УДК 796.011.1:612.176.4
І.П. Заневський

ПРОБА РУФ'Є ЯК МЕТОД ДІАГНОСТИКИ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО СТАНУ СЕРЦЕВО-СУДИННОЇ СИСТЕМИ ДІТЕЙ ШКІЛЬНОГО ВІКУ

Львівський державний університет фізичної культури

АНОТАЦІЇ

Метою роботи було створення моделі коригування величини індексу Руф'є та градації рівнів функціонального стану серцево-судинної системи при розподілі на групи здоров'я для занять фізкультурою дітей шкільного віку. Методика дослідження збудована на основі методів теорії і методики фізичного виховання, математичного моделювання, пульсометрії й теорії моторних тестів. Застосовано офісні комп'ютерні технології та інтернет-пошук інформації. Представлено результати порівняльного аналізу існуючих способів коригування значень індексу Руф'є для дітей різного віку. Запропоновано модель коригування величини індексу Руф'є та модель коригування градації оцінок проби Руф'є з урахуванням віку пацієнта. Показано, що параметром коригування величини індексу Руф'є й градації оцінок відповідної проби має бути відношення норми ЧСС у стані спокою, прийняте для вікової групи пацієнта, до норми ЧСС дорослої людини. Відповідна модель оцінки функціонального стану серцево-судинної системи дітей шкільного віку дає статистично істотну ($p < 0{,}001$) корекцію величини індексу Руф'є й градації рівнів здоров'я відносно загальноприйнятої моделі для дорослих, яка рекомендується Інструкцією [1]. Представлено кількісну оцінку наслідків коригування на розподіл учнів за рівнями і групами здоров'я.

Ключові слова: фізкультура в школі, група здоров'я, проба Руф'є, функціональний стан ССС, математичне моделювання.

Целью работы было создание модели коррекции величины индекса Руфье и градации уровней функционального состояния сердечнососудистой системы при распределении на группы здоровья для занятий физкультурой детей школьного возраста. Методика исследования построена на основе методов теории и методики физического воспитания, математического моделирования, пульсометрии и теории моторных тестов. Применены офисные компьютерные технологии и интернет-поиск информации. Представлены результаты сравнительного анализа существующих способов коррекции значений индекса Руфье для детей различного возраста. Предложена модель корригирования величины

индекса Руфье и модель корригирования градации оценок пробы Руфье с учѐтом возраста пациента. Показано, что параметром коррекции величины индекса Руфье и градации оценок соответствующей пробы должно быть соотношение нормы ЧСС в состоянии спокойствия, принятой для возрастной группы пациента, к норме ЧСС взрослого человека. Соответствующая

модель оценки функционального состояния сердечнососудистой системы детей школьного возраста даѐт статистически значимую ($p < 0,001$) коррекцию величины индекса Руфье и градации уровней здоровья относительно общепринятой модели для взрослых, которая рекомендуется Инструкцией [1]. Представлена количественная оценка последствий корригирования на распределение учеников по уровнях и группах здоровья.
Ключевые слова: физкультура в школе, группа здоровья, проба Руфьє, функциональное состояние ССС, математическое моделирование.
The aim of the work was to create a model of correction Ruffier's index value and the gradation of the levels of the functional state of cardiovascular system with the separation of health for the occupations by the fitness of the of school age children. The procedure of study is built on the basis of the methods of theory and procedure of physical training, mathematical simulation, pulse meter, and theory of motor tests. Office computer technologies and Internet-search for information are used. There are presented the results of the comparative analysis of the existing methods of correcting the values of Ruffier index for the children of different age. The model of the correction of the value of Ruffier index and the model of the correction of the gradation of the estimations of Ruffier test taking into account the age of patient are proposed. It is shown that the parameter of the correction of the value of Ruffier index and gradations of the estimations of the corresponding test must be the relationship of the standard pulls in the state of calmness, accepted for the age class of patient, to the standard pulls of adult person. The corresponding model of the estimation of the functional state of the cardiovascular system of the children of school age gives that statistically meant ($p < 0,001$) the correction of the value of Ruffier index and the gradation of the levels of health relative to the conventional model for the adult, which is recommended with Instruction [1]. The quantitative assessment of the consequences of correction in the distribution of students on levels and groups of health is represented.
Key words: physical education in school, group of health, Ruffier test, functional state of cardiovascular system, mathematical modelling.

