$$

де СУ – величина стійкості уваги (темп виконання), кількість переглянутих букв за 60 секунд; S – кількість букв у переглянутій частині коректурної таблиці; t – час виконання.

Норма – від 5 до 10 букв.

- **Показник перемикання уваги:**

$$ППУ = (S_0 / S) \cdot 100$$

де ППУ – показник перемикання уваги, %, S_0 – кількість рядків, що помилково пропрацювали; S – загальна кількість рядків в тій частині, що опрацьована реципієнтом таблиці.

Норма – 10-15%.

Наведені в цьому підрозділі методи оцінки функціонального стану психофізіологічної сфери організму людини є лише частиною комплексу численних методичних підходів до вивчення ВНД. Разом із тим, простота і доступність цих методик дозволяє нам рекомендувати їх для практичного використання в системі функціональної діагностики осіб, які систематично займаються фізичною культурою і спортом.

1.7 Методи діагностики адаптивних можливостей організму

В цьому розділі навчального посібника наведено найсучасніші методи оцінки адаптивних можливостей серцево-судинної системи організму, визнаної більшістю фахівців провідною фізіологічною системою, відповідальною за оперативну реалізацію пристосування до чинників зовнішнього і внутрішнього середовища.

Дані методи є підсумком самостійних експериментальних досліджень авторів навчального посібника, представляють форму винаходу, що має патентну підтримку, але не мають широкого методичного розповсюдження. У зв'язку з цим необхідним є розширений опис розроблених методик, який охоплює як їх обґрунтування, так і алгоритм практичного використання.

Автори підручника сподіваються, що визначені тут методичні підходи до адаптивних можливостей системи кровообігу допоможуть фахівцям в галузі функціональної діагностики більш об'єктивно оцінювати одержані в ході досліджень експериментальні матеріали, більш оперативно реєструвати несприятливі періоди вираженого погіршення адаптаційної здатності організму і проводити на цих засадах як ефективні профілактичні і реабілітаційні заходи, так і корекцію навчально-тренувального процесу серед осіб, які систематично займаються фізичною культурою і спортом.

Одним із перших і найбільш відомих методичних підходів до оцінки адаптивних можливостей системи кровообігу є метод діагностики даного функціонального показника, запропонований Р.М. Баєвським із співавторами. Згідно з методикою Р.М.Баєвського, для визначення адаптаційного потенціалу серцево-судинної системи, а, отже, і її адаптивних можливостей, у реципієнта у стані відносного спокою реєструються традиційні параметри центральної гемодинаміки: (частота серцевих скорочень – ЧСС, уд/хв; артеріальний тиск систолічний – АТс, мм рт.ст.; артеріальний тиск

діастолічний – АТ_д, мм рт.ст.), а також такі показники як маса тіла (МТ, кг), довжина тіла (ДТ, м) і фактичний вік (В, роки).

Величину адаптаційного потенціалу серцево-судинної системи організму авторами цього методу було запропоновано розраховувати за такою формулою:

$$\text{АП} = 0,011 \cdot \text{ЧСС} + 0,014 \cdot \text{АТс} + 0,008 \cdot \text{АТд} + 0,009 \cdot \text{МТ} + 0,014 \cdot \text{В} - 0,009 \cdot \text{ДТ} - 0,27$$

де АП – адаптаційний потенціал серцево-судинної системи, у.о.; ЧСС – частота серцевих скорочень, уд/хв; АТс – артеріальний тиск систолічний, мм рт.ст.; АТд – артеріальний тиск діастолічний, мм рт.ст.; МТ – маса тіла, кг; В – вік, літ; ДТ – довжина тіла, см; 0,27; 0,014; 0,011; 0,009; 0,008 – коефіцієнти рівняння множинної регресії.

Крім даної формули Р.М. Баєвським зі співавторами пропонувався додатковий варіант розрахунку величини адаптаційного потенціалу з використанням вже зазначених вище параметрів і результатів суб'єктивного аналізу електрокардіограми конкретного реципієнта. В цьому випадку формула розрахунку адаптаційного потенціалу системи кровообігу мала такий вигляд:

$$\text{АП} = 0,02 \cdot \text{ЧСС} + 0,01 \cdot \text{АТс} + 0,08 \cdot \text{АТд} + 0,006 \cdot \text{В} + 0,19 \cdot \text{ЕКГ} - 0,001 \cdot \text{ДТ} - 1,17$$

де АП – адаптаційний потенціал серцево-судинної системи, у.о.; ЧСС - частота серцевих скорочень, уд/хв; АТс – артеріальний тиск систолічний, мм рт.ст.; АТд – артеріальний тиск діастолічний, мм рт.ст.; МТ - маса тіла, кг; В - вік, роки ; ДТ – довжина тіла, см; ЕКГ – зміна на ЕКГ, оцінювана суб'єктивно за чотирьохбальною системою.

В обох випадках адаптивні можливості серцево-судинної

системи організму, залежно від отриманих значень АП, оцінювалися таким чином:

- **Задовільна адаптація.** Величина АП $< 2,1$ у.о.
- **Напруга механізмів адаптації.** Величина АП реєструється в межах від 2,11 у.о. до 3,2 у.о.
- **Незадовільна адаптація.** Значення АП реєструються в межах від 3,21 у.о. до 4,3 у.о.
- **Зрив адаптації.** Величина АП складає більше 4,3 у.о.

Не дивлячись на широке практичне розповсюдження методики Р.М. Баєвського, її багаторічне використання під час проведення обстежень різних контингентів людей, у тому числі і спортсменів різної спеціалізації і кваліфікації, цей метод не позбавлений ряду істотних недоліків. Аналіз значного експериментального матеріалу, отриманого рядом авторів останніми роками з використанням методики визначення адаптаційного потенціалу серцево-судинної системи за Р.М. Баєвським, дозволив констатувати її недостатню репрезентативність.

Як видно з наведених вище формул розрахунку величин АП, до них входять такі показники, як частота серцевих скорочень, артеріальний тиск систолічний і діастолічний.

Разом із тим, добре відомо, що дані параметри характеризуються дуже високим ступенем лабільності, тобто можуть дуже легко змінюватися навіть при самих незначних зовнішніх діях, наприклад, зміні положення тіла, дії психологічних, екологічних чинників тощо. Не витримує критики і суб'єктивізм оцінки даних електрокардіограми. У зв'язку з цим, використання означених параметрів як критеріїв оцінки адаптаційних можливостей організму викликає цілком обґрунтовані сумніви, оскільки саме їх висока мінливість і може бути причиною певних погрешностей під час проведення досліджень, пов'язаних із діагностикою поточного

функціонального стану й адаптаційних можливостей організму.

Все зазначене вище переконливо свідчить про те, що використання методики Р.М. Баєвського в будь-яких його модифікаціях не завжди об'єктивно відбиває реальний рівень адаптаційного потенціалу серцево-судинної системи організму людини.

Заслуговує певної уваги і методика оцінки адаптивних можливостей серцево-судинної системи організму, запропонована Г.С. Мельникової із співавторами, яка є модифікацією широко відомого методу варіаційної пульсометрії Р.М. Баєвського.

Згідно з методикою Г.С. Мельникової із співавторами, у реципієнта реєструється електрокардіограма і проводиться математичний аналіз серцевого ритму з визначенням величин M_0 , AM_0 , ΔX і $И_{ссс}$.

Особливістю даного методичного походу є додатковий розрахунок коефіцієнта координованості (K_k) за допомогою формули:

$$K_k = AM_0 / [M_{0a} \cdot A + 100 \cdot (\Delta X - (M_{0b} \cdot B))],$$

де K_k – коефіцієнт координованості, у.о.; M_0 – мода, величина яка найбільш часто зустрічається на електрокардіограмі R-R – інтервалу, с; AM_0 - амплітуда моди, відношення числа R-R інтервалів, відповідних моді до загального числа зареєстрованих R-R інтервалів, %; ΔX – варіаційний розмах R-R інтервалів (різниця між їх максимальним і мінімальним значенням), с; a , A , y , B – постійні вікові коефіцієнти, у.о.

При значеннях K_k менше 0,9 у.о. реєструють наявність зриву адаптаційних реакцій; при $K_k = 0,9 - 1,1$ у.о. – констатують задовільні адаптивні можливості апарату кровообігу; при K_k більше 1,1 у.о. говорять про перенапруження адаптаційних механізмів.

Основними недоліками даного способу є: відсутність аналізу координованості змін початкових показників; високий ступінь

лабільності даних параметрів під впливом зовнішніх і внутрішніх чинників різного характеру; складність і трудомісткість методу у зв'язку з необхідністю розрахунку достатньо великої кількості показників.

Одним із способів кількісної оцінки адаптаційного стану організму, розроблених останнім часом, є методика, запропонована О.Г. Сорокіним (Сорокін О.Г., 2001). Цей спосіб ґрунтується на вимірюванні температури повітря й окремих частин тіла реципієнта і розрахунку на їх основі значення адаптаційного рівня (А, у.о.) за такою формулою:

$$A = C_0 + C_1 \cdot T_9 + C_2 \cdot T_1 + C_3 \cdot T_2 + C_4 \cdot T_3 + C_5 \cdot T_4 + C_6 \cdot T_5 + C_7 \cdot (T_1 - T_6) + C_8 \cdot (T_2 - T_7) + C_9 \cdot (T_3 - T_8) + C_{10} \cdot (T_4 - T_9) + C_{11} \cdot (T_5 - T_{10})$$

де А – значення адаптаційного рівня, у.о.; $C_0 - C_{11}$ – коефіцієнти регресивного рівняння (відповідно 9,58; -0,23; 0,41; 0,85; 0,30; 1,09; 0,01; 1,76; 0,92; 0,78; 1,65; 0,54; T_9 – температура повітря; T_1, T_6 – температура шкіри скроневої зони: зліва; справа; T_2, T_7 – температура ліктвової зони лівої і правої рук; T_3, T_8 – температура шкіри зап'ястної зони лівої і правої рук; T_4, T_9 – температура шкіри долонної зони лівої і правої рук; T_5, T_{10} – температура шкіри зони дистальної фаланги середнього пальця лівої і правої рук.

При всій привабливості даного методичного підходу до оцінки адаптаційного стану організму, не зовсім зрозуміло - про адаптивні можливості якої фізіологічної системи йдеться. Ймовірно, автори методики передбачали оцінку загальних адаптаційних здібностей організму, хоча ними не наведено шкали оцінки даних здібностей, а також їх диференціація залежно від віково-статевих і інших особливостей реципієнтів.

Об'єктивно існуюча недостатня репрезентативність чинних методичних підходів до діагностики адаптивних можливостей

організму послуговувала передумовою для розробки власної методики визначення величини адаптаційного потенціалу серцево-судинної системи.

Цілком очевидно, що цей показник посідає одне з провідних місць у функціональній діагностиці стану осіб, які займаються фізичною культурою і спортом, оскільки дає об'єктивну інформацію щодо характеру їх пристосування до фізичних навантажень різного об'єму й інтенсивності на різних стадіях навчально-тренувального процесу. Високий ступінь адаптованості організму в поєднанні з високим рівнем його функціональної підготовленості є підґрунтям досягнення найвищих спортивних результатів.

Запропонована нами методика оцінки адаптаційного потенціалу системи кровообігу (Маліков М.В., 1999) узгоджується з думкою найавторитетніших фахівців в галузі функціональної діагностики про те, що адаптаційний потенціал має прямий зв'язок з рівнем функціонування системи кровообігу і зворотній із ступенем напруги її регуляторних механізмів. Дійсно, якщо такий відомий параметр, як індекс напруги серцево-судинної системи (ІНссс) є загальновизнаним показником оцінки ступеня напруги регуляторних ланок серцево-судинної системи, то запропонований нами показник ефективності роботи серця (ПЕРС) (див. розділ “Методи оцінки функціонального стану серцево-судинної системи”), можна розглядати як одну з інтегральних характеристик рівня функціонування системи кровообігу.

Виходячи з цього, величину адаптаційного потенціалу було запропоновано розраховувати за такою формулою:

$$\text{АП} = \text{ПЕРС} / \text{ІНссс}$$

де АП – величина адаптаційного потенціалу серцево-судинної системи організму, у.о.; ПЕРС – показник ефективності роботи серця, у.о.; ІНссс – індекс напруги регуляторних механізмів системи кровообігу, у.о.

Відповідно до розробленої нами методики, під час визначення поточних адаптивних можливостей серцево-судинної системи організму у реципієнта, проводиться реєстрація електрокардіограми (ЕКГ) в другому стандартному відведенні.

Під час аналізу отриманої кардіограми основну увагу надається математичному аналізу масивів R-R інтервалів і QRS – комплексів, необхідному для розрахунку величин ПЕРС і ІНссс (докладний опис методики визначення даних функціональних параметрів, що застосовуються у формулі для визначення значень адаптаційного потенціалу системи кровообігу, приведено в розділі “Методи оцінки функціонального стану серцево-судинної системи”).

В більш розгорненому вигляді, з урахуванням значень R-R інтервалів і QRS – комплексів, величину адаптаційного потенціалу серцево-судинної системи можна визначити за допомогою такої формули:

$$AP = (M_{oh} \cdot A_{M_{oh}} \cdot \Delta X \cdot M_o) / (A_{M_o} \cdot \Delta X_h)$$

де AP – адаптаційний потенціал серцево-судинної системи, у.о.;
M_{oh} – величина комплексу QRS, мВ, що часто зустрічається;
A_{M_{oh}} – частота зустрічається M_{oh} в загальному масиві комплексів QRS %;
ΔX – різниця між максимальним і мінімальним значеннями інтервалів R-R, с;
M_o – величина інтервалу R-R, що часто зустрічається, с;
A_{M_o} – частота зустрічається M_o, %;
ΔX_h – різниця між максимальним і мінімальним значеннями комплексів QRS, мВ.

Для оцінки рівня адаптивних можливостей реципієнтів, нами також було розроблено спеціальну шкалу оцінки, яка передбачає наявність 2-х вікових груп (7-18 років і 20-55 і більше років) і 5-і функціональних класів (“низький” рівень адаптивних можливостей, “нижче середнього”, “середній”, “вище середнього” і “високий”).

Таблиця 5

Шкала оцінки адаптивних можливостей серцево-судинної системи організму

№ n/n	Рівні адаптивних можливостей	Значення АП	
		7-18 років	20-45 і більше років
1	Низький	<0,406	<0,519
2	Нижче середнього	0,407-0,631	0,520-0,869
3	Середній	0,632-1,084	0,870-1,569
4	Вище середнього	1,085-1,310	1,570-1,919
5	Високий	>1,310	>1,919

Експериментальна апробація розробленої нами методики діагностики поточних адаптивних можливостей системи кровообігу дозволила не тільки дійти висновку про її високу інформативність і необхідність практичного використання в системі медико-біологічного контролю за функціональним станом організму під час занять фізичною культурою і спортом, але і виявити ряд певних недоліків. Перш за все, це відсутність у формулі розрахунку значень адаптаційного потенціалу системи кровообігу величин маси, довжини тіла, віку конкретного реципієнта, а також “подвійна шкала” оцінки адаптивних можливостей організму (для дітей шкільного віку і для осіб більш старшого віку).

Все зазначене вище послугувало підставою для відповідної корекції розробленого нами методичного підходу до діагностики поточних адаптаційних здібностей організму із збереженням основної методологічної ідеї реєстрації величини АП.

Результатом даних досліджень, проведених на численному контингенті людей різної статі, віку, рівня тренуваності, стала модифікована формула розрахунку величини АП і єдина для всіх реципієнтів шкала оцінки адаптивних можливостей серцево-судинної

системи їхнього організму (Богдановська Н.В., Маліков М.В., 2003).

Після внесення відповідних коректувань із застосуванням рівнянь множинної регресії, формула розрахунку величини адаптаційного потенціалу системи кровообігу має такий вигляд:

$$\text{АП} = K_1 - K_2 \cdot \text{ДТ} + K_3 \cdot \text{МТ} + K_4 \cdot ((\text{Моh} \cdot \text{АМоh}) / 2 \cdot \Delta\text{Xh}) - K_5 \cdot \text{В} - K_6 \cdot (\text{АМо} / (2 \cdot \text{Мо} \cdot \Delta\text{X}))$$

де АП – адаптаційний потенціал серцево-судинної системи, у.о.; ДТ – довжина тіла, м; МТ – маса тіла, кг; Моh – величина комплексу QRS, що часто зустрічається, мВ; АМоh – частота зустрічається Моh в загальному масиві комплексів QRS, %; ΔXh – різниця між максимальним і мінімальним значеннями комплексів QRS, мВ; В – вік, роки; АМо – частота зустрічається Мо, %; Мо – величина інтервалу R-R, що часто зустрічається, с; ΔX – різниця між максимальним і мінімальним значеннями інтервалів R-R, с; $K_1=1,817$; $K_2 = 0,99, \text{ м}^{-1}$; $K_3 = 0,0237, \text{ кг}^{-1}$; $K_4 = 0,0097\%$; $K_5 = 0,0092, \text{ роки}^{-1}$; $K_6 = 0,0048\%/c^2$ – коефіцієнти рівняння множинної регресії.