Постановка проблеми. Перед початком 2009-2010 навчального року спільним Наказом Міністерства охорони здоров'я України та Міністерства освіти і науки України було затверджене «Положення про медико-

педагогічний контроль за фізичним вихованням учнів у загальноосвітніх навчальних закладах» [1]. Це Положення привернуло до себе увагу не тільки педагогів й педіатрів, але й батьків та учнів. За масштабом суспільного резонансу цей документ не має собі подібних у новітній історії шкільного фізичного виховання. Наприклад, на запит «проба Руф'є» у пошуковій системі Google ми отримуємо перші десять документів [2], які стосуються проблем діагностики функціонального стану серцево-судинної системи дітей шкільного віку із застосуванням цієї проби відповідно до згаданого Положення. Центром уваги є Додаток 4 до Положення з «Інструкцією про розподіл учнів на групи для занять на уроках фізичної культури», оскільки

виявилося, що згідно з цією інструкцією до основної групи може потрапити тільки меншість учнів. Наприклад, на початок 2009-2010 навчального року із дотриманням Інструкції займатися фізкультурою в основній групі могли б не більше 12% школярів Запоріжжя [3]. Навіть порівняно кращі результати львівських школярів, 57% з яких потрапили до основної групи, насторожують, оскільки 12% віднесені до спеціальної групи [4].
Нездоланним бар'єром зарахування до основної групи для більшості учнів стала проба Руф'є, яка визначена додатком 3 до Інструкції як метод діагностики функціонального стану серцево-судинної системи дітей шкільного віку. Особливо дражливими є випадки віднесення до підготовчої, ба навіть спеціальної групи, за результатом проби Руф'є спортсменів шкільного віку. Цю пробу вже називають «ударом по спортивних школах», зазначаючи, що в умовах прогресуючої гіподинамії школа повинна розвивати дітей всебічно, але тепер учню заборонено займатися фізкультурою [5].
Результати розподілу учнів по групах здоров'я, коли до основної групи зараховується менше половини тих, хто відбув пробу Руф'є, породжують сумнів у коректності застосування цього випробування для дітей шкільного віку. Медики й вчителі зараз бояться залучати дітей до

будь-яких фізичних вправ, посилаючись на випадки з летальним наслідком, які траплялись на уроках фізкультури. З'явилися пропозиції відмовитися від проби Руф'є або замінити її іншими методами, наприклад, пробою Мартіне-Кушелевського [6].
Отож в теорії і практиці фізичного виховання дітей шкільного віку існує проблема методу діагностики функціонального стану серцево-судинної системи при розподілі учнів на медичні групи.
Робота виконана в рамках завдань НДР за темою 3.1.1. «Теоретико-методичні та програмно-нормативні основи фізичного виховання учнів і студентів» Зведеного плану науково-дослідної роботи у сфері фізичної культури і спорту на 2006-2010 роки, номер державної реєстрації 0107U000771.
Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проба Руф'є широко висвітлена і в медичній [7, 8], і у фізкультурно-спортивній літературі [9, 10]. Методика проведення вимірювань описана у декількох подібних варіантах. Як фізичне навантаження застосовують 30 присідань, виконуваних за 45 с або за одну хвилину [11]. У більшості джерел третій вимір ЧСС рекомендовано виконувати в останні 15 секунд першої хвилини після закінчення присідань, в інших – у перші 15 секунд другої хвилини [12]. За величиною індексу Руф'є пацієнти розподіляються на п'ять груп, границі між якими за різними джерелами різняться між собою на 1-2 бали.
Причину проблем із застосування проби Руф'є як методу діагностики функціонального стану серцево-судинної системи дітей фахівці вбачають в ігноруванні віку дитини при обчисленні індексу Руф'є [13]. Наприклад, шестилітка при нормальному пульсі 106 уд. за хв. не потрапляє до основної

групи здоров’я, оскільки навіть, маючи ідеально «атлетичне серце», отримає значення індексу Руф’е не менші від 11,8 [14].
Протягом життя людини ЧСС у нормі змінюється. У новонароджених вона приблизно в два рази більша, ніж у дорослих. З

шести до п’ятнадцяти років середнє значення ЧСС зменшується зі 106 до 70 уд. за хв. (табл. Д1) [15]. Практично однакові значення норми ЧСС для дітей шкільного віку наводяться (із кроком 2-3 роки) у різних джерелах за винятком 98 уд. за хв. для дітей 10-12 років, що очевидно, є технічною помилкою публікації [16].
За кількома винятками нам не вдалося знайти вказівок стосовно врахування віку пацієнтів при проведенні проби Руф’є. Відповідну корекцію на вік дитини пропонується робити двома способами: зміною градації оцінки при розподілі на групи здоров’я й коригуванням формули для обчислення індексу Руф’є. У роботі [17], яка присвячена дослідженню вегетативного статусу й функціональному стану серця юних спортсменів для якісної оцінки проби Руф’є пропонується використовувати віковий коефіцієнт у зв’язку з «віковою динамікою пульсу». Рекомендації представлено таблицею для п’яти вікових груп у діапазоні від семи до п’ятнадцяти літ (табл. Д2). При цьому зазначається, що автори вперше врахували вік при оцінюванні проби Руф’є. При зменшенні віку значення індексу збільшується. Між значеннями індексу Руф’є у суміжних вікових групах встановлено однакові відстані (1,5 бали) для кожного з оціночних інтервалів.
В іншій публікації, присвяченій методам оцінки рівня здоров’я школярів, пропонується корекція до значень індексу Руф’є у залежності від віку учня [18]. Для молодших школярів до розрахункового значення індексу пропонується додавати від двох до п’яти балів, а для старших – віднімати від одного до двох балів. Для хлопчиків вікова корекція індексу пропонується більшою, ніж для дівчаток. Вікова межа додатної та від’ємної корекції приблизно 12-13 літ (табл. Д3).
У численних методичних рекомендаціях, які стосуються оцінювання фізичної форми та стану серцево-судинної системи дітей, наводяться градації оцінок (табл. Д4 і Д5) [19, 20], які практично співпадають із

градацією [17] для віку 15 років і старше, тобто для підлітків. Отож вік пацієнта не враховано так само, як і в методиці з Інструкції [1], хоч вказується на призначення проби саме для дітей.
Порівнюючи моделі [17] і [18] для врахування віку пацієнтів при застосуванні проби Руф’є, можна зауважити різні напрямки корекції величини індексу для старших школярів: у моделі [17] корекція додатна, а в моделі [18] – від’ємна. Оцінити, яка з цих моделей ближча до реальності неможливо, оскільки в зазначених публікаціях не наведено обґрунтування пропонованих коректив за віком, відсутні дані стосовно верифікації моделей

коригування значень індексу Руф'є. Отже, задачу про розподіл учнів на групи здоров'я для занять фізкультурою за результатами проби Руф'є з урахуванням віку не розв'язано.
Метою роботи є розроблення моделі коригування величини індексу Руф'є та градації рівнів функціонального стану серцево-судинної системи при розподілі на групи здоров'я для занять фізкультурою дітей шкільного віку.
Завдання дослідження. 1. Провести порівняльний аналіз існуючих способів коригування значень індексу Руф'є для дітей різного віку. 2. Розробити модель коригування величини індексу Руф'є, у якій було б враховано вік пацієнта. 3. Розробити модель коригування градації оцінок проби Руф'є з урахуванням віку. 4. Дати кількісну оцінку наслідків коригування на розподіл учнів за рівнями і групами здоров'я.
Методика дослідження ґрунтується на методах теорії і методики фізичного виховання [25], математичного моделювання [26], пульсометрії [27], теорії моторних тестів [28] і математичної статистики [29]. Застосовано офісні комп'ютерні технології та інтернет-пошук інформації. Опрацювання результатів проводилося з використанням програми Excel (пакет аналізу, функції NORMSDIST і NORMINV) й пакету SPSS [30].