Як видно з наведеної формули, змінилися лише деякі її фрагменти для визначення величини адаптаційного потенціалу, тоді як сама методика проведення обстеження залишилася незмінною: реєстрація електрокардіограми у другому стандартному відведенні з подальшим математичним аналізом R-R-інтервалів і QRS-комплексів.

Окрім модифікованої формули розрахунку величини адаптаційного потенціалу серйозною перевагою даної методики є розробка єдиної для всіх реципієнтів шкали оцінки адаптивних можливостей системи кровообігу їхнього організму (табл.6).

На жаль, аналіз значного об'єму літературних джерел щодо проблем адаптації організму до різних зовнішніх чинників, зокрема, до фізичних навантажень різного характеру, не дозволив знайти

інших, крім вже наведених, методичних підходів до кількісного визначення величини адаптаційного потенціалу серцево-судинної системи і, отже, адаптивних можливостей цієї фізіологічної системи.

Таблиця 6

Шкала оцінки адаптивних можливостей серцево-судинної системи організму

<i>№ n/n</i>	<i>Рівні адаптивних можливостей</i>	<i>Значення АП</i>
1	Низький	<1,01
2	Нижче середнього	1,01–1,195
3	Середній	1,196–1,625
4	Вище середнього	1,626–1,79
5	Високий	>1,79

Безперечно, це питання вимагає подальшого вивчення і розвитку. Особливо важливим воно є для системи функціональної діагностики загального стану організму осіб, які систематично займаються фізичною культурою і спортом. Разом із тим, ми сподіваємося, що висвітлені нами методи визначення адаптаційних здібностей організму знайдуть широке застосування серед фахівців в галузі спортивної фізіології і медицини, практичних тренерів з різних видів спорту і серед спортсменів.

1.8 Методи інтегральної оцінки фізичного здоров'я

Ідея визначення рівня фізичного здоров'я виникла в результаті необхідності отримання об'єктивної інформації про цей показник серед практично здорових людей. Для даної категорії осіб не зовсім доречним було використання традиційного трактування стану здоров'я виключно в медичному аспекті. Більш правомірним було введення в теорію і практику медико-біологічних дисциплін такого

інтегрального показника, який відбивав би загальний функціональний стан і адаптаційні здібності здорового організму в цілому.

Тривалі багаторічні дослідження в цьому напрямі дозволили не тільки розробити ряд репрезентативних методичних підходів до визначення рівня фізичного здоров'я різних категорій людей, але і застосувати цей функціональний параметр в діагностиці донозологічних станів, граничних між станом повного “здоров'я” і першими ознаками патології. Можна думати, що методологічною базою для цього стали теоретичні й експериментальні дослідження таких відомих фахівців в галузі нормальної, спортивної, екологічної фізіології, функціональної діагностики тощо, як В.П. Казначеев, В.І. Медведєв, Р.М. Баєвський, М.О. Агаджанян та ін. Саме ними вперше були висунуті положення про основні стани життєдіяльності організму, до яких були віднесені не тільки традиційні поняття “здоров'я” і “хвороба”, але і введений новий термін “донозологічний стан” або “предхвороба”. Цей стан було запропоновано розглядати як граничний між здоров'ям і хворобою, а основною його характеристикою вважався високий рівень функціональної напруги і зниження адаптаційних здібностей організму.

У ряді найбільш відомих і традиційно використовуваних методичних підходів до визначення рівня фізичного здоров'я в першу чергу слід відзначити методи, розроблені й апробовані В.А. Шаповаловою (комп'ютерна програма “Школяр”) і Г.Л. Апанасенком. Не дивлячись на істотні відмінності, запропонованої цими авторами методики експрес-оцінки фізичного здоров'я є реальним втіленням ідеї кількісної оцінки стану здоров'я різних категорій людей. Більш того, згідно з методом професора В.А. Шаповалової, уможливилось визначення рівня рухової підготовленості школярів. Безумовно, цей факт мав і має величезне значення у процесі інтегральної оцінки загального функціонального стану організму і здоров'я в цілому.

Згідно з методикою В.А. Шаповалової, весь процес обстеження розподілено на медичне і фізичне тестування реципієнта.

В рамках медичного тестування проводиться реєстрація основних антропометричних даних реципієнта (*довжини і маси тіла*), а також деяких функціональних показників: *частоти серцевих скорочень* за 30 секунд; *артеріального тиску систолічного* – АТс, мм рт.ст.; *життєвої ємності легень* – ЖЄЛ, мл; *час затримки дихання на вдиху* – Твд., с і *часу затримки дихання на видиху* – Твид., с. Окрім цього, під час проведення медичного тестування передбачено використання проби з фізичним навантаженням - реєстрація *кількості підйомів тулуба з положення лежачи за 60 секунд*.

Якщо медичне тестування передбачено для оцінки поточного рівня фізичного здоров'я реципієнтів, то фізичне - для оцінки рівня їхньої рухової підготовленості. З цією метою у реципієнтів визначаються *результати стрибка в довжину з місця* (см), *кількість підтягань на щабліні* (к-ть раз), *часу виконання човникового бігу 3 по 10 м (с)* і *подолання дистанції 1500 м* (хв і с).

Всі отримані в ході медичного і фізичного тестування первинні дані піддаються обробці на персональному комп'ютері за спеціально розробленою автором програмою. В результаті даного аналізу кожний реципієнт одержує певну кількість балів, на підставі яких робиться висновок про рівні його фізичного здоров'я і рухової підготовленості.

Якщо в результаті комп'ютерної обробки загальна бальна оцінка реципієнта склала менше 40 балів, то рівень його фізичного здоров'я оцінюється як низький, при 41-55 балах – як нижче середнього, при 56-70 балах - як середній, при 71-85 балах – як вище середнього і при результаті від 86 до 100 балів – як високий.

Система оцінки фізичної підготовленості реципієнтів аналогічна вищезазначеній. Виключенням є той факт, коли у реципієнта рівень здоров'я оцінюється як низький (менше 40 балів), то проведення

фізичного тестування для нього виключено.

Багаторічні дослідження різних авторів за програмою “Школяр” довели її достатньо високу репрезентативність і можливість практичного використання під час проведення масових донозологічних обстежень дітей шкільного віку.

Експрес-оцінка рівня фізичного здоров'я реципієнтів за Г.Л. Апанасенко розроблена у двох модифікаціях: для дітей шкільного віку і для представників дорослого контингенту населення.

Таблиця 7

Експрес-оцінка рівня фізичного здоров'я у жінок
(за Г.Л. Апанасенко)

Показник	Низький	Нижче середнього	Середній	Вище середнього	Високий
Маса тіла / Довжина тіла, г/см	≥451	351-450	≤350	-	-
Бали	(-2)	(-1)	(0)	(1)	(-)
ЖЄЛ / Маса тіла, мл/кг	≤40	41-45	46-50	51-56	≥56
Бали	(-1)	(0)	(1)	(2)	(3)
Динамометрія кисті	≤40	41-50	51-55	56-60	≥61
Бали	(-1)	(0)	(1)	(2)	(3)
ЧСС x АТс, у.о. 100	≥111	95-110	85-94	70-84	≤69
Бали	(-2)	(-1)	(0)	(3)	(5)
Час відновлення ЧСС після 20 присідань за 30 секунд	>3	2-3	1,30-1,59	1,00-1,29	≤0,59
Бали	(-2)	(1)	(3)	(5)	(7)
Загальна оцінка рівня здоров'я (сума балів)	≤3	4-6	7-11	12-15	16-18

Під час визначення рівня фізичного здоров'я за Г.Л. Апанасенко у дорослих осіб реєструють основні антропометричні показники (*довжину і масу тіла*), а також деякі функціональні – *частоту серцевих скорочень* (ЧСС, уд/хв), *артеріальний тиск систолічний* (АТс, мм рт.ст.), *життєву ємність легень* (ЖЄЛ, мл), *силу м'язів кисті* (методом динамометрії, в % від маси тіла) і *час відновлення після 20 присідань за 30 секунд* (Твідн., с). Отримані в ході первинного обстеження результати порівнюються з табличними

даними (табл.7 – для жінок і табл.8 – для чоловіків), на основі чого за реальну величину кожного з означених параметрів нараховується певна кількість балів.

Оцінку інтегрального показника - *рівня фізичного здоров'я (РФЗ, бали)* проводять з урахуванням сумарної кількості отриманих балів і градацією РФЗ на наступні функціональні класи: “низький”, “нижче середнього”, “середній”, “вище середнього”, “високий”.

Таблиця 8

Експрес-оцінка рівня фізичного здоров'я у чоловіків
(за Г.Л. Апанасенко)

Показник	Низький	Нижче середнього	Середній	Вище середнього	Високий
Маса тіла / Довжина тіла, г/см	≥501	451-50	≤450	-	-
Бали	(-2)	(-1)	(0)	(1)	(-)
ЖЕЛ / Маса тіла, мл/кг	≤50	51–55	56–60	61–65	≥66
Бали	(-1)	(0)	(1)	(2)	(3)
Динамометрія кисті	≤60	61-65	66–70	71–80	≥80
Бали	(-1)	(0)	(1)	(2)	(3)
ЧСС х АТс, у.о. 100	≥111	95–110	85–94	70–84	≤69
Бали	(-2)	(-1)	(0)	(3)	(5)
Час відновлення ЧСС після 20 присідань за 30 секунд	≥3	2–3	1,30-1,59	1,00-1,29	≤0,59
Бали	(-2)	(1)	(3)	(5)	(7)
Загальна оцінка рівня здоров'я (сума балів)	≤3	4–6	7–11	12–15	16–18

При реєстрації за методом Г.Л. Апанасенко рівня фізичного здоров'я дітей шкільного віку, у них проводиться реєстрація тих самих функціональних показників, тільки співвідношення маси і довжини тіла розраховується за спеціальними таблицями (дивись додатки), а замість часу відновлення ЧСС після 20 присідань за 30 секунд розраховується *індекс їх фізичної працездатності* (ІПр, у.о.) за формулою Руфье-Діксону:

$$IP = ((4 \cdot (ЧСС_1 + ЧСС_2 + ЧСС_3) - 200)) / 10$$

де IP – індекс фізичної працездатності або індекс Руфье-Діксону, у.о.; ЧСС₁ – величина ЧСС у стані відносного спокою за 15 с, уд/хв; ЧСС₂ – величина ЧСС у перші 15 с після 30 присідань за 45 с, уд/хв; ЧСС₃ – величина ЧСС в останні 15 с 1-ої хвилини відновлення після дозованого фізичного навантаження, уд/хв.

Таблиця 9

Експрес-оцінка рівня фізичного здоров'я хлопчиків і дівчаток 7-16 років (за Г.Л. Апанасенко)

Показник	Хлопчики					Дівчини				
	Низький	Нижче середнього	Середній	Вище середнього	Високий	Низький	Нижче середнього	Середній	Вище середнього	Високий
Відповідність маси довжині тіла Бали	ожиріння -3 -3		загроза ожиріння -1	норма 0 0		ожиріння -3 -3		загроза ожиріння -1	норма 0 0	
ЖЕЛ / Маса тіла, мл/кг Бали	45 0	56-60 1	51-60 2	61-69 3	70 4	40 0	41-47 1	48-55 2	55-65 3	66 4
Динамометрія кисті Бали	45 0	46-50 1	51-60 2	61-65 3	66 4	40 0	41-45 1	46-50 2	51-55 3	50 4
ЧСС x АТс, 100 у.о. Бали	101 0	91-100 1	90-81 2	80-75 3	74 4	101 0	91-100 1	90-81 2	80-75 3	74 4
IP Бали	14 -2	11-13 -1	6-10 2	4-5 5	3 7	14 -2	11-13 -1	6-10 2	4-5 5	3 7
Загальна оцінка рівня здоров'я (сума балів)	2	3-5	6-10	11-12	13	2	3-5	6-10	11-12	13

Отримані в ході первинного обстеження результати порівнюються з табличними даними (табл.9) з привласненням певної кількості умовних балів за кожний із зареєстрованих для даного реципієнта показник.

Оцінку інтегрального показника - *рівня фізичного здоров'я (РФЗ, бали)* проводять з урахуванням сумарної кількості отриманих балів і градацією РФЗ на наступні функціональні класи: “низький”, “нижче середнього”, “середній”, “вище середнього”, “високий”.

Слід відзначити, що методика Г.Л. Апанасенко в різних модифікаціях, як і комп'ютерна програма “Школяр” (В.А. Шаповалова), отримали широке розповсюдження під час проведення медико-біологічних обстежень численного контингенту населення.

У ряді досліджень застосовується також методика визначення рівня фізичного здоров'я, розроблена В.С. Язловецьким і В.О. Іванченко, яка отримала назву “Тест-здоров'я”. Відповідно до розробленого авторами методичного підходу для оцінки рівня фізичного здоров'я конкретного реципієнта проводиться:

- безпосереднє тестування з використанням дозованого фізичного навантаження у вигляді 2-х хвилинного бігу на місці (в темпі 180 кроків в хвилину);
- непряме тестування - шляхом нарахування певної кількості балів за вік, частоту серцевих скорочень у стані відносного спокою, співвідношення довжини і маси тіла, відношення до шкідливих звичок (куріння) і систематичних занять фізичною культурою і спортом.

Алгоритм розрахунку рівня фізичного здоров'я за В.С. Язловецьким і В.А. Іванченко можна представити в такому вигляді:

1. Оцінка за віком. Початкова кількість балів для кожного реципієнта складає 40 балів. За кожний рік до 20 років додатково

дається один бал, від 20 до 40 років бали не додаються, а після 40 років за кожний прожитий рік віднімається 1 бал з 40.

2. Оцінка за величину ЧСС у стані відносного спокою. Якщо пульс реципієнта в стані спокою нижче 90 уд/хв, то за його зниження на 1 удар додається 1 бал до суми пункту 1. Якщо величина ЧСС перевищує 90 уд/хв, то за кожний “зайвий удар” віднімається 1 бал із суми пункту 1.

3. Оцінка за чинником ризику (ставлення до куріння). Всі некурящі одержують додатково 30 балів.

4. Оцінка за співвідношенням довжини і маси тіла. Спочатку оцінюють величину “ідеальної маси” тіла за формулою: $MT (кг) = DT (довжина тіла, см) - 100$. У випадку, якщо істинна вага перевищує належну більш, ніж на 5 кг, з суми пунктів 1,2 і 3 віднімається 30 балів. Якщо маса тіла реципієнта менше належної на 5-10 кг, то до отриманої раніше суми додається 5 балів. У всій решті випадків бали не нараховуються.

5. Оцінка за швидкістю відновлення ЧСС після дозованого фізичного навантаження. В кінці 4-ої хвилини відновлення після 2-х хвилинного бігу на місці (180 кроків в хвилину) у реципієнта визначають величину ЧСС. Якщо реєструється повне відновлення ЧСС (або нижче за початкові значення даного показника), то до суми пунктів 1-4 додається 30 балів. При неповному відновленні від 30 балів віднімається надмірне число ударів, а залишок додається до суми пунктів 1-4.

6. Оцінка за відношенням до систематичних занять фізичною культурою і спортом. За регулярні заняття фізичними вправами (оздоровчий біг, ходьба, плавання, їзда на велосипеді, ранкова гімнастика тощо) до отриманій раніше суми додається 10 балів, в іншому випадку із суми пунктів 1-5 віднімається 20 балів.

Отримана в результаті прямого і непрямого тестування загальна сума балів застосовується для оцінки рівня фізичного здоров'я реципієнта відповідно до таблиці 10.

Таблиця 10

Рівні фізичного здоров'я й адаптивних можливостей за тестом “Здоров'я” (В.С. Язловецький, В.О. Іванченко).

№ п/п	<i>Рівень фізичного здоров'я (ступінь адаптації до середовища)</i>	<i>Бали</i>
1	Оптимальний рівень здоров'я й адаптації, відмінний стан здоров'я	100 і більш
2	Добрий рівень здоров'я й адаптації, стан здоров'я добрий і середній	61-100
3	Задовільний рівень здоров'я з порушенням механізмів адаптації, стан здоров'я задовільний	49-60
4	Незадовільний рівень здоров'я з недостатньою адаптацією, практично здоровий (а)	21-40
5	Незадовільний рівень здоров'я із зривом адаптації, предхвороба	20 і менш
6	Захворювання	0

Разом із тим, необхідно вказати на виражену однобічність тесту “Здоров'я”, що істотно знижує його ефективність і можливість широкого практичного застосування.