Результати дослідження представлено у двох напрямах: коригування величини індексу Руф'є й коригування градації розподілу за рівнями функціонального стану серцево-судинної системи зважаючи на вік пацієнтів.
1. Аналіз вагомості існуючих моделей коригування значень індексу Руф'є для дітей різного віку. Щоб оцінити суттєвість величини корекції індексу Руф'є [18] й корекції відповідної градації груп здоров'я [17], змоделюємо кориговані відповідним чином таблиці оцінок на основі рівнів функціонального резерву серця з Інструкції [1].
1.1. Модель коригування індексу Руф'є [18].
Модель коригування значень індексу Руф'є представлено табличною формою для п'яти вікових груп, чотири з яких покривають шкільний вік (табл. Д2). Апроксимуючи вік пацієнтів кубічною параболою (по чотирьох точках), отримаємо аналітичні форми моделі для хлопців (рис. 1а) і дівчат (рис. 1б). При нульових значення аргументу функції апроксимації, тобто за відсутності потреби в коригуванні індексу, отримуємо відповідний вік хлопців (9,8 року) і дівчат (9,9 року).
Рис. 1а

Рис. 1. Модель коригування індексу Руф'є для учнів школи:
а – хлопці; б – дівчата.
На основі цієї моделі обчислено границі груп здоров'я для дітей шкільного віку за коригованими значеннями індексу Руф'є (табл. 1). Ширина інтервалів за індексом у трьох внутрішніх групах здоров'я згідно з Інструкцією [1] дорівнює 3 бали (вище середнього рівня), 3 бали (середній) і 5 балів (нижче

середнього). Ці величини приблизно дорівнюють розмаху корекції з огляду на вік: для хлопців – це 5 балів, а для дівчат 4,5 бали. Тобто величина корекції є настільки суттєвою, що її наслідком стає зміна оцінки у напрямку зростання на одну-дві позиції стосовно градації груп здоров'я.

Таблиця 1

Кориговані, з огляду на вік учня, величини індексу Руф'є [18]

Границі між групами за оцінкою	**Вік, роки (хлопці/дівчата)**
	17,0
	12,0
	9,8/9,9 [1]
	8,5/8,0
	6,5
5 і 4*	
	1,5
	2,5
	3,5
	5,5
	6,5/6,0
4 і 3	
	4,5
	5,5
	6,5
	8,5
	9,5/9,0
3 і 2	
	7,5
	8,5
	9,5
	11,5
	12,5/12,0
2 і 1	
	12,5
	13,5
	14,5
	16,5
	17,5/17,0

Примітка: * 5 – високий рівень (відмінний), 4 – вище середнього (добрий), 3 – середній, 2 – нижче середнього (задовільний), 1 – низький;

Заневський І.П. Опубліковано 6.05.2011 р.

1.2. Модель коригування градації груп здоров'я [17].

Ширина інтервалів за індексом у трьох внутрішніх групах здоров'я відповідно до моделі [17] дорівнює 4,5 бали (вище середнього рівня), 5 балів (середній) і 5,25 бала (нижче середнього), що приблизно дорівнює розмаху

корекції з огляду на вік пацієнтів (6 балів). Таким чином, подібно до моделі [18], величина корекції є настільки суттєвою, що її наслідком стає зміна оцінки у напрямку зростання на дві позиції стосовно градації груп здоров'я. Загалом слабким місцем технології проведення проби Руф'є у дітей шкільного віку є низька точність підрахунку кількості серцевих скорочень пульпаторним методом при високих значеннях ЧСС, що є характерним для дітей. Тому необхідно розробити об'єктивні (апаратні) методи вимірювання ЧСС для проведення проби Руф'є у дітей шкільного віку, оскільки точність підрахунку кількості серцевих скорочень пульпаторним методом при високих значеннях ЧСС, що є характерним для дітей, знижується.

1.3. Порівняльний аналіз моделей коригування значень індексу Руф'є для дітей шкільного віку.

Якщо застосувати рекомендації [17] і [18] для коригування градації «рівнів функціонального резерву серця», визначеної «Інструкцією про розподіл учнів на групи для занять на уроках фізичної культури» [1], отримаємо результати, які досить помітно відрізняються від градації, пропонованої у роботі. Наприклад, відносна розбіжність граничних величин індексу Руф'є

%200RRRR]3[]2[]3[]2[+–

у віковій групі 7-8 років досягає майже 32%, а у віковій групі 15 років і старше – перевищує 33%, якщо не рахувати розбіжності майже у півтора

рази на границі між «добре» й «відмінно» (142,9%) розподілу учнів за групами здоров'я для занять фізкультурою (табл. 2). Щоправда, ця границя з практичної точки зору виокремлення основної групи здоров'я не є суттєвою.