З урахуванням всього вищезазначеного можна констатувати, що сьогодні назріла необхідність розробки більш сучасних методів оцінки поточного рівня фізичного здоров'я, які передбачають оцінку ефективності роботи єдиної функціональної системи, її окремих елементів і характер взаємозв'язку між ними.

РОЗДІЛ II

ДІАГНОСТИКА ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ ПІДГОТОВЛЕНОСТІ ОРГАНІЗМУ СПОРТСМЕНІВ

На загально визнану думку, оцінка функціональної підготовленості організму під час занять спортом має важливе значення для оптимальної побудови навчально-тренувального процесу, своєрідного “виходу” спортсменів на максимально високий рівень, що, разом з іншими чинниками, забезпечує досягнення максимально можливого спортивного результату. Дійсно, тільки у тому випадку, коли основні фізіологічні системи організму досягають оптимального рівня функціонування, оптимальному ступеня взаємоузгодженості, можна говорити про можливість адекватної відповіді на фізичні навантаження різного об’єму й інтенсивності. Достатньо повно, на нашу думку, значення функціональної підготовленості в діяльності спортсменів відбито в схемі, наведеній на рисунку 3.

Для практичних тренерів, фахівців в галузі фізичної культури і спорту вже давно не є секретом той факт, що для досягнення високого спортивного результату, спортсмен повинен бути підготовлений і в технічному, і в психологічному, і в тактичному, і у функціональному відношенні. Тільки в результаті гармонійного розвитку цих складових спортивного успіху спортсмен дійсно може показати ті результати, яких чекають від нього численні уболівальники, фахівці і на які розраховує він сам.

Та все ж, роль саме функціональної готовності важко переоцінити, вона є головною, своєрідною базою для повної реалізації всіх інших чинників. Напевно, кожний із нас звертав увагу на те, що чудово технічно і тактично підготовлений спортсмен,

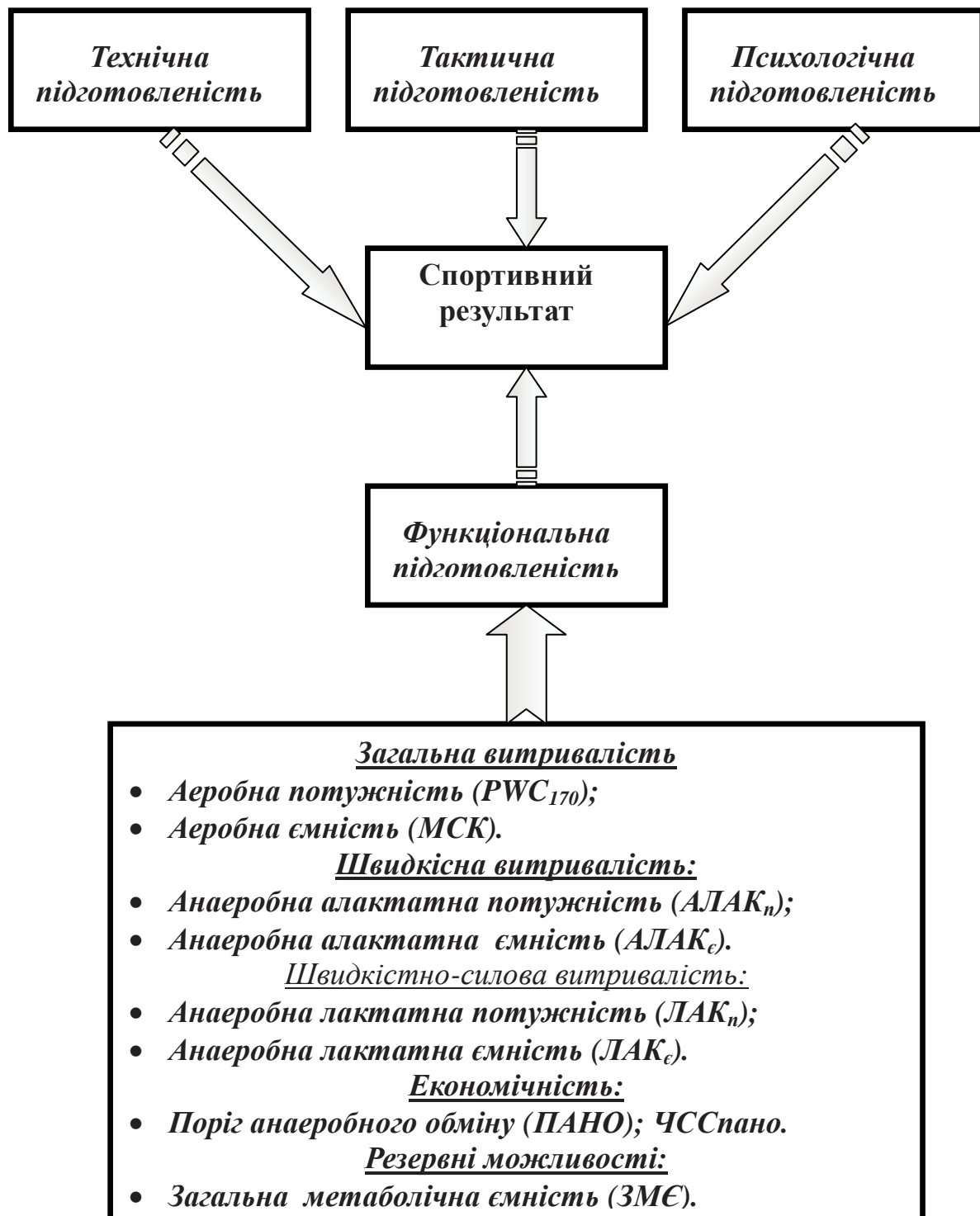


Рис. 2 Комплекс основних видів підготовленості організму, які забезпечують досягнення необхідного спортивного результату (окремо показані основні структурні елементи ступеню функціональної підготовленості організму)

чудово починаючи свій спортивний виступ в бігу, плаванні, спортивних іграх тощо різко “здавав” через незначний час і його високий техніко-тактичний рівень вже не міг компенсувати значне відставання від інших спортсменів. Цей факт має цілком наукове пояснення. При недостатній функціональній підготовленості спортсмена в його організмі дуже швидко нагромаджуються ознаки природного стомлення, в ЦНС починають переважати гальмівні процеси, які порушують оптимальний хід роботи провідних фізіологічних систем. Звідси прояв всіх несприятливих ознак: почастищення серцебиття, артеріального тиску, больові відчуття, порушення координації рухів тощо.

Отже, що функціональна підготовленість є тією необхідною умовою спортивного успіху, яка дає можливість реалізувати всі елементи спортивної підготовленості тієї або іншої людини.

Проте дотепер ми ще не можемо говорити про створення дійсно оптимальних систем моніторингу за рівнем функціональної підготовленості. І це не дивлячись на те, що її алгоритм, тобто основні складові, вже давно відомі і тренерам, і спортсменам і фахівцям в галузі спортивної фізіології і медицини. Чому ж справа йде таким чином, чому здавалося б зрозумілі питання є каменем спотикання для багатьох? В чому справа – в елементарному ігноруванні останніх досягнень спортивної науки або у відсутності чіткої і ясної програми діагностики цієї найважливішої функціональної якості з боку спортивних медиків і фізіологів?

На нашу думку, аналіз цієї проблеми має найважливіше значення не тільки для вузького кола фахівців, але і, в першу чергу, саме для спортсменів і тренерів, оскільки вони найпершими відчувають на собі весь вантаж тренувань і змагань, біль поразок і невдач.

Ми вже згадували про те, що алгоритм діагностики функціональної підготовленості добре відомий. Спробуємо

розібратися звідки ж виникають тоді проблеми при плануванні навчально-тренувального процесу, виходу спортсменів на найбільш оптимальний рівень “спортивної форми”.

Відомо, що для оптимального виконання організмом фізичних навантажень він повинен володіти певним енергетичним потенціалом і уміти дуже економно розпоряджатися ним. Тільки в цьому випадку адаптація до навантаження буде оптимальною і той або інший спортсмен може досягти необхідного результату. Тут ми маємо справу із спрощеною моделлю функціональної системи, коли її окремі елементи об’єднуються між собою для отримання найбільш адекватної реакції.

З курсу фізіології спорту добре відомо, що забезпечення організму енергією, необхідною для м’язової діяльності, відбувається трьома шляхами:

• **Алактатний анаеробний механізм енергозабезпечення.**

Основним джерелом енергії В цьому випадку виступають аденозінтрифосфорна кислота (АТФ) і креатинфосфат (КФ), що містяться в скелетних м’язах. При цьому необхідно відзначити, що концентрація КФ майже в 3 рази перевищує концентрацію АТФ і використовується, передусім, для відновлення останньої під час нетривалих максимальних навантажень. Назву – “алактатний анаеробний шлях енергозабезпечення” - цей механізм отримав внаслідок того, що енергія в цьому випадку утворюється за рахунок використання макроенергетичних з’єднань (АТФ і КФ), без участі гліколитичних і окислювальних процесів.



Алактатні джерела енергії можуть забезпечити виконання фізичних навантажень тільки в обмежений, нетривалий проміжок часу (до 20 с) і рівень їх розвитку має особливе значення для

циклічних видів спорту переважно максимальної потужності, а також для ациклічних видів при прискореннях, істотній мобілізації функціональних ресурсів. У зв'язку з цим, спортсменам, які спеціалізуються в даних видах фізичних вправ, дуже важливо мати і високий рівень алактатного анаеробного енергозабезпечення.

• **Лактатний анаеробний механізм енергозабезпечення.** При більш тривалих фізичних навантаженнях (від 20 до 90 с) провідне місце в системі енергозабезпечення м'язової діяльності переходить до лактатного анаеробного механізму. В цьому випадку основна маса енергії утворюється за рахунок розпаду вуглеводів (головним чином, м'язового глікогену) в умовах все ще наявного дефіциту кисню.



Утворена таким чином енергія витрачається не тільки на забезпечення роботи опорно-рухового апарату, але і на відновлення запасів АТФ і КФ.

Таблиця 11

Системи енергозабезпечення залежно від тривалості роботи і видів фізичної діяльності (за Дж.Д. Мак-Дугаллу, 1998).

Основні енергетичні системи	Тривалість роботи	Вид фізичної діяльності
АТФ і КФ	Менше 20 с	Штовхання ядра, біг на 100 м, маховий рух в гольфі і тенісі, бігові прискорення в іграх (наприклад, у футболі)
АТФ, КФ і анаеробний гліколіз (молочна кислота)	Від 30 до 90 с	Біг на 200 – 400 м, швидкісний біг на ковзанах, плавання на 100 м
Анаеробний гліколіз (молочна кислота) і аеробні процеси	Від 90 с до декількох хвилин	Біг на 800 м, види гімнастики, бокс (3-хвилинні раунди), боротьба (2-хвилинні періоди)
Аеробні процеси	Більше декількох хвилин	Футбол (окрім воротарів), лижні гонки, марафон, біг підтюпцем

Разом із тим, м'язові скорочення за рахунок лактатного анаеробного механізму не можуть продовжуватися достатньо тривалий час, оскільки в крові нагромаджується значна кількість продуктів розпаду (молочної кислоти або лактата) і, як наслідок, спостерігається явище ацидозу. Значний ацидоз і висока інтенсивність витрачання запасів глікогену призводять до вираженого зниження інтенсивності фізичної роботи. Лактатні джерела енергії є провідними для видів спорту переважно субмаксимальної потужності, перелік яких наведено в таблиці 11.

• **Аеробний (окислювальний) механізм енергозабезпечення.**
У випадку ще більш тривалих навантажень (більше 90 с) основна роль в енергозабезпеченні організму переходить до аеробного (окислювального) механізму.



Його джерела поступають як безпосередньо із самого м'яза (вільні жирні кислоти і глікоген), так і з інших складових (вільні жирні кислоти з жирової тканини і глюкоза печінки). Енергія, яка утворюється при цьому, йде на відновлення запасів АТФ і КФ і власне забезпечення м'язової роботи. Шлях аеробного енергозабезпечення домінує, головним чином, в циклічних видах спорту великої і помірної потужності і ряді ациклічних (зокрема, в ігрових видах спорту) видах фізичних вправ.

Механізми забезпечення організму енергією під час виконання фізичних навантажень є елементами єдиної енергетичної системи, а їх розподілення носить умовний характер, і застосовано для зручності аналізу.

З урахуванням вище приведених матеріалів слід звернути увагу на те, що незалежно від спеціалізації спортсменів, для них необхідним є оптимальний рівень функціонування всіх трьох елементів енергозабезпечення м'язової діяльності. Так, наприклад,

для стаєра, крім розвитку аеробних здібностей, важливим є розвиток як алактатних, так і лактатних механізмів, необхідних для забезпечення оптимальних прискорень в середині дистанції і фінішних спуртів.

Для спортсменів, які спеціалізуються в ігрових видах спорту, оптимальний рівень розвитку всіх складових системи енергозабезпечення є необхідною умовою підтримки на належному рівні швидкісних, швидкісно-силових якостей і загальної витривалості.

Перелік таких прикладів можна продовжувати достатньо довго. Зрозуміло одне – досягнення високого спортивного результату у будь-якому виді спорту повинно підкріплюватися відповідною формою адаптації організму спортсмена до фізичних навантажень різного характеру, одним із елементів якої є оптимальне поєднання всіх механізмів забезпечення організму енергією або його оптимальний енергетичний потенціал.

Не дивлячись на достатнє теоретичне опрацювання питання енергозабезпечення м'язової діяльності, в означеній проблемі ще залишається багато незрозумілих питань.

Аналіз численних літературних джерел з проблеми функціональної підготовленості спортсменів, власні дослідження, роздуми, надали змогу дійти висновку, що під час оцінки даного функціонального параметру важливо визначити не тільки рівень функціонування системи енергозабезпечення, але мати чітке уявлення про такі її показники, як потужність, ємність, ступінь реалізації.

Можна мати, наприклад, високу алактатну ємність (під якою нами розуміється загальна концентрація макроенергетичних джерел енергії в організмі), але низький показник її використання, внаслідок чого низькою буде алактатна потужність і, отже, спортивні результати під час виконання швидкісних і швидкісно-силових видів

фізичних вправ. З другого боку, високий ступінь реалізації потенційних можливостей сприятиме досягненню високої потужності і результату при початково недостатній ємності. Іншими словами, досягнення максимального рівня функціонування систем енергозабезпечення можливо тільки у разі гармонійного поєднання високої потужності і ємності системи з високим ступенем її реалізації.

Напевно, вже стає зрозумілим, що під час діагностики функціональної підготовленості спортсменів особлива увага повинна бути відведена визначенню рівня їх алактатної потужності і ємності (характеризують рівень швидкісної підготовленості), лактатної потужності і ємності (характеризують рівень швидкісно-силової підготовленості), аеробної потужності і ємності (характеризують рівень загальної витривалості). Крім цього, важливим є визначення загальної метаболічної ємності їх організму, а також економічності функціонування системи енергозабезпечення. Очевидно, що алгоритм діагностики функціональної підготовленості спортсменів відбито достатньо повно.

Здавалося б, проблему медико-біологічного контролю за функціональною підготовленістю спортсменів вирішено, необхідно тільки реалізувати її практично, з відповідним коректуванням навчально-тренувального процесу і чекати від спортсменів високих результатів, рекордів і медалей. Проте саме тут, при всій ясності основних моментів діагностики функціональної підготовленості, виникають основні проблеми, частіше за все пов'язані з практичним визначенням конкретного функціонального показника.

Як, наприклад, визначити алактатну ємність? Зрозуміло, що необхідні методичні підходи, пов'язані з визначенням змісту АТФ і КФ в організмі спортсменів.

Проте це трудомісткі і дуже дорогі методики, доступні далеко не всім навіть дуже забезпеченим спортивним організаціям і клубам.

Пряме ж визначення лактатної ємності пов'язано із значними, до знемоги, фізичними навантаженнями, постійними заборами крові й інших біологічних рідин, що саме по собі є негативним стресовим чинником для реципієнта. Та і з практики всім добре відомо, з яким “бажанням” йдуть спортсмени на клінічні і біохімічні дослідження під час тренувань, а тим більше змагань.

Окрім цього, об'єктивно існуюча в цей час недостатня ефективність функціонального тестування спортсменів різної спеціалізації і кваліфікації пов'язана значною мірою, з відсутністю єдиної комплексної системи, внаслідок чого сам процес тестування зводиться, в основному, до реєстрації окремих параметрів функціональної підготовленості з використанням цілої “батареї” тестів. Все це призводить не тільки до збільшення тривалості функціонального тестування, але і до надмірного нетренувального і незмагального перевантажень організму спортсменів.

Вочевидь, в даному питанні виникла необхідність якісного прориву, створення, з використанням останніх досягнень інформатизації і комп'ютеризації, високотехнологічних діагностичних програм функціональної підготовленості спортсменів. Дещо випереджаючи виклад матеріалу, ми можемо констатувати, що такі програми вже з'явилися і саме останнім часом проходять експериментальну апробацію. За ними майбутнє спортивної фізіології і медицини. Огляд основних положень сучасних комп'ютерних програм діагностики функціональної підготовленості організму спортсменів буде наведено наприкінці даного розділу. Зараз же, з метою збереження логіки викладу навчального матеріалу, наводимо перелік основних методичних підходів до оцінки основних елементів функціональної підготовленості організму.

2.1 Методи визначення алактатної анаеробної потужності й ємності організму

Одним із самих найбільш і широко застосованих тестів для визначення алактатної анаеробної потужності є *тест Маргарія*. Основним змістом даного методичного підходу є реєстрація часу проходження реципієнтом дискретної дистанції на спеціально сконструйованих сходах, обладнаних двома перемикаючими пристроями (на основі фотоелементів). Реципієнт на початку тестування знаходиться на відстані 2 м від сходів, потім по команді експериментатора біжить по ній з максимально можливою швидкістю через 2 сходинки вгору, перемикаючи пристрої, розташовані на 8-й і 12-й сходинках (виконання 4-го і 6-го кроків).

На основі результатів тестування за методикою Маргарія розраховуються величини алактатної анаеробної потужності: абсолютна (аАЛАКп, кгм/хв.або Вт) і відносна (вАЛАКп, кгм/хв/кг або Вт/кг).

Величина абсолютної алактатної анаеробної потужності розраховується за такою формулою:

$$\text{аАЛАКп} = (\text{MT} \bullet \text{H}) / \text{T}$$

де аАЛАКп – величина абсолютної алактатної анаеробної потужності, кгм/хв або Вт (1 Вт \approx 6,12 кгм/хв); MT – маса тіла, кг; H – вертикальна висота між першим і другим перемикаючими пристроями, м; T- час підйому від 1-го до 2-го перемикаючого пристрою, хв.

Значення відносної алактатної анаеробної потужності, яка найбільш часто використовується під час діагностики функціональної підготовленості, розраховується за такою формулою:

$$\text{вАЛАКп} = \text{аАЛАКп} / \text{MT}$$

де вАЛАКп – величина відносної алактатної анаеробної

потужності, кгм/хв/кг або Вт/кг; МТ – маса тіла, кг.

Згідно з отриманими за формулами значеннями було запропоновано таку шкалу оцінки рівня алактатної анаеробної потужності організму:

1. У нетренованих людей в нормі значення вАЛАКп складають від 10 до 15 Вт/кг.
2. У спортсменів значення вАЛАКп в нормі досягають 15-18 Вт/кг.

Не дивлячись на достатньо широке розповсюдження методики Маргарія, вона не позбавлена недоліків. Зокрема, для її практичної реалізації необхідні спеціально сконструйовані сходи з перемикаючими пристроями, суб'єктивною є й оцінка максимальної швидкості переміщення реципієнта цими сходами. Крім цього, запропоновану Маргарія шкалу оцінки алактатної анаеробної потужності складено без урахування статі і віку реципієнтів.

Іншим, достатньо поширеним методичним підходом до оцінки величини алактатної анаеробної потужності, є *тест Сimoni* або, як його часто називають, *Квебекській 10-і секундний тест*.

Згідно з означеною методикою реципієнту пропонують виконати два 10-і секундних навантаження максимальної інтенсивності на спеціальному, обладнаному мікропроцесором, велоергометрі Monark з 10-і хвилинним інтервалом відпочинку. За допомогою комп'ютера реєструється найбільша величина виконаної роботи (А, ккал) (комп'ютер влаштований таким чином, що реєструється величина виконаної роботи за кожну секунду).

Величина відносної алактатної анаеробної потужності розраховується за допомогою формули:

$$\text{вАЛАКп} = \text{А} / \text{Т} \cdot \text{М}$$

де вАЛАКп – значення відносної алактатної анаеробної

потужності кгм/хв або Вт/кг; А – величина максимальної роботи, ккал (1 ккал/хв \approx 69,6 Вт); Т – фактичний час виконання навантаження, хв; М – маса тіла, кг.

Після проведення необхідних математичних розрахунків оцінку рівня алактатної анаеробної потужності проводять відповідно до шкали:

1. У нетренованих людей значення вАЛАКп в нормі складає 4,5-7,5 Вт/кг.
2. У спортсменів величини вАЛАКп в нормі складає 7,5-14 Вт/кг.

Не дивлячись на певну оригінальність Квебекського 10-і секундного тесту, не можна не відмітити його певні недоліки. Так, для проведення тесту потрібен достатньо дорогий, спеціально обладнаний велоергометр Monark з мікропроцесором, що не під силу більшості спортивних організацій і спортивних клубів.

Окрім цього, ручне регулювання навантаження безпосередньо у процесі виконання тесту, виконання фізичного навантаження до знемоги, необхідність спеціальної методичної підготовки персоналу до проведення даного тесту, оцінка рівня алактатної анаеробної потужності без урахування довжини тіла, статі і віку реципієнта роблять перспективу використання цього тесту в системі медико-біологічного контролю за функціональним станом спортсменів достатньо сумнівною.

Певною мірою близькими до вже згаданого тесту Маргарія і Симоні є методики ряду зарубіжних авторів. Не можна не відзначити спробу останніх розробити тести щодо визначення алактатної анаеробної потужності для конкретного виду спорту. Було розроблено декілька короткочасних тестів з максимально можливим навантаженням для спортсменів, які спеціалізуються в легкій атлетиці, футболі, баскетболі, ковзанярському спорті. Проте,

практика доводить, що застосовані вони тільки до спортсменів конкретної команди, які займаються за цілком специфічною тренувальною програмою.

Аналізуючи наведені вище методичні підходи до оцінки такого важливого параметра функціональної підготовленості спортсменів як рівень алактатної анаеробної потужності, можна констатувати, що їх основним недоліком є необхідність спеціального, часто дуже громіздкого устаткування, на якому спортсмен повинен виконувати тестові навантаження “повністю”, тобто з максимально можливою інтенсивністю. Окрім цього, дані методики не можна застосувати в системі оперативної оцінки функціональної підготовленості спортсмена, оскільки виконані під час них фізичні навантаження передбачають достатньо тривалий відпочинок для відновлення початкового функціонального стану перед проведенням подальших тестувань.

Та все ж головне полягає в тому, що використання вказаних методичних підходів дає можливість визначити тільки один елемент алактатного анаеробного механізму енергозабезпечення м'язової діяльності (величину потужності).

Найбільш реальною, у плані практичного визначення алактатної анаеробної ємності організму, є **методика експрес-аналізу функціональної підготовленості спортсменів**, розроблена і запропонована **С.А. Душаніним**. Цей методичний підхід викликав дуже багато суперечок і розбіжностей серед фахівців в галузі спортивної фізіології і медицини. Здавалося дуже дивним, яким чином за даними диференціальної електрокардіограми можна оцінити такий елемент системи енергозабезпечення м'язової діяльності, як її ємність. Разом із тим, накопичений за декілька років досвід багатьох фахівців, практичних лікарів різних спортивних команд доводить, що цей методичний підхід в цілому достатньо добре відбивав реальну картину рівня функціонування системи енергозабезпечення в цілому і

її алактатного компонента, зокрема.

Згідно з методикою С.А. Душаніна, величину алактатної анаеробної ємності можна визначити без застосування виснажуючих тестових навантажень, у стані відносного спокою шляхом вимірювання амплітуд зубців R і S на диференціальній електрокардіограмі у відведенні V_{3R} і подальшого розрахунку математичних відносин між ними.

За С.А. Душаніним, величину алактатної анаеробної ємності необхідно розраховувати за такою формулою:

$$\text{АЛАКє} = R \bullet 100 / (R + S)$$

де АЛАКє – значення алактатної анаеробної ємності, %;
R – амплітуда зубця R на диференціальній електрокардіограмі, мм;
S – амплітуда зубця S на диференціальній електрокардіограмі, мм.

Отримані таким чином значення АЛАКє оцінювалися так: в нормі у дорослої людини величина АЛАКє складала до 30%, у спортсменів, залежно від їх кваліфікації і рівня підготовленості – 30-35% і вище. Окрім цього, С.А. Душаніним був знайдений коефіцієнт (≈ 3), який дозволяє визначити величину алактатної анаеробної ємності в ммоль/л шляхом розподілу отриманого за вище наведеною формулою значення АЛАКє на 3.

Не дивлячись на простоту методики С.А. Душаніна, і вона не була позбавлена певних недоліків.

Перш за все, досвід її практичного застосування засвідчив, що для отримання чітких результатів обслуговуючому персоналу необхідні навички накладення електродів і реєстрації диференціальної електрокардіограми. Головне ж полягало в тому, що за допомогою методики С.А. Душаніна, можна було оцінити також тільки один з елементів системи алактатного енергозабезпечення, а

саме: величину алактатної ємності, тоді як визначення значень алактатної анаеробної потужності за диференціальною електрокардіограмою було практично неможливим. Втрачалася цілісність підходу до оцінки функціонального стану алактатного механізму енергозабезпечення і рівня функціональної підготовленості спортсменів.

Як видно з аналізу наведених у даному розділі методичних підходів до оцінки алактатної анаеробної продуктивності організму, основним їх недоліком є відсутність комплексного підходу до діагностики вказаного функціонального параметру: якщо за методикою С.А. Душаніна можна було визначити тільки величину алактатної ємності, то за методами Маргарія, Симоні та інших дослідників – тільки величину алактатної потужності. Можливе поєднання даних методичних підходів є сумнівним, оскільки вимагає застосування абсолютно різної апаратури й істотно подовжує час тестування.

Виходячи з вищезазначеного, а також багаторічного досвіду медико-біологічних обстежень спортсменів вищої кваліфікації (чемпіони Олімпійських ігор, світу, Європи з легкої атлетики, плавання, гандболу, стрибків у воду тощо) на кафедрі фізичної реабілітації факультету фізичного виховання Запорізького держуніверситету в 2002 році було розроблено власну методику оцінки алактатної анаеробної продуктивності організму, яка є елементом комплексної комп'ютерної програми експрес-діагностики функціональної підготовленості організму спортсменів. Означена методика передбачала визначення всіх складових даного механізму енергозабезпечення м'язової діяльності: потужності, ємності і ступеню реалізації (автори – Маліков М.В., Сват'єв А.В.).

Основним змістом цього методу є виконання реципієнтом добре відомого всім фахівцям стандартного велоергометричного тесту PWC_{170} і розрахунку на основі отриманих даних всіх параметрів

функціональної підготовленості (зокрема, алактатної анаеробної продуктивності). Математичний розрахунок всіх показників проводився за формулами, розроблених авторами з урахуванням експоненціальної залежності між значеннями ЧСС і потужністю фізичного навантаження в інтервалі від 160 і більш ударів в хвилину, а також із застосуванням рівнянь множинного регресивного аналізу.

Величину відносної алактатної потужності (вАЛАКп, Вт/кг) було запропоновано розраховувати за формулою:

$$\text{вАЛАК}_{\text{п}} = \frac{K_1 + K_2 \cdot \left\{ N_1 + (N_2 - N_1) \cdot \frac{180 - \text{ЧСС}_1}{\text{ЧСС}_2 - \text{ЧСС}_1} \right\} + K_3 \cdot \text{ДТ} + K_4 \cdot \text{МТ} - K_5 \cdot \text{В}}{\text{МТ}}$$

де вАЛАКп – значення відносної алактатної анаеробної потужності, Вт/кг; N_1 – потужність першого навантаження в тесті PWC_{170} (визначається за загальноприйнятою методикою залежно від маси тіла, Вт; N_2 – потужність повторного навантаження в тесті PWC_{170} , Вт; ЧСС_1 – частота серцевих скорочень після першого навантаження, уд/хв; ЧСС_2 – частота серцевих скорочень після повторного навантаження, уд/хв; 180 – частота серцевих скорочень при тривалому анаеробному шляху енергозабезпечення м'язової діяльності, уд/хв; $K_1=1,98$; $K_2=1,76$; $K_3=0,8$ Вт/м; $K_4=0,018$ Вт/кг; $K_5=0,005$ Вт/роки – коефіцієнти рівняння множинної регресії; ДТ – довжина тіла реципієнта, м; В – вік реципієнта, роки; МТ – маса тіла реципієнта, кг.

Результати кореляційного аналізу між значеннями вАЛАКп, отриманими за наведеною вище формулою і значеннями алактатної анаеробної ємності (АЛАКє), зареєстрованими за методикою С.А. Душаніна (%) на значному контингенті спортсменів різної спеціалізації і кваліфікації, дозволили констатувати високу пряму

залежність між ними з коефіцієнтом 9,8.

Іншими словами, величину алактатної анаеробної ємності, згідно з розробленою нами методикою, можна розрахувати за формулою:

$$\text{АЛАКє} = \text{вАЛАКп} \cdot 9,8$$

де АЛАКє – величина алактатної анаеробної ємності, %;
вАЛАКп – значення відносної алактатної анаеробної потужності, Вт/кг; 9,8 – коефіцієнт лінійної залежності.

Крім цих формул для визначення основних параметрів алактатної анаеробної продуктивності організму нами, на основі значного власного експериментального матеріалу, а також аналізу літературних джерел з проблеми, що вивчається, були складені спеціальні шкали оцінки для спортсменів і нетренованих людей різної статі і віку з виокремленням таких функціональних класів: “низький”, “нижче середнього”, “середній”, “вище середнього”, “високий” (дивись додаток).

Результати експериментальної апробації розробленої нами методики оцінки алактатної анаеробної продуктивності організму, проведеної на різних стадіях навчально-тренувального процесу спортсменів вищої кваліфікації різних видів спорту довели її високу репрезентативність.

Наведений в даному розділі аналіз основних методів діагностики алактатної анаеробної продуктивності організму, який характеризує швидкісну витривалість організму, є науковим поглядом авторів на проблему. Ймовірно, тільки тренер або спортсмен повинен обрати найбільш прийнятну методику діагностики елементу функціональної підготовленості: або використовувати вже традиційні, не позбавлені істотних недоліків методи, або ж скористатися новітніми, хоча і мало застосованими досягненнями спортивної науки.

2.2 Методи визначення лактатної анаеробної потужності й ємності організму

Загальновідомо, що величини лактатної потужності й ємності характеризують таку якість загальної функціональної підготовленості спортсменів, як рівень розвитку їхньої швидкісно-силової витривалості і, у зв'язку з цим, оцінці вказаних функціональних параметрів надається особливо велика увага з боку фахівців спорту вищих досягнень.

Напевно, не буде перебільшенням той факт, що за ступенем практичного використання найпоширенішим методом оцінки лактатної анаеробної продуктивності є **30-і секундний тест Уінгейта**.

Згідно з основним змістом цього тесту реципієнт упродовж 30-і секунд виконує максимально можливе (до межі) фізичне навантаження на спеціалізованому велоергометрі Monark, оснащеному спеціальним мікропроцесором. У процесі виконання даного навантаження у реципієнта, за допомогою комп'ютера, реєструється найбільша величина роботи, виконаної за 5-і секундний відрізок часу (А, ккал)

За тестом Уінгейта величину відносної лактатної анаеробної потужності або пікової потужності (вЛАКп, Вт/кг) розраховують за формулою:

$$\text{вЛАКп} = A / 0,08 \cdot MT$$

де вЛАКп – значення відносної лактатної анаеробної потужності, Вт/кг; А – величина максимальної роботи за 5 секунд, ккал (1 ккал/хв \approx 69,6 Вт); МТ – маса тіла, кг; 0,08 – час виконання 5-і секундного фізичного навантаження, хв.

Виходячи з отриманих значень вЛАКп оцінку рівня лактатної анаеробної потужності пропонувалося проводити за такою шкалою:

1. У нетренованих людей значення ВЛАКп в нормі складають 5,8-9,9 Вт/кг.
2. У спортсменів величини ВЛАКп в нормі складають 10-12 Вт/кг.

Не дивлячись на певну простоту оцінки лактатної анаеробної потужності за тестом Уінгейта, цей методичний підхід не позбавлений недоліків, в деяких випадках достатньо серйозних.