Таблиця 2

Порівняння градації рівнів функціонального резерву серця за [17] і [18]

Границі між групами за оцінкою

[1]

Вік, роки

7 – 8

більше 15

[18]*

[17]

Різниця між [17] і [18], %

[18]*

[17]

Різниця між [17] і [18], %

5 і 4

3,50

6,00

6,25

4,1

1,50

0,25

142,9
4 і 3
6,50
9,00
11,50
24,4
4,50
5,50
20,0
3 і 2
9,50
12,00
16,50
31,6
7,50
10,50
33,3
2 і 1
14,50
17,00
21,00
21,1
12,50
15,50
21,4
*Примітка:** хлопці.

Як видно з результатів порівняння моделей [17] і [18], між ними існує не тільки суттєва кількісна, але й якісна різниця. Якщо в моделі [17] (рис. 1а) за початок відліку при коригуванні прийнято старший шкільний вік (старше 15 літ), то в моделі [18] (рис. 1б) – середній (близько 10 років). Отже, між цими моделями немає узгодженості принципів коригування оцінок проби Руф'є зважаючи на вік учня. Відсутність пояснень стосовно підходів до створення цих моделей й недоступність відповідних матеріалів у друкованих й електронних виданнях спричинюють необхідність глибокого дослідження проблеми застосування проби Руф'є як методу діагностики функціонального стану серцево-судинної системи дітей шкільного віку.

2. Аналітична модель коригування градації рівнів здоров'я у пробі Руф'є зважаючи на вік учня. Наслідуючи підходи до врахування віку пацієнтів у

пробі Руф'є, які застосовано в роботах [17] і [18], збудуємо дві моделі, а саме, модель коригування величини індексу Руф'є і модель коригування градації оцінок проби Руф'є.

2.1. Пропонована модель коригування величини індексу Руф'є.

Параметрами індексу Руф'є є ЧСС спокою, при навантаженні й після відновлення. Причому ключовим параметром слід визнати ЧСС спокою, оскільки ЧСС при виконанні стандартизованого навантаження можна вважати величиною пропорційною до величини ЧСС спокою. Для досягнення тренувального ефекту рекомендують, наприклад, фізичні вправи циклічного характеру з інтенсивністю навантаження, яка викликає збільшення ЧСС відносно стану спокою до двох разів [7]. Величина ЧСС у процесі відновлення після навантаження також є величиною пропорційною ЧСС спокою. На цій залежності побудовано тести для дослідження функціонального стану серцево-судинної системи, в яких враховано час повного відновлення ЧСС, наприклад, проба Мартіне-Кушелевського [21]. Отож суму трьох значень ЧСС у формулі індексу Руф'є можна вважати лінійним перетворенням ЧСС спокою, а саму формулу

$$()10200nnn4R210-++=, \quad (1)$$

де $0n$ – кількість скорочень серця за 15 с у стані спокою; $1n$ – за перші 15 секунд першої хвилини після закінчення присідань; $2n$ – в останні 15 секунд першої хвилини, записати у такому вигляді:

$$10200fR-=, \quad (2)$$

де $()210nnn4f++=$.

Параметром коригування буде відношення:

$$apЧССЧССk=, \quad (3)$$

Заневський І.П. Опубліковано 6.05.2011 р.

де $pЧСС$ і $aЧСС$ – відповідно до норми частоти серцевих скорочень у стані спокою вікової групи пацієнта й дорослої людини. Припускаючи, що $kffap=$, з формули (2) отримаємо формулу для обчислення коригованих значень індексу Руф'є:

$$10200k/fRk-=. \quad (4)$$

Отож Во1076 для обчислення індексу Руф'є при тестуванні дітей у відповідній формулі суму трьох підрахованих значень ЧСС треба помножити на величину норми ЧСС у стані спокою для дорослої людини (70 хв.$^{-1}$) й поділити на величину норми ЧСС у стані спокою для дітей відповідного віку. На рис. 2 розміщено номограму для визначення коригованих величин індексу Руф'є у діапазоні практично важливих значень ЧСС для пацієнтів шкільного віку. Наприклад, при значенні суми ЧСС $=f350$, учні 6-8 років мають бути віднесені до групи високого рівня здоров'я ($=kR0,6$-$2,6$); учні 10 років – до групи вище середнього рівня здоров'я ($Rk = 5,0$); учні 12-14 років – до групи середнього рівня ($Rk = 7,1$-$9,0$), а учні 16 років – до групи нижче середнього рівня ($Rk = 10$). Якщо ж користуватися загальноприйнятою формулою для обчислення індексу Руф'є (1), яку наведено також і в Інструкції [21], то всіх учнів, які показали у пробі Руф'є результат $f = 350$, треба було б віднести до групи здоров'я за рівнем нижче середнього.

Заневський І.П. Опубліковано 6.05.2011 р.
Рис. 2. Кориговані величини індексу Руф'є.
2.2. Пропонована модель коригування градації оцінок проби Руф'є
Індексом «*а*» позначимо стандартні значення індексу Руф'є й відповідного аргументу *f*, призначені для дорослих, а індексом «*р*» – кориговані значення для дітей:
10200fRaa−=; *10200fRpp−=* (5).
З виразів (2), (3) і (5) отримаємо іншу порівняно з (4) формулу для обчислення коригованої величини індексу Руф'є із врахуванням віку пацієнта:
()*1k20kRRfp−+=*. (6)
Значення параметру коригування (3) приймаємо як відношення відповідних ЧСС у стані спокою [15]. Графіки границь для груп здоров'я за коригованою величиною індексу Руф'є зображені на рис. 3.
Спортивна наука України 2011 № 3 84
Заневський І.П. Опубліковано 6.05.2011 р.
Рис. 3. Границі груп здоров'я за коригованою величиною індексу Руф'є.
Наприклад, для 10 років норма ЧСС у стані спокою: =*рЧСС*84 хв.-1; норма ЧСС у стані спокою дорослої людини: =*рЧСС*70 хв.-1 (табл. Д1). Параметр коригування =*k*84/70 = 1,2. За формулою (5), підставляючи значення індексу Руф'є на границях груп здоров'я (=*aR*14,5; 9,5; 6,5 і 3,5) з Інструкції [1], обчислюємо кориговані значення для дітей віком 10 років: *Ra* = 21,4; 15,4; 11,8 і 8,2. Пропонована градація рівнів функціонального резерву серця для учнів 6-16 років наведена в табл. 3.
Таблиця 3
Пропозиція стосовно градації рівнів функціонального резерву серця для учнів

Вік, роки	**Границі між групами здоров'я**			
	1 і 2	*2 і 3*	*3 і 4*	*4 і 5*
6				
	30,3	23,0	18,6	14,2
7				
	28,3	21,3	17,1	12,9
8				

25,8
19,2
15,2
11,2
9
23,4
17,1
13,3
9,5
10
21,4
15,4
11,8
8,2
11
19,4
13,7
10,3
6,9
12
18,2
12,7
9,3
6,0

Продовження табл.3
13
17,0
11,6
8,4
5,2
14
15,7
10,6
7,4
4,3
15
15,1
10,0
7,0
3,9
16
14,5
9,5

6,5
3,5
Обговорення результатів. Впровадження окремих норм «Положення про медико-педагогічний контроль за фізичним вихованням учнів у загальноосвітніх навчальних закладах» [1] створило бар'єр перед значною частиною школярів для занять фізкультурою за повноцінною програмою. Причиною цього є застосування проби Руф'є без огляду на вікові особливості функціонального стану серцево-судинної системи дітей шкільного віку. Параметром коригування величини індексу Руф'є й градації оцінок відповідної проби має бути відношення норми частоти серцевих скорочень у стані спокою, прийняте для вікової групи пацієнта, до норми частоти серцевих скорочень дорослої людини.
Спираючись на теорію спортивних оцінок [22], можна прийняти загальну ширину трьох внутрішніх інтервалів (це – такі рівні здоров'я: середній, вище і нижче середнього), що дорівнює чотирьом стандартним відхиленням при нормальному законі розподілу індексу величини Руф'є. Це означає, що в зазначених межах знаходиться приблизно 95% обсягу генеральної сукупності результатів проби. Для градації рівнів здоров'я, яка прийнята в Інструкції [1], нижня межа цих трьох інтервалів дорівнює 3,5, а верхня 14,5. Звідси отримуємо середнє арифметичне (9,0) і стандартне відхилення (2,75). Тоді відносний розподіл пацієнтів за рівнями здоров'я має бути таким: високий – 2,3%, вище середнього – 15,9%, середній – 39,0%, нижче середнього – 40,5% і низький – 2,3% (табл. 4). До основної групи здоров'я належить 18,2%, до підготовчої – 39,0% і до спеціальної – 42,8%. Приблизно такий же розподіл за групами здоров'я був на початку 2009-2010 навчального року в школах Запоріжжя [3]. До основної групи могли потрапити не більше 12% учнів. Якщо врахувати протипоказання до