В першу чергу, необхідно відзначити, що для виконання тесту Уінгейта, спортсмену доводиться виконувати навантаження повністю, до знемоги. Цей факт робить практично неможливим проведення комплексної оцінки функціональної підготовленості спортсмена, адже після такого навантаження йому потрібен певний час, іноді досить тривалий, для елементарного відновлення і переходу до подальших вправ тестування.

Крім цього, використання в даному тесті спеціального, обладнаного мікрокомп'ютером, велоергометра Monark в значній мірі обмежує своєрідне поле практичного використання методики Уінгейта: придбання дорогого обладнання під силу тільки фінансово стійким спортивним організаціям, що об'єднують спортсменів достатньо високої кваліфікації.

Головним же недоліком 30-і секундного тесту Уінгейта є неможливість інтегральної оцінки рівня лактатної анаеробної продуктивності організму, оскільки згідно з цією методикою визначається тільки лактатна анаеробна потужність, але ніяк не ємність даного функціонального показника.

Не менше поширеним тестом оцінки лактатної анаеробної потужності є широко відомий *тест Де Брюїн-Преве*. Під час виконання даного тесту реципієнт працює на велоергометрі з постійним навантаженням: 400 Вт для чоловіків (ритм педалювання 124-128 об/хв) і 350 Вт для жінок (ритм педалювання – 104–108 об/хв). За перші 5 секунд роботи потужність виконуваної на

велоергометрії навантаження підвищується від 50 Вт до максимальної (залежно від статі реципієнта).

У процесі роботи експериментатор реєструє T_3 (час затримки, с), яке розглядається як час, необхідний для досягнення заданого ритму педалювання і $T_{3ч}$ (загальний час тесту, с), під яким розуміється час від початку виконання навантаження до його закінчення внаслідок знемоги.

З урахуванням отриманих значень T_3 і $T_{3ч}$ за формулою розраховують індекс лактатної анаеробної потужності (ІЛАКп, у.о.):

$$\text{ІЛАКп} = T_3 / T_{3ч}$$

де ІЛАКп – індекс лактатної анаеробної потужності, у.о.;
 T_3 – час затримки, с; $T_{3ч}$ – загальна тривалість тесту, с.

Для оцінки рівня лактатної анаеробної продуктивності організму використовують величину ІЛАКп і значення концентрації лактату (ЛАКє, ммоль/л) в крові реципієнта зразу ж після виконання навантаження. Проведені Де Брюїн-Прево експериментальні дослідження довели, що у нетренованих чоловіків і жінок величини ІЛАКп складають від 3,50 у.о. до 4,58 у.о., а у спортсменів і спортсменок – від 4,30 у.о. до 4,80 у.о.

Навіть короткий аналіз методики Де Брюїн-Прево дозволяє побачити в ній достатньо велику кількість недоліків, що викликає складнощі під час її практичного використання.

Перш за все – величина навантаження під час тесту. І в цьому випадку ми маємо справу з використанням фізичних навантажень до знемоги, що є не тільки негативним чинником у плані комплексної оцінки функціональної підготовленості організму, але й у ряді випадків - просто небезпечним для здоров'я реципієнтів. Окрім цього, в даному тесті хоча і робиться спроба комплексного підходу до оцінки рівня лактатної анаеробної продуктивності (одночасне визначення ІЛАКп і ЛАКє), але не пропонується методичний підхід

до реєстрації лактатної ємності без використання заборів крові та її подальшого біохімічного аналізу.

Практично аналогічні недоліки властиві і більшості інших методів оцінки рівня лактатної анаеробної продуктивності. Разом із тим, з метою збереження логіки викладу матеріалу, ми вважаємо за необхідне навести тут основний їх зміст.

Більш тривалими за часом тестування є **90-секундний Квебекській тест** і **120-і секундний тест Кеча**. Ці тести розроблялися, переважно, для оцінки лактатної анаеробної ємності й уміння підтримувати високу потужність роботи за наявності значного компоненту анаеробної енергії. Під час використання 90-секундного Квебекського тесту, реципієнт виконує фізичне навантаження до знемоги на спеціально обладнаному велоергометрі Monark.

На початку роботи ритм педалювання складає 80 об/хв (упродовж 2-3 секунд), в подальші 20 секунд – 130 об/хв, а після цього ритм педалювання повинен досягати максимально можливих значень. За допомогою спеціального комп'ютера, яким оснащений велоергометр Monark, розраховується відносна лактатна анаеробна потужність (вЛАКп, Вт/кг) (найбільша величина роботи за 5-і секундний відрізок часу) і лактатна анаеробна ємність (ЛАКє), під якою автори розуміють загальну величину виконаної роботи за 90-секундний відрізок тесту. Для оцінки даних застосовуються результати експериментальних досліджень, отриманих у процесі обстеження нетренованих людей і спортсменів різної спеціалізації (дивись таблиця 12).

Не тільки використання фізичного навантаження до знемоги є негативним чинником даного тесту. На нашу думку, достатньо суперечливим є підхід авторів до розуміння самого терміну “лактатна ємність”. Використання для його оцінки загальної величини роботи, виконаної за 90 секунд, є лише непрямим віддзеркаленням даного показника.

Таблиця 12

Дані оцінки спортсменів за наслідками 90-секундного Квебекського тесту (по Дж.Д. Мак-Дугаллу, 1998)

Групи обстежених	Робота за 90 секунд (дж/кг)	вЛАКп (Вт/кг)
Малорухливі молоді чоловіки	387	6,1
Малорухливі молоді жінки	265	4,2
Чоловіки-Спринтери	494	6,6
Жінки-Спринтери	414	5,4
Бігуни-Марафонці	487	6,2
Бігунки-Марафонці	394	5,4
Ковзанярі	545	7,2
Фігуристки	385	5,5
Культуристи	407	6,6
Хокеїсти	494	7,1
Біатлоністи	482	6,7

Не викликає сумніву той факт, що істинним показником лактатної ємності може бути тільки максимально можлива концентрація лактату в крові, пов'язана з ємністю її буферних систем. Через високий рівень розвитку психологічних якостей, високого рівня мотивації спортсмен, навіть маючи недостатню лактатну ємність, може "протриматися" в тесті необхідний час, показати високі значення виконаної роботи і, відповідно до шкали оцінки авторів тесту, мати високий рівень лактатної ємності. Про яку репрезентативність результатів тесту можна говорити в цьому випадку? Адже крім морально-вольових якостей реципієнта є і маса інших чинників: суб'єктивізм експериментатора, зовнішні умови проведення експерименту тощо.

Тест Кеча, призначений для визначення лактатної анаеробної потужності, також передбачає виконання реципієнтом максимально можливого навантаження на спеціальному велоергометрі Monark,

тільки упродовж 120-і секунд. Упродовж даного періоду часу спеціальним комп'ютером фіксується загальна величина виконаної роботи (А, ккал).

Значення відносної лактатної анаеробної потужності (вЛАКп, Вт/кг) розраховується з такою формулою:

$$\text{вЛАКп} = \text{А} / 2 \cdot \text{МТ}$$

де вЛАКп – величина відносної лактатної анаеробної потужності, Вт/кг; А – величина максимальної роботи за 120 секунд, ккал (1 ккал/хв \approx 69,6 Вт); МТ – маса тіла, кг; 2 – годину виконання 120-і секундного навантаження, хв.

Оцінку рівня лактатної анаеробної потужності проводять залежно від наступних даних:

1. У нетренованих людей значення вЛАКп в нормі складає 7,5-9,5 Вт/кг.
2. У спортсменів значення вЛАКп в нормі складає 11,5-12,5 Вт/кг.

Недоліками даного способу є: необхідність спеціально модифікованого велоергометра Monark з мікропроцесором, ручне регулювання навантаження безпосередньо у процесі виконання тесту, виконання фізичного навантаження до знемоги, необхідність спеціальної методичної підготовки персоналу для проведення даного тесту, оцінка рівня лактатної анаеробної потужності без реєстрації функціональних показників, без урахування довжини тіла, статі і віку реципієнта.

Окрім цього, в 120-і секундному тесті Кеча неможливо визначити величину лактатної ємності, що істотно знижує практичну значущість даного тесту.

З достатньо великого переліку запропонованих тестів для визначення лактатної анаеробної потужності, можна привести також

60-секундний стрибковий тест, який був розроблений і запропонований для практичного використання **Боско** із співавторами.

В ході виконання даного тесту реципієнт здійснює вертикальні стрибки вгору, а спеціальний електронний прилад “ергоджамп” виміряє час контакту з платформою відштовхування і час у польоті. Неодмінною умовою тесту є те, що реципієнт повинен стрибати безперервно з максимальним зусиллям, зігнувши ноги майже на 90° і поклавши руки на стегна, щоб скоротити до мінімуму бічне і горизонтальне переміщення.

Величина відносної лактатної анаеробної потужності за стрибковим тестом Боско розраховується згідно з такою формулою:

$$вЛАКп = \frac{9,8 \cdot T_f \cdot 60}{4 \cdot N \cdot (60 - T_f)}$$

де вЛАКп – значення відносної лактатної анаеробної потужності, Вт/кг; 9,8 – прискорення вільного падіння, м•с⁻²; T_f – сума загального часу у польоті для всіх стрибків, с; N – кількість стрибків за 60 секунд.

Неважко помітити, що виконання стрибкового тесту Боско пов’язано з такими труднощами, як необхідність наявності спеціального приладу “енергоджамп”, стрибки до знемоги, труднощі під час виконання конкретного стрибка тощо. Крім цього, як і під час використання практично всіх вже наведених тестів, за методикою Боско неможливо визначити таку важливу складову функціональної підготовленості спортсменів, як рівень його лактатної анаеробної ємності.

Отже, аналіз змісту й інформативності зазначених методичних підходів до оцінки лактатної анаеробної продуктивності організму свідчить про те, що їх загальним недоліком є необхідність наявності

достатньо дорогого обладнання, застосування у процесі виконання тестів максимально можливих фізичних навантажень, а також їх яскраво виражена однобічність – визначення тільки величини лактатної анаеробної потужності, але не ємності даного елемента загальної функціональної підготовленості спортсменів.

Зі всіх нині відомих методичних підходів до визначення лактатної анаеробної ємності, які не вимагають максимальних фізичних навантажень, забору крові та її подальшого біохімічного аналізу, визнаною є методика оцінки ЛАКє, запропонована С.А. Душаніним.

Цей спосіб полягає в реєстрації у реципієнта, у стані відносного спокою, диференціальної електрокардіограми в грудному відведенні V_2 , визначенні амплітуд зубців R і S і математичному розрахунку інтегрального показника – величини лактатної анаеробної ємності (ЛАКє, %). Формула для розрахунку величини ЛАКє виглядає так:

$$\text{ЛАКє (\%)} = R \cdot 100 / (R + S)$$

де ЛАКє – значення лактатної анаеробної ємності, %;
R – амплітуда зубця R на диференціальній ЕКГ у відведенні V_2 (мм); S - амплітуда зубця S на диференціальній ЕКГ (мм) у відведенні V_2 .

Численні дослідження С.А. Душаніна на спортсменах різної спеціалізації і кваліфікації, а також нетренованих людях дозволили встановити, що в нормі у останніх величина ЛАКє складає до 30%, а у спортсменів від 30-35% і вище.

Разом із тим, і методика С.А. Душаніна не позбавлена деяких, достатньо принципових недоліків, а саме: відсутність даних щодо лактатної анаеробної потужності організму, необхідність наявності спеціально модифікованих електрокардіографів і спеціальної методичної підготовки персоналу для реєстрації диференціальної ЕКГ.

Відсутність комплексного підходу до оцінки лактатної анаеробної продуктивності організму, що характеризує рівень розвитку швидкісно-силових якостей того або іншого спортсмена і має важливе значення для оптимального виконання різних видів фізичних вправ, зумовило необхідність розробки новітніх методів оцінки даного функціонального параметру.

На основі багаторічних експериментальних досліджень функціонального стану і функціональної підготовленості спортсменів різної спеціалізації і кваліфікації, нами було запропоновано власну методику визначення величин лактатної анаеробної потужності і ємності, що базується на добре відомому субмаксимальному тесті PWC₁₇₀. Означена методика не вимагає застосування граничних навантажень і дорогих та трудомістких біохімічних досліджень.

Відповідно до розробленою нами методики відносну величину лактатної анаеробної потужності (вЛАКп, Вт/кг) пропонується визначати за такою формулою:

$$\text{вЛАК}_{\text{п}} = \frac{K_1 + K_2 \cdot \left\{ N_1 + (N_2 - N_1) \cdot \frac{160 - \text{ЧСС}_1}{\text{ЧСС}_2 - \text{ЧСС}_1} \right\} + K_3 \cdot \text{ДТ} + K_4 \cdot \text{МТ} - K_5 \cdot \text{В}}{\text{МТ}}$$

де вЛАКп – значення відносної лактатної анаеробної потужності, Вт/кг; N_1 – потужність першого навантаження в тесті PWC₁₇₀ (визначається залежно від маси тіла реципієнта), Вт; N_2 – потужність повторного навантаження в тесті PWC₁₇₀, Вт; ЧСС₁ – частота серцевих скорочень після першого навантаження, уд/хв; ЧСС₂ – частота серцевих скорочень після повторного навантаження, уд/хв; 160 – частота серцевих скорочень при лактатному анаеробному механізмі енергозабезпечення м'язової діяльності, уд/хв; $K_1=1,87$; $K_2=1,56$; $K_3=0,69$ Вт/м; $K_4=0,011$ Вт/кг і $K_5=0,0035$ Вт/роки – коефіцієнти рівняння множинної регресії; ДТ – довжина тіла реципієнта, м; В – вік реципієнта, роки; МТ – маса тіла реципієнта, кг.

Величину лактатної анаеробної ємності (ЛАКє, %) було запропоновано оцінювати за формулою, отриманою в результаті проведення кореляційного аналізу між значеннями вЛАКп, розрахованими по нашій методиці і величинами ЛАКє, зареєстрованими за допомогою методу експрес-діагности С.А. Душаніна.

В загальному виді ця формула виглядає так:

$$\text{ЛАКє} = \text{вЛАКп} \cdot 9,8$$

де ЛАКє – значення лактатної анаеробної ємності, %;
вЛАКп – відносна величина лактатної анаеробної потужності, Вт/кг; 9,8 – коефіцієнт кореляції.

Окрім наведених формул нами було розроблено спеціальні шкали оцінки значень вЛАКп і ЛАКє залежно від статі, віку і ступеня тренуваності реципієнтів.

Практична апробація запропонованої нами методики оцінки рівня лактатної анаеробної продуктивності організму дозволила констатувати її високу інформативність і можливість практичного використання в системі медико-біологічного контролю під час занять фізичною культурою і спортом.

2.3 Методи визначення аеробної потужності і ємності організму

Як відомо, величини аеробної потужності й ємності організму є важливим елементом функціональної підготовленості організму і характеризують рівень розвитку такої найважливішої рухової якості, як загальна витривалість.

На відміну від величин алактатної і лактатної анаеробної продуктивності відносно основних методів оцінки аеробної потужності й ємності серед фахівців в галузі фізичної культури і спорту склалася достатньо одностайна думка. Більшістю дослідників

за критерій оцінки аеробної потужності визнаються **абсолютна і відносні величини PWC_{170}** (відповідно в кгм/хв або Вт/хв і в кгм/хв/кг або Вт/хв/кг), а аеробної ємності – **абсолютні і відносні значення максимального споживання кисню (МСК)** (відповідно в л/хв і в мл/хв/кг).

Не дивлячись на широку популярність основних тестів для визначення величин аеробної потужності і ємності, ми вважаємо за необхідне, з метою збереження логіки викладу навчального матеріалу, привести опис даних методичних підходів.

Як вже було відзначено вище, субмаксимальні тести PWC_{170} є такими, що застосовуються у практиці медико-біологічного і лікарсько-педагогічного контролю за функціональним станом і рівнем підготовленості спортсменів. У процесі виконання даних тестів реципієнт виконує два 5-і хвилинні навантаження різної потужності з 3-х хвилинним інтервалом відпочинку між ними. В останні 30 секунд кожного з навантажень у реципієнта реєструється ЧСС. Відмінність між **тестами ГЦОЛФК** і **В.Л. Карпмана** полягають у різних методичних підходах до дозування потужності початкового (N_1) і повторного (N_2) фізичних навантажень.

У ГЦОЛФКе було розроблено спеціальну таблицю (табл.13), відповідно до якої потужність першого навантаження (N_1) задається залежно від маси тіла реципієнта, а повторна (N_2), залежно від рівня тренуваності реципієнта, складає $N_1 + 50, 100$ або 150% від потужності першого або початкового навантаження.

В.Л. Карпманом був запропонований дещо інший спосіб дозування величин потужності початкового і повторного фізичних навантажень відповідно до даних, наведених у таблиці 14.

Під час оцінки рівня загальної фізичної працездатності, дозування навантаження можна також проводити без використання велоергометра, а за допомогою спеціальної сходинки, що має висоту 20 см для жінок і 40 см для чоловіків (дані відносно висоти сходинки

залежно від віку реципієнта наведено в додатках). В цьому випадку потужність виконуваної роботи можна розрахувати за формулою:

$$N = 1,33 \cdot MT \cdot h \cdot n$$

де N – потужність навантаження (кгм/хв або Вт); MT – маса тіла реципієнта (кг); h – висота сходинки (м); n – кількість сходжень на хвилину (сход./хв); 1,33 – поправочний коефіцієнт, що враховує величину роботи під час спуску зі сходинки.

Таблиця 13

Залежність величини потужності початкового навантаження (N_1) від маси тіла реципієнта.

№ п/п	Маса тіла (кг)	N_1 (кгм/хв)	N_1 (Вт)
1	59 і менш	300	50
2	60 – 64	400	67
3	65 – 69	500	83
4	70 – 74	600	100
5	75 – 79	700	117
6	80 і більш	800	133

Примітка: 1 Вт \approx 6,12 кгм/хв (більш докладні відомості про перерахунок навантаження наведено в додатках).

Таблиця 14

Орієнтовні значення величин потужності першого (N_1) і другого (N_2) фізичних навантажень для визначення загальної фізичної працездатності спортсменів за тестом PWC_{170} (кгм/хв).

№ п/п	Передбачувана величина PWC_{170} (кгм/хв)	N_1 (кгм/хв)	N_2 (кгм/хв)				
			ЧСС (уд/хв) при N_1				
			80-89	90-99	100-109	110-119	120 і більш
1	До 1000	400	1100	1000	900	800	700
2	1000 – 1500	500	1300	1200	1100	1000	900
3	Більше 1500	600	1500	1400	1300	1100	1000

Примітка: у разі дозування фізичних навантажень на велоергометрі у ватах, необхідно враховувати, що 1 Вт \approx 6,12 кгм/хв.

Необхідно вказати на те, що незалежно від способу дозування фізичних навантажень в субмаксимальному тесті PWC_{170} , формули розрахунку $aPWC_{170}$ і $vPWC_{170}$ в обох наведених модифікаціях ідентичні:

$$aPWC_{170} \text{ (кгм/хв, вт)} = N_1 + (N_2 - N_1) \cdot \frac{170 - ЧСС_1}{ЧСС_2 - ЧСС_1},$$

де N_1 – потужність першого навантаження (кгм/хв); N_2 – потужність другого навантаження (кгм/хв); $ЧСС_1$ – частота серцевих скорочень (уд/хв) в кінці першого навантаження; $ЧСС_2$ – частота серцевих скорочень (уд/хв) в кінці другого навантаження.

$$vPWC_{170} \text{ (кгм/хв/кг, вт/кг)} = \frac{aPWC_{170}}{M},$$

Абсолютна величина PWC_{170} ($aPWC_{170}$) у здорових нетренованих чоловіків складає в середньому 700-1100 кгм/хв, у жінок – 450-750 кгм/хв. Відносна величина означеного показника ($vPWC_{170}$) для даної категорії складає: 14,5-15,5 кгм/хв/кг (чоловіки) і 9,5-10,5 кгм/хв/кг (жінки).

У спортсменів значення $aPWC_{170}$ і $vPWC_{170}$, залежно від спеціалізації, кваліфікації і рівня підготовленості, реєструються відповідно в діапазонах 1100-2000 кгм/хв/кг і вище і 16-27 кгм/хв/кг і більш.

Більш докладні відомості щодо величин аеробної потужності осіб різної статі, віку і рівня тренуваності наведено в додатках.

Крім субмаксимального тесту PWC_{170} для оцінки рівня аеробної потужності або загальної фізичної працездатності організму досить часто застосовують й інші методики, серед яких можна виокремити *стандартний велоергометричний тест (ВЭС₁₅₀)*, *Гарвардський степ-тест*, *тест Купера* і ряд інших спеціалізованих методик.

Безперечною перевагою функціональної проби ВЭС₁₅₀ є

застосування однократного навантаження, відсутність необхідності розрахунку величин потужності виконуваної роботи і менший час обстеження спортсмена. Реципієнт упродовж 6-и хвилин виконує на велоергометрі стандартне навантаження, рівне 900 кгм/хв або 150 Вт. Наприкінці 1-ої і 6-ої хвилин роботи у нього реєструються величини частоти серцевих скорочень (уд/хв).

Величина аеробної потужності або загальної фізичної працездатності за тестом ВЭС₁₅₀ (кгм/хв) розраховується згідно з формулою:

$$\text{ВЭС}_{150}(\text{кгм/хв}) = 900 \cdot \frac{170 - \text{ЧСС}_1}{\text{ЧСС}_6 - \text{ЧСС}_1}$$

де 900 – величина стандартного навантаження на велоергометрі (кгм/хв), відповідно 150 Вт; ЧСС₁ – частота серцевих скорочень наприкінці 1-ої хвилини роботи; ЧСС₆ – частота серцевих скорочень наприкінці 6-ої хвилини роботи.

Під час використання Гарвардського степ-тесту реципієнту пропонується упродовж 5 хвилин виконати сходження на сходинку в ритмі 30 кроків в хвилину. Темп сходжень задається метрономом, який встановлюється на 120 уд/хв. Після виконання роботи у обстежуваних 3 рази (упродовж перші 30 секунд 2-й, 3-й і 4-й хвилин) реєструється величина ЧСС (уд/за 30с). У випадку, коли реципієнт у процесі сходжень через утомленість починає відставати від заданого метрономом темпу, через 15-20 секунд після перших ознак даної “аритмії” тест припиняють і фіксують фактичний час роботи в секундах. Тест необхідно припинити і при появі зовнішніх ознак надмірного стомлення: блідості, спотикань тощо.

Індекс Гарвардського степ-тесту розраховують за такою формулою:

$$\text{ІГСТ} = \frac{t \cdot 100}{(f_1 + f_2 + f_3) \cdot 2}$$

де t – фактичний час сходження, реципієнта в секундах; f_1 , f_2 і f_3 – частота серцевих скорочень за 30 с відповідно на 2-й, 3-ій і 4-ої хвилини відновлення.

Необхідно відзначити, що під час масових обстеженнях часто застосовується скорочена формула Гарвардського степ-тесту, відповідно до якої величина ЧСС реєструється тільки один раз (в перші 30 секунд 2-ої хвилини відновного періоду). В цьому випадку:

$$\text{ІГСТ} = \frac{t \cdot 100}{f_1 \cdot 5,5}$$

Отримані в результаті розрахунку кількісні значення ІГСТ використовують для якісної оцінки фізичної працездатності реципієнта відповідно до даних, наведених в таблиці 7. Величини ІГСТ можна визначити також без використання формул за допомогою спеціально розроблених таблиць, які призначено для осіб різної статі у віці від 20 до 30 років і відбито в додатках.

Таблиця 15

Оцінка фізичної працездатності за індексом Гарвардського степ-тесту

№ п/п	Значення ІГСТ	Оцінка
1	<55	Низька (слаба)
2	55–64	Нижче середнього
3	65–79	Середня
4	80–89	Вище середнього (добра)
5	>90	Висока (відмінна)

Як вже наголошувалося, найбільш інформативним показником діяльності функціональних систем організму, який визначає ємність аеробного енергозабезпечення, є величина максимального споживання кисню (МСК), під якою слід розуміти кількість кисню,

споживаного людиною під час фізичної роботи субмаксимальної потужності впродовж однієї хвилини. МСК, крім того, є інтегральною характеристикою функціональних можливостей організму і розглядається ще як важливий критерій загальної працездатності і тренуваності спортсмена.

МСК є показником, що лімітує об'єм і інтенсивність фізичних навантажень. Традиційно виокремлюють абсолютну величину МСК (аМСК, л/хв) і відносну (вМСК, мл/хв/кг). Більш об'єктивним критерієм аеробної продуктивності є вМСК, який розраховується на 1 кг маси тіла реципієнта.

Сьогодні існує велика кількість різноманітних методів як прямого, так і прогностичного (непрямого) визначення величин МСК. Пряме визначення МСК проводять за допомогою фізичних навантажень, виконуваних на спеціальній сходиці (степергометрія), велоергометрії (велоергометрія) тощо. Загальним принципом при цьому є використання навантажень, що викликають максимальну мобілізацію системи кисневого забезпечення організму.

Прямий метод вимірювання МСК тривалий за часом, достатньо складний у зв'язку з тим, що вимагає застосування максимальних за потужністю навантажень, достатньо складної апаратури, участі у проведенні досліджень спеціально навченого персоналу. Крім цього, цей метод передбачає виконання спортсменом додаткового об'єму м'язової роботи, є небезпечним для здоров'я реципієнта.

Статистика засвідчує, що ризик для здоров'я під час виконання максимальних навантажень здоровими людьми малий, але під час їх застосування особами з прихованою патологією в 0,01% випадків спостерігаються летальні (смертельні) результати. Тому під час масових обстеженнях людей, які не займаються спортом, а також спортсменів, що випробовують значні тренувальні і змагальні навантаження, більш прийнятним є застосування субмаксимальних

фізичних навантажень, на основі яких і проводиться непряме визначення МСК.

Найпоширенішим і загально визнаним методом для *непрямого визначення величини МСК* є *метод Астранд*.

Відповідно до цієї методики реципієнт упродовж 5 хвилин виконує на велоергометрі або сходинці субмаксимальне фізичне навантаження потужністю 50-75% МСК. Для спортсменів потужність даного навантаження складає: 150 Вт – чоловіки і 100 Вт – жінки. Для нетренованих і фізично знесилених людей рекомендується навантаження потужністю 50 Вт.

Необхідно враховувати, що $1\text{Вт} \approx 6,12 \text{ кгм/хв}$. Під час використання спеціальної сходинки, розрахунок потужності навантаження у вигляді кількості сходжень на сходинку проводиться відповідно до вищенаведених даних. Відразу після виконання навантаження у реципієнта реєструється величина ЧСС. Враховуючи отримане значення ЧСС і відомої величини потужності навантаження, визначають величину аМСК за номограмою (рис. 3):

- **у разі використання велоергометра** на шкалі навантаження номограми визначається потужність виконаного навантаження (для чоловіків – це крайня права шкала А, градуйована до 1500 кгм/хв, для жінок – більш коротка шкала Б, градуйована до 900 кгм/хв). З точки оцінки навантаження проводиться горизонтальна лінія вліво на шкалу ПК (шкала 1). Далі отримана крапка на шкалі 1 з'єднується прямою лінією з крапкою на шкалі 2, яка відповідає ЧСС, зареєстрованої у реципієнта після виконання фізичного навантаження. В місці перетину лінії із шкалою 3 фіксується розмір аМСК (л/хв), який збільшується на поправочний коефіцієнт (табл.16). З метою розрахунку значення вМСК (мл/хв/кг) отриманий розмір аМСК ділиться на масу тіла реципієнта.
- **під час використанні спеціальної сходинки** на шкалі “степ-тесту” визначається маса тіла реципієнта (для жінок на шкалі В,

- Рис.3

градушованої до 90 кг, для чоловіків безпосередньо на шкалі 1, ліва частина якої градушована до 100 кг).

Визначена на шкалі 1 або шкалі В крапка з'єднується прямою лінією з крапкою на шкалі ЧСС (шкала 2), що відповідає величині ЧСС, отриманій у реципієнта відразу ж після виконання фізичного навантаження. В місці перетину даної лінії із шкалою 3 фіксується значення аМСК (л/хв), яке збільшується на поправочний коефіцієнт (табл.16) і ділиться на масу тіла реципієнта для визначення розміру вМСК (мл/хв/кг).

Таблиця 16

Вікові поправочні коефіцієнти до величин аМСК за номограмою Астранд

Вік, роки	Поправочний коефіцієнт
15	1,1
25	1,00
35	0,87
40	0,83
45	0,78
50	0,75
55	0,71
60	0,68
65	0,65

Зразкові значення аМСК і вМСК для осіб, які не займаються спортом, наведено в таблиці 17.

У спортсменів відповідні величини даних показників істотно вище: аМСК досягає 4,5-5,5 л/хв і більш, а вМСК - 50-55 мл/хв/кг і вище. Цілком природно, що величини МСК істотно залежать від віку, статі, спортивної спеціалізації, рівня кваліфікації спортсменів тощо.

Таблиця 17

Оцінка величин МСК для осіб різного віку і статі, які не займається спортом (за И. Астранд)

Стать і вік	Рівень МСК				
	низький	понижений	середній	високий	дуже високий
Жінки					
20-29	1,60 (28)	1,70-1,99 (29-34)	2,0-2,49 (35-43)	2,50-2,79 (44-48)	2,80 (49)
30-39	1,59 (27)	1,60-1,89 (28-33)	1,90-2,39 (34-41)	2,40-2,69 (42-47)	2,70 (48)
40-49	1,49 (25)	1,50-1,79 (26-31)	1,80-2,29 (32-40)	2,30-2,59 (41-45)	2,60 (46)
Чоловіки					
20-29	2,79 (38)	2,80-3,09 (39-43)	3,10-3,69 (44-51)	3,70-3,99 (52-56)	4,00 (57)
30-39	2,49 (34)	2,50-3,09 (39-43)	2,80-3,39 (40-47)	3,40-3,69 (48-51)	3,70 (52)
40-49	2,19 (30)	2,20-2,49 (31-35)	2,50-3,09 (36-43)	3,10-3,39 (44-47)	3,40 (48)

Крім поширеної методики Астранд для визначення величин максимального споживання кисню нерідко застосовують розрахункові формули.

В.Л. Карпманом було розроблено формули для визначення значень аМСК (в л/хв) з урахуванням рівня тренуваності реципієнтів.

Для спортсменів В.Л. Карпманом було запропоновано визначати величину аМСК за формулою:

$$aMSK = 1,7 \cdot aPWC_{170} + 1240$$

де аМСК – абсолютна величина максимального споживання кисню, л/хв; аPWC₁₇₀ – абсолютна величина загальної фізичної працездатності, зареєстрованої в субмаксимальному тесті PWC₁₇₀, кгм/хв; 1240 – коефіцієнт.

Для нетренованих людей формула розрахунку аМСК за В.Л. Карпманом виглядає так:

$$\mathbf{aMSK = 2,2 \cdot aPWC_{170} + 1070}$$

де позначення ті ж.

Під час аналізу основних методів визначення аеробної ємності організму не можна не зупинитися і на методиці, запропонованій С.А. Душаніним.

Згідно з методикою, величину вМСК можна визначити за допомогою реєстрації у реципієнта диференціальної електрокардіограми у відведенні V_6 , вимірювання амплітуд зубців R і S (в мм).

Значення вМСК автором методу було запропоновано розраховувати за такою формулою:

$$\mathbf{вМСК = R \cdot 100 / (R + S)}$$

де вМСК – відносна величина максимального споживання кисню, мл/хв/кг; R – амплітуда зубця R у відведенні V_6 , мм; S – амплітуда зубця S у відведенні V_6 , мм

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

Отже, представлені матеріали свідчать про розробленість великої кількості цілком інформативних методів залежно від мети дослідження, етапів обстеження спортсменів та інших чинників.

2.4 Методи визначення рівня економічності системи енергозабезпечення м'язової діяльності

Визначення рівня економічності функціонування системи енергозабезпечення м'язової діяльності має важливе значення в системі медико-біологічного контролю за функціональною

підготовленістю спортсменів. Цей показник характеризує не тільки потенційні можливості того або іншого спортсмена, але і розвиток у нього здібності до оптимальної реалізації даних можливостей у процесі виконання фізичних навантажень.

Відомо, що інтегральним параметром, який відбиває економічність роботи системи енергозабезпечення, є поріг анаеробного обміну (ПАНО), при якому організм переходить з найекономічнішого аеробного шляху енергозабезпечення м'язової діяльності на менш економічний анаеробний, а також величина частоти серцевих скорочень на рівні ПАНО (ЧССпано).

Відомо також, що чим вищою є величина ПАНО (визначувана в % від значень МСК) і значення ЧССпано, тим більш тривалий час спортсмен може працювати у вигідних для нього аеробних умовах енергозабезпечення. Це сприяє більш пізньому зниженню фізичної працездатності, появи виражених ознак стомлення тощо. Безумовно, в цьому випадку спортсмен довше виконує м'язову роботу на оптимальному рівні і має нагоду для досягнення високого спортивного результату.

Одним із способів визначення рівня економічності системи енергозабезпечення м'язової діяльності організму є методика, запропонована Н.І. Волковим із співавторами.

Відповідно до даного методу функціональної діагностики, реципієнт виконує на велоергометрі фізичне навантаження зростаючої потужності. На кожному ступені зростання навантаження методом газометрії реєструються значення поточного споживання кисню (V_{O_2}) і виділення вуглекислого газу (V_{CO_2}). На основі даних показників розраховується інтегральний параметр - величина не метаболічного "надлишку" вуглекислого газу ($Exc.CO_2$), а потім графічним способом визначається величина порогу анаеробного обміну (ПАНО), залежно від значень $Exc.CO_2$ і потужності виконаного навантаження. Оцінка рівня економічності

функціонування системи енергозабезпечення м'язової діяльності здійснюється шляхом порівняння отриманих величин ПАНО з такими, що є характерними для спортсменів різної спеціалізації і нетренованих людей.

Величина не метаболічного “надлишку” вуглекислого газу визначається за формулою:

$$\text{Ехс.СО}_2 = \Delta R \cdot V_{O_2}$$

де Ехс.СО_2 - величина не метаболічного “надлишку” вуглекислого газу, мл/хв/кг; ΔR – приріст респіраторного коефіцієнта, у.о.; V_{O_2} – величина фактичного споживання кисню, мл/хв/кг.

Величина приросту респіраторного коефіцієнта складає:

$$\Delta R = R_{\text{раб.}} - 0,75, \text{ при } R_{\text{раб.}} = V_{\text{СО}_2} / V_{O_2}$$

де ΔR - величина приросту респіраторного коефіцієнта, у.о.; $R_{\text{раб.}}$ - величина дихального коефіцієнта, у.о.; V_{O_2} – величина споживання кисню, мл/хв/кг; $V_{\text{СО}_2}$ – величина виділення вуглекислого газу, мл/хв/кг.

Як вже було відзначено вище, оцінку величини порогу анаеробного обміну авторами даної методики було запропоновано проводити графічним способом: при потужності нижче ПАНО спостерігаються тільки незначні коливання Ехс.СО_2 , при більш високій потужності починається швидке експоненціальне зростання цього показника.

З точки перелому лінії, яка поєднує експериментальні крапки, опускається перпендикуляр до осі абсцис і на місці перетину її відлічується потужність ПАНО, яка виражається у ватах або

відсотках від значень максимального споживання кисню (МСК). У нетренованих людей значення ПАНО складає від 30 до 50% від МСК, у спортсменів – більше 50% від МСК. Наведені значення свідчать про оптимальний рівень економічності системи енергозабезпечення м'язової діяльності даних категорій людей.

Не дивлячись на достатню репрезентативність цього методу визначення ПАНО, недоліки даного підходу полягають у: необхідності спеціалізованого обладнання (використання методу газометрії), неможливості отримання інформації щодо частоти серцевих скорочень на порозі анаеробного обміну, тривалості проведення тесту, складності розрахунку інтегральних показників тощо. Цей метод може бути використаний тільки достатньо кваліфікованими фахівцями в галузі спортивної медицини і фізіології і лише при етапному медико-біологічному контролі за функціональним станом спортсменів. Отримання ж оперативної інформації про стан економічності системи енергозабезпечення, що не вимагає застосування складної апаратури, виснажуючих фізичних навантажень і тривалого тестування за допомогою даної методики неможливо.

З відомих методів визначення величин ПАНО і ЧССпано вимогам простоти тестування і високої інформативності відповідає, на нашу думку, методика експрес-діагности С.А. Душаніна.

Відповідно до методики С.А. Душаніна, у реципієнта в стані відносного спокою реєструється диференціальна електрокардіограма (ЕКГ) в грудних відведеннях V_2 і V_6 .

На основі визначення амплітуд зубців R і S в даних відведеннях (в мм), маси тіла реципієнта (в кг) розраховуються основні інтегральні показники економічності функціонування системи енергозабезпечення м'язової діяльності - поріг анаеробного обміну (ПАНО) і частота серцевих скорочень на рівні ПАНО (ЧСС пано).

$$\text{ПАНО} = ((V_6 / \text{MT}) / (V_6 / \text{MT}) + V_2) \bullet 100$$

$$\text{ЧСС}_{\text{пано}} = \text{ПАНО} + V_6 + V_2,$$

де ПАНО – величина порогу анаеробного обміну (в % від ВМСК); V_6 – співвідношення $R \cdot 100 / R + S$ у відведенні V_6 %; МТ – маса тіла (кг); V_2 – співвідношення $R \cdot 100 / R + S$ у відведенні V_2 %; R - амплітуда зубця R на диференціальній ЕКГ (мм); S - амплітуда зубця S на диференціальній ЕКГ (мм); ЧССпано – частота серцевих скорочень на рівні ПАНО (уд/хв).

За даними С.А. Душаніна, в нормі у дорослої здорової людини величина ПАНО складає близько 50%, а ЧССпано – до 150 уд/хв. У спортсменів, залежно від кваліфікації і рівня підготовленості, значення ПАНО складає від 60% і більш, а ЧССпано – більше 150 уд/хв. Наведені значення ПАНО і ЧССпано свідчать про оптимальний рівень економічності системи енергозабезпечення даних категорій людей.

Навіть короткий аналіз методики С.А. Душаніна доводить можливість її застосування тренерами і спортсменами, оскільки він дозволяє достатньо швидко і безболісно визначити найважливіші функціональні показники, які характеризують стан системи енергозабезпечення м'язової діяльності. Проте, і цей метод не позбавлений певних недоліків, головними з яких є: необхідність наявності спеціально модифікованих електрокардіографів і спеціальної методичної підготовки персоналу для реєстрації диференціальної ЕКГ.

Нами була розроблено власну методику визначення ефективності функціонування системи енергозабезпечення м'язової діяльності, засновану на застосуванні стандартного велоергометричного тесту PWC₁₇₀. Безперечною перевагою даного методичного підходу є його простота, доступність для практичних тренерів і спортсменів і висока інформативність. Не менш важливим є і те, що розроблену нами методику визначення ПАНО і ЧСС на

рівні ПАНО можна використовувати при поточному медико-біологічному контролі за функціональним станом спортсменів.

Відповідно до запропонованим нами методу основні величини економічності функціонування системи енергозабезпечення пропонується розраховувати за такими формулами:

$$\text{ПАНО} = \text{вМСК} / (\text{вМСК} + \text{АЛАКє})$$

$$\text{вМСК} = (1,7 \cdot \text{аРWC}_{170} + 1240) / \text{МТ}$$

$$\text{ЧССпано} = \text{ПАНО} + \text{АЛАКє} + \text{ЛАКє}$$

де ПАНО – поріг анаеробного обміну % від вМСК; вМСК – відносна величина максимального споживання кисню, мл/хв/кг (розраховується за формулою В.Л. Карпмана); АЛАКє – величина алактатної анаеробної ємності % (розраховується за запропонованою нами формулою); аРWC₁₇₀ – абсолютна величина загальної фізичної працездатності, кгм/хв/кг; МТ – маса тіла реципієнта, кг; ЧССпано – частота серцевих скорочень на рівні ПАНО, уд/хв; ЛАКє – величина лактатної анаеробної ємності % (розраховується за запропонованою нами формулою).

З метою оцінки рівня економічності функціонування системи енергозабезпечення м'язової діяльності, нами, на основі значного експериментального матеріалу, було розроблено спеціальні шкали оцінки, які враховують стать, вік і ступінь тренуваності реципієнтів. Високий ступінь простоти і репрезентативності розробленої нами методики роблять її вельми перспективною для практичного використання під час комплексної діагностики функціональної підготовленості організму.

2.5 Методи визначення загальної метаболічної ємності організму

Аналіз наукових даних щодо цього компоненту функціональної

підготовленості спортсменів дозволив констатувати практично повну відсутність методів його діагностики.

Виняток знов становив багаточинниковий метод експрес-діагностики С.А. Душаніна, про який ми вже достатньо повно говорили у процесі опису основних методичних підходів до визначення алактатної, лактатної анаеробної й аеробної потужності, порогу анаеробного обміну і величини ЧСС на рівні ПАНО.

За С.А. Душаніним, величину загальної метаболічної ємності, що має найважливіше значення як показник енергетичного потенціалу організму спортсмена, можна розрахувати за формулою, окремі компоненти якої визначаються за допомогою реєстрації у реципієнта в стані відносного спокою диференціальної електрокардіограми у відведеннях V_2 , V_{3R} , V_6 і розрахунку співвідношень $R \cdot 100 / R + S$ в цих відведеннях.

Отже, формула для розрахунку величини загальної метаболічної ємності (ЗМЕ) в трактуванні С.А. Душаніна має такий вигляд:

$$\text{ЗМЕ} = V_{3R} + V_2 + V_6 + \text{ПАНО},$$

де ЗМЕ – значення загальної метаболічної ємності, у.о.;
 V_{3R} – співвідношення $R \cdot 100 / R + S$ у відведенні V_{3R} ;
 V_2 – співвідношення $R \cdot 100 / R + S$ у відведенні V_2 ;
 V_6 – співвідношення $R \cdot 100 / R + S$ у відведенні V_6 ;
ПАНО – поріг анаеробного обміну, %.

Норма – до 180 у.о. У спортсменів – від 180 – 20 у.о. і вище.

Методику визначення рівня загальної метаболічної ємності було розроблено і співробітниками нашої кафедри. Основною відмінністю даної методики від методу С.А. Душаніна є застосування більш простого у використанні, ніж реєстрація диференціальної електрокардіограми, субмаксимального тесту PWC₁₇₀ і подальшого розрахунку величин АЛАКє, ЛАКє, вМСК і ПАНО.

Відповідно до розробленої нами методики, величину загальної метаболічної ємності організму можна розрахувати за формулою:

$$\text{ЗМЄ} = \text{АЛАКЄ} + \text{ЛАКЄ} + \text{вМСК} + \text{ПАНО}$$

де ЗМЄ – значення загальної метаболічної ємності, у.о.;
АЛАКЄ – величина алактатної анаеробної ємності, %;
ЛАКЄ – величина лактатної анаеробної ємності, %;
вМСК – відносна величина максимального споживання кисню, мл/хв/кг; ПАНО – поріг анаеробного обміну, в % від аМСК.

Важливим моментом запропонованого нами методичного підходу до визначення величини загальної метаболічної ємності організму є наявність спеціальних шкал оцінки даного показника для реципієнтів різної статі, віку і рівня тренуваності (дивись додатки).

Матеріали цього розділу свідчать про різні методичні підходи до оцінки окремих компонентів функціональної підготовленості організму. Основні відмінності між ними полягають у використанні різних за своєю інтенсивністю видів фізичних навантажень під час тестування, апаратурному забезпеченні, інтерпретації отриманих даних тощо. Разом із тим, практично всі методи оцінки функціональної підготовленості характеризуються одним загальним, надзвичайно істотним недоліком – відсутністю комплексного підходу до діагностики поточного стану організму спортсмена. Дійсно, можна визначити, наприклад, рівень алактатної потужності й ємності, які характеризують швидкісні якості, але при цьому не мати практично ніякої інформації про швидкісно-силові якості, рівень загальної витривалості, економічність системи енергозабезпечення тощо.

Сьогодні найактуальнішою проблемою спортивної медицини і фізіології спорту є розробка високотехнологічних програм комплексної оцінки функціональної підготовленості організму, заснованих на застосуванні незначних навантажень під час тестувань в мінімальний період часу.

У зв'язку з актуальністю цього питання колективом авторів факультету фізичного виховання Запорізького державного університету і Національного медичного університеті імені О.О. Богомольця було розроблено **комп'ютерну програму “Комплексна експрес-оцінка функціональної підготовленості організму спортсменів – ШВСМ”** (автори – Шаповалові В.А., д.м.н., професор; Маліков М.В., д.б.н., професор; Сватъев А.В., к.п.н., доцент).

Основу цієї програми складають відомі теоретичні уявлення про характер зміни функціонального стану організму під час виконання фізичних навантажень різної потужності, результати, отримані у процесі багаторічного обстеження спортсменів високого класу різної спеціалізації і кваліфікації, а також численного контингенту населення різної статі, віку і соціальної приналежності.

Програму “ШВСМ” умовно розподілено на два взаємопов'язаних між собою блока: 1-й блок (“ШВСМ”) призначений для визначення й оцінки рівня функціональної підготовленості людей різної статі, віку (від 12 і старше), тренуваності, спортивної кваліфікації і спеціалізації; 2-й блок (“ШВСМ-інтеграл”) призначений для визначення й оцінки функціонального стану провідних фізіологічних систем (серцево-судинної і зовнішнього дихання) організму зазначених категорій людей. Залежно від задач дослідження медико-біологічне обстеження реципієнтів може проводитися як окремо за кожним блоком, так і за двома підпрограмами водночас.

Для оцінки рівня функціональної підготовленості (блок “ШВСМ”) в реципієнта після виконання стандартного велоергометричного тесту PWC_{170} (програмою передбачено також виконання дозованих навантажень з використанням традиційної сходинки) реєструються величини ЧСС після двох навантажень і автоматично розраховуються основні параметри його функціональної

підготовленості. На основі аналізу означених параметрів з урахуванням статі, віку, антропометричних даних, а у разі обстеження спортсменів і спортивної кваліфікації, робиться висновок про рівень тренуваності реципієнта.

Оригінальність запропонованої програми полягає в тому, що лише на основі 10-хвилинного субмаксимального тесту розраховуються практично всі параметри функціональної підготовленості організму. Необхідно відзначити, що розрахунок величин $aPWC_{170}$, $VPWC_{170}$, $aMCK$ і $VMCK$ проводиться за загальновідомими формулами, тоді як визначення значень алактатної, лактатної анаеробної потужності (АЛАКп і ЛАКп) і ємності (АЛАКє і ЛАКє), порогу анаеробного обміну (ПАНО), частоти серцевих скорочень на рівні ПАНО (ЧССпано) і загальній метаболічній ємності (ЗМЄ) проводиться відповідно до формул, розроблених авторами з урахуванням експоненціальної залежності між значеннями ЧСС і потужністю фізичного навантаження, а також із застосуванням рівнянь множинного регресивного аналізу. Отримані у процесі автоматичної обробки дані піддаються комп'ютерному аналізу (для цього авторами розроблено відповідні шкали оцінки за всіма показниками з урахуванням статі, віку і рівня тренуваності реципієнта), внаслідок чого кожний параметр функціональної підготовленості реципієнта оцінюється як один із наступних функціональних класів: “низький”, “нижче середнього”, “середній”, “вище середнього” або “високий”. Інтегральний аналіз всіх отриманих результатів з використанням модифікованої бальної методики ГЦОЛІФКа виражається в оцінці загального рівня тренуваності реципієнта або рівні його функціональної підготовленості (РФП), який також може бути “низьким”, “нижче середнього”, “середнім”, “вище середнього” або “високим”.

Для оцінки функціонального стану провідних фізіологічних систем організму (серцево-судинної і дихальної), які мають важливе

значення в його адаптації до фізичних навантажень різної потужності і тривалості, авторами комплексної програми передбачено 2-й функціональний блок – “ШВСМ-інтеграл”.

Відповідно до алгоритму обстеження у реципієнта в стані відносного спокою реєструються традиційні фізіологічні показники (ЧСС, артеріальний тиск систолічний і діастолічний - АТс і АТд, ЖЄЛ, час затримки дихання на вдиху і видиху), а також основні морфологічні параметри (довжина і маса тіла).

Після введення означених показників в активне вікно програми “ШВСМ-інтеграл” проводиться автоматичний розрахунок інтегральних параметрів систем кровообігу і зовнішнього дихання. На основі їх аналізу з урахуванням статі, віку, рівня тренуваності, спортивної кваліфікації і спеціалізації робиться загальний висновок про функціональний стан даних систем відповідно до наступних функціональних класів: “низький”, “нижче середнього”, “середній”, “вище середнього” і “високий” (як і при визначенні рівня функціональної підготовленості організму для інтегральної оцінки функціонального стану апарату кровообігу і зовнішнього дихання використовується модифікована бальна методика ГЦОЛІФКа).

Запропонована авторами програми “ШВСМ” форма для інтерпретації отриманих даних щодо функціонального стану і рівня функціональної підготовленості реципієнтів, дозволяє істотно полегшити її аналіз лікарями, спортивними фізіологами, тренерами і фахівцями з фізичної культури і спорту безпосередньо зразу ж після проведення контрольного тестування, а, при використанні передбаченою програмою функції “Архів”, в динаміці навчально-тренувального процесу.

Розроблена нами комп’ютерна програма “ШВСМ” вже пройшла успішну апробацію серед різних груп людей (школярі, студенти, робочі промислових підприємств), а також серед спортсменів України в олімпійських видах спорту. Результати апробації свідчать про

високу ефективність даної програми, зручність, легкість її практичного використання. Сподіваємося, що ця програма допоможе багатьом людям істотно поліпшити функціональний стан організму, підвищити рівень своєї функціональної підготовленості і стану здоров'я в цілому, а нашим спортсменам досягти видатних результатів на спортивних аренах миру в ім'я процвітання нашої Батьківщини. Деякі фрагменти розробленої комп'ютерної програми „ШВСМ” наведені на рисунках 4 - 7.

Рис.4 Вікно програми „ШВСМ” для вводу даних відносно загальних характеристик обстежуваного та переходу з 1-го блоку до 2-го.

Рис.5 Вікно 1-го блоку програми „ШВСМ”, на якому надаються кількісні дані щодо кожного параметру та їх функціональна оцінка

Рис.6 Вікно 2-го блоку програми „ШВСМ”, на якому надаються кількісні дані щодо кожного параметру та їх функціональна оцінка

ВИСНОВКИ

Представлені в навчальному посібнику матеріали щодо існуючих в цей час методичних підходів до оцінки функціонального стану організму у процесі систематичних занять фізичною культурою і спортом є, перш за все, спробою авторів систематизувати наявні теоретичні відомості з проблеми, а також запропонувати абсолютно нові методики оцінки рівня функціональної підготовленості, функціонального стану й адаптивних можливостей організму фізкультурників і спортсменів.

Цілком природно, що тільки тренеру і спортсмену належить прерогатива вибору найбільш оптимального алгоритму функціонального обстеження, тільки їм визначати цінність і ефективність того або іншого методичного підходу. Разом із тим, знання широкого спектру методів оцінки функціонального стану організму у процесі систематичних занять фізичними вправами, робить можливість вибору найбільш адекватної схеми медико-біологічного обстеження більш реальною.

Ми сподіваємося, що наведені в навчальному посібнику матеріали дійсно допоможуть практичним тренерам і спортсменам правильно оцінити поточний рівень тренуваності, ефективність і раціональність навчально-тренувального процесу, досягти найприйнятніших спортивних результатів у вибраному виді спорту. Крім цього, автори сподіваються, що зроблена ними спроба систематизації різних методичних підходів буде реальною основою для розробки більш ефективних і більш сучасних методів функціональної діагностики в галузі фізичного виховання і спорту.

ЛІТЕРАТУРА

1. Агаджанян Н.А. Адаптация и резервы организма. – М.: ФиС, 1983. – 176 с.
2. Амосов Н.М., Мурахов И.В. и др. Сердце и физические упражнения. – 2-е изд., перераб. и доп. – К.: Здоров'я, 1985. – 80 с.
3. Анохин П.К. Очерки по физиологии функциональных систем. – М.: Медицина, 1975. – 447 с.
4. Апанасенко Г.Л. Охрана здоровья здоровых: некоторые проблемы теории и практики // Валеология: диагностика, средства и практика обеспечения здоровья. – СПб.: Наука, 1993. – С. 49-60.
5. Аулик И.В. Определение физической работоспособности в клинике и спорте. – М.: Медицина, 1979. – 196 с.
6. Бабский Е.В. Физиология человека. – М.: Медицина, 1972. – 656 с.
7. Баевский Р.М. Математический анализ сердечного ритма при стрессе. – М.: Наука, 1984. – 222 с.
8. Баевский Р.М. Состояние и перспективы развития проблемы прогнозирования адаптивных возможностей здорового человека // Проблемы оценки и прогнозирования функционального состояния в прикладной физиологии / Тезисы докладов Всесоюзного симпозиума. - Фрунзе, 1988. – С. 16-18.
9. Волков Л.В. Теория спортивного отбора: способности, одаренность, талант. – К.: Вежа, 1997. – 128 с.
10. Волков Н.А., Несен Э.Н., Осипенко А.А., Корсун С.Н. Биохимия мышечной деятельности. – К.: Олимпийская литература, 2000. – 504 с.
11. Гандельсман А.Б. Практикум по общей физиологии и физиологии спорта. – М.: ФиС, 1973. – 152 с.
12. Мак-Дугал Д.Д., Уэнгер Г.Е., Грин Г. Дж. Физиологическое тестирование спортсменов високого класса. - К.: Олимпийская литература, 1998. – 432 с.
13. Дембо А.Г. Современные проблемы спортивной медицины. – Л., 1976. – 57с.
14. Душанин С.А. Система многофакторной экспресс-диагностики

- функціональної підготовленості спортсменів при текущем и оперативном врачебно - педагогическом контроле. – К.: Здоров'я, 1986. – 24 с.
15. *Завацький В.І.* Курс лекцій з фізіології: Навчальний посібник. – Рівне: Волинські обереги, 2001. – 160 с.
16. *Казначеев В.П.* Современные аспекты адаптации. – Новосибирск.: Наука, 1980. – 192 с.
17. *Калинский М.И., Rogozin В.А.* Биохимия мышечной деятельности. – К.: Здоров'я, 1989. – 143 с.
18. *Карпман В.Л. и др.* Тестирование в спортивной медицине. – М.: ФиС, 1988. – 208 с.
19. *Квасов Д.Г.* Руководство к практическим занятиям по физиологии. – М.: Медицина, 1977. – 216 с.
20. *Козлов В.И., Гладышева А.Л.* Основы спортивной морфологии. – М.: ФиС, 1977. – 103 с.
21. *Круцевич Т.Ю.* Методы исследования индивидуального здоровья детей и подростков в процессе физического воспитания: Учебное пособие. – К.: Олимпийская литература, 1999. – 232 с.
22. *Кучеров І.С. та ін.* Фізіологія людини: Навч. посібник для студентів фак-ту фізичного виховання. – К.: Вища школа, 1981. – 408 с.
23. Лечебная физкультура и врачебный контроль: Учебник для студ. мед. ин-тов / Авт. кол.: Епифанов В.А. и др.; Под ред. Епифанова В.А. и Апанасенко Г.Л. – М.: Медицина, 1990. – 367 с.
24. *Линець М.М., Андрієнко Г.М.* Витривалість, здоров'я, працездатність. – Львів, 1993. – 132 с.
25. *Маликов Н.В.* Адаптация: проблемы, гипотезы, эксперименты. – Запорожье, 2001. – 371 с.
26. *Маліков М.В., Дьомочка С.М., Кіман В.Я.* Оцінка стану здоров'я організму з допомогою модифікованої варіаційної пульсометрії // Валеологічна освіта як шлях до формування здоров'я сучасної людини / Тези доповідей Республіканській конференції. – Полтава, 1999. – С.131–133.

27. *Маликов Н.В., Сватъев А.В.* Комплексная программа экспресс-оценки функциональной подготовленности организма –«ШВСМ». – Запорожье, 2003. – 75 с.
28. *Маликов Н.В.* Теоретические и прикладные аспекты адаптации: Методическое пособие. – Запорожье, 2001. – 56 с.
29. *Медведев В.И.* Взаимодействие физиологических и психологических механизмов в процессе адаптации // Физиология человека. – 1998. – №4 (24). – С. 7-13.
30. *Меерсон Ф.З.* Основные закономерности индивидуальной адаптации // Физиология адаптационных процессов. – М.: Наука, 1986. – С. 10-76.
31. *Мельникова Г.С., Прохорова Л.И., Прохорова И.В., Гавриков Л.К.* Способ определения функционального состояния организма / Патент на изобретение. SU 1782532 А 1, А 61 В 5/02. – Волгоградский медицинский институт. – Бюлл. №47. – 8 с.
32. *Мищенко В.С.* Функциональные возможности спортсменов. – К.: Здоров'я, 1990 – 200 с.
33. *Нормальна фізіологія / Кол. авторів; За ред. В.І.Філімонова.* – К.: Здоров'я, 1994. – 608 с.
34. Патент на винахід 46612А Україна, МПК 6 А61В5/02. Спосіб визначення потужності серцевого викиду / *Маліков М.В.* Запорізький державний університет. - №2001106701; Опубл. 15.05.2002, Бюл. №5. – 3 с.
35. Патент на винахід 50264А Україна, МПК 6 А61В5/02. Спосіб оцінки функціонального стану серцево-судинної системи організму / *Маліков М.В.* Запорізький державний університет. -№2001128491; Опубл. 15.10.2002, Бюл. №10. – 4 с.
36. Патент на винахід 58754 Україна, МПК 7 А61В5/02. Спосіб визначення адаптивних можливостей серцево-судинної системи організму / *Маліков М.В.* Запорізький державний університет. №200210799; Опубл. 15.08.2003, Бюл. №8. – 10 с.
37. Патент на винахід 58754 Україна, МПК 7 А61В5/02. Спосіб визначення адаптивних можливостей серцево-судинної системи організму

- / *Богдановська Н.В., Маліков М.В.* Запорізький державний університет. - №2002107995; Заявл. 08.10.2002; Опубл. 15.08.2003, Бюл. №8. – 10 с.
38. Патент на винахід 66575 Україна, МПК 7 А61В5/02. Спосіб визначення систолічного об'єму крові / *Богдановська Н.В., Маліков М.В.* Запорізький державний університет. - №2003077045; Опубл. 17.05.2004, Бюл. №5. – 6 с.
39. Патент на винахід 59691 Україна, МПК 7 А61В5/0205. Спосіб визначення алактатної анаеробної потужності організму / *Маліков М.В., Сватьєв А.В.* Запорізький державний університет. - №2002119141; Заявл. 18.11.2002; Опубл. 15.09.2003, Бюл. №9. – 8 с.
40. Патент на винахід 59690 Україна, МПК 7 А61В5/02. Спосіб визначення лактатної анаеробної потужності організму / *Маліков М.В., Конох А.П.* Запорізький державний університет. - №2002119140; Опубл. 15.09.2003, Бюл. №9. – 9 с.
41. Патент на корисну модель. 4396. Україна, МПК А61 В5/02 Спосіб визначення алактатної анаеробної ємності організму / *Маліков М.В., Сватьєв А.В.* Запорізький державний університет. - № 20040503338, Опубл. 17.01.2005. – Бюл. №1. – 4 с.
42. Патент на корисну модель. 4404. Україна, МПК А61 В5/02 Спосіб визначення лактатної анаеробної ємності організму // *Маліков М.В., Сватьєв А.В.* Запорізький державний університет. - №20040503833, Опубл. 17.01.2005. – Бюл. №1. – 4 с.
43. *Платонов В.Н.* Адаптація в спорті. – Київ: Здоров'є, 1988. – С.77-91.
44. *Платонов В.Н., Булатова М.М.* Фізична підготовка спортсменів. – К.: Олімпійська література, 1997. – 320 с.
45. *Платонов В.Н.* Общая теория подготовки спортсменов в олимпийском спорте. – К.: Олімпійська література, 1997. – 584 с.
46. *Романенко В.А.* Двигательные способности человека. – Донецк: Новый мир. УКРЦентр, 1999. – 336 с.
47. *Сейфула Р.Д., Анкудинова И.А.* Допинговый монстр. – М., 1996. – 223 с.
48. *Серопегин И.М. и др.* Физиология человека: Учебн. для техн. физической культуры. – М.: ФиС, 1979. – 287 с.

49. *Судаков К.В.* Основы физиологии функциональных систем. – М.: Медицина, 1983. – 272 с.
50. *Уилмор Дж.Х., Костилл Д.Л.* Физиология спорта и двигательной активности: Учебное издание / Пер. с англ. – К.: Олимпийская литература, 1997. – 504 с.
51. Физиология мышечной деятельности: Учеб. для ин-тов физической культуры / Под ред. *Я.М. Коца.* – М.: ФиС, 1982. – 347 с.
52. Физиология человека: Учеб. для ин-тов физической культуры / Под ред. *Н.В. Зимкина.* – М.: ФиС, 1975. – 496 с.
53. Физиология человека: Учебник для техн. физической культуры / Под ред. *В.В. Васильевой.* – М.: ФиС, 1984. – 319 с.
54. *Фомин Н.А.* Физиология человека. – М.: Просвещение, 1982. – 320 с.
55. *Фомин Н.А., Вавилов Ю.Н.* Физиологические основы двигательной активности. – М.: ФиС, 1991. – 224 с.
56. *Хедман Р.* Спортивная физиология: Пер. со швед. / Предисл. Л.А. Иоффе. – М.: ФиС, 1980. – 149 с.
57. *Чоговадзе А.В., Круглый М.М.* Врачебный контроль в физическом воспитании и спорте. – М.: Медицина, 1977. – 176 с.
58. *Шаповалова В.А.* Функциональная и физическая подготовленность детей школьного возраста в онтогенезе: диагностика и оздоровление немедикаментозными средствами: Дисс. ... докт. мед. наук. – К., 1992. – 225 с.
59. *Шварц В.Б., Хрущев С.В.* Медико-биологические аспекты спортивной ориентации и отбора. – М.: ФиС, 1984. – 151 с.
60. *Язловецький В.С.* Лабораторні заняття з фізіологічних основ фізичного виховання. – Кіровоград, 1997. – 78 с.
61. *Astrand P.O.* Quantification of exercise capability and evaluation of physical capacity in man // Progress in cardiovascular diseases. – 1976. – V.19. – No. 1 – P. 51-67.
62. *Bosco L.H., Williams C., Wootton S.A.* Human muscle metabolism during brief maximal exercise. Journal of Physiology (London), 1983. – P.21-22.

63. *Brooks G.A.* Anaerobic threshold: Review of the concept and directions for future research. *Medicine and Science in sports and Exercise*, 1985. – P.17, 22-31.
64. *Davis J.A.* Anaerobic threshold: Review of the concept and directions for future research. *Medicine and Science in sports and Exercise*, 1985. – P. 6-18.
65. *De Bruyn-Prevost P., Sturbois X.* Physiological response of girls to aerobic and anaerobic endurance tests. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 1984. – P.149-154.
66. *Jacobs J., Bar-Or O., Karlsson J., Dotan R., Tesch P.* Changes in muscle metabolites in females with 30-s exhaustive. *Medicine and Science in sports and Exercise*, 1982. – P. 457-460.
67. *Kasch F.W., Phillips W., Carter T.E.L., Boyer J.L.* Cardiovascular changes in middle-aged during two hours of training. - *Journal of Applied Physiology*, 1973. – P. 57-59.
68. *Margaria R., Aghemo P., Rovelli E.* Measurement of muscular power (anaerobic) in men. *Journal of Applied Physiology*, 1966, 21, P. 1662-1664.
69. *Platonov V.N.* *Actividad Fisica.* - Barcelona: Paidotribo, 1992. – 331 p.
70. *Rusko H., Rahkila P., Karviren.* Anaerobic threshold, skeletal muscle enzymes and fiber composition in young female cross-country skiers, *Acta Physiologica Scandinavica*, 1980. – P. 263-269.
71. *Saltin B.* Physiological adaptation physical conditioning: Old problems revisited. *Acta Medica Scandinavica*, 1986. – P. 11-24.
72. *Seresse O. Ama P.F.M. Simoneau J-A.* Anaerobic performance of sedentary and trainees subjects. *Canadian Journal of Sport Sciences*, 1989. - P. 46-52.
73. *Simoneau J-A. Lortie C.* Anaerobic alactacid work capacity in adopted biological siblings. - *Human Kinetics*, 1986. – P. 11-18.
74. *Simoneau J-A. Lortie C.* Inheritance of human skeletal muscle and anaerobic capacity adapt to high-intensity intermittent training. *Inheritance Journal of Sport Medicine*, 1986. – P.167-171.
75. *Simoneau J.-A., Lortie G., Boulay M.R. et al.* Tests of anaerobic alactacid and lactacid capacities: Description and reliability. *Canadian Journal of Applied Sport Sciences.* – V.8. – P. 266-270.

76. *Tanaka K., Menstura J.* Marathon performance, anaerobic threshold and onset of blood lactate accumulation. - *Journal of Applied Physiology*, 1984. – P. 640-643.
77. *Volkov N.I., Shirkovets E.A., Borilkevich V.A.* Assessment of aerobic and anaerobic capacity of athletes in treadmill running tests – *Europ. J. Appl. Physiology*, 1975, v.34, p.121-130.
78. *Weltman A.* The blood lactate to Exercise. *Human Kinetics. Response in sports and Exercise*, 1995. – 128 p.
79. *Yoshida T., Chida M., Masahiko J., Suda Y.* Blood lactate parameters related to aerobic capacity and endurance performance. *European Journal of Applied Physiology*, 1987. – P. 7-11.