занять фізкультурою за програмою основної групи, які встановлюють медики незалежно від результатів проби Руф'є, то подібність розподілу учнів Запоріжжя до нормального закону буде майже абсолютною.
Таблиця 4
Відсоткова частка учнів за рівнем і групою здоров'я
Модель
Рівень функціонально-резервних можливостей ССС
високий
вище середнього
середній
нижче середнього
низький
[1]
2,3
15,9
39,0

40,5
2,3
(4)
29,3
41,5
24,2
5,1
0,03
табл. 3
21,8
46,2
27,7
4,3
0,01
-
Група здоров’я на уроках фізкультури
-
основна
підготовча
спеціальна
[1]
18,2
39,0
42,8
(4)
70,7
24,2
5,1
табл. 3
68,0
27,7
4,3
Виконуючи коригування значень індексу Руф’є за формулою (4), отримаємо при (= *f* 350) для пацієнтів шкільного віку величини в діапазоні від 4,0 до 15,0 із середнім арифметичним =*kR*11,0 (рис. 2), яке на чотири бали менше від значення індексу для дорослих(=*R*15,0). Дотримуючись гіпотези про нормальний закон розподілу індексу Руф’є, отримуємо для середнього арифметичного (=*M*9,0 - 4,0 = 5,0) й обчисленого раніше стандартного відхилення (=*SD*2,75) новий, коригований за віком учнів розподіл за рівнями здоров’я: високий рівень – 29,3%, вище середнього – 41,5%, середній – 24,2%, нижче середнього – 5,1% і низький рівень – 0,03%. До основної групи здоров’я тепер належатимуть 70,7%, до підготовчої – 29,3% і до спеціальної – 0,03% (табл. 4). Невтішна картина з оцінкою функціонального стану серцево-судинної системи учнів, отримана згідно з Інструкцією [1], набуває

реальних ознак при застосуванні корекції на вік учнів. Суттєва різниця цих двох моделей дістає також вагоме

статистичне підтвердження. Наприклад, у загальноосвітній школі при кількості учнів біля шести сотень (по два класи від першого по одинадцятий) нульова гіпотеза про походження цих двох розподілів з одного генерального розподілу має бути відкинута з високою вірогідністю [23]. Стосовно рівня функціонального стану серцево-судинної системи учнів розрахункова величина хі-квадрат критерію Пірсона ($_2\chi$= 202,6) є на порядок більшою від його критичної величини ($_{4;001.02}\chi$ = 18,5) при найменшому, з точки зору практичної доцільності, значенні рівня істотності: p = 0,001 (табл. 5). Подібна ж величина вірогідності відхилення гіпотези присутня й стосовно розподілу учнів на групи здоров'я для занять фізкультурою: $_2\chi$ = 192,4; $_{2;001.02}\chi$ = 13,8 (табл. 6).

Таблиця 5

Статистичне порівняння градації рівнів функціонального резерву серця

Параметр	**Рівень функціонально-резервних можливостей ССС (n = 600)**				
	високий	вище середнього	середній	нижче середнього	низький
$O_{[1]}$	14	95	234	243	14
$O_{(4)}$	176	248	145	31	0
E	95	172	190	137	7
$2(O_{[1]}-E)_2/E$	69,2				

33,9
10,4
82,4
6,6

Таблиця 6

Статистичне порівняння розподілу на групи здоров'я (n = 600)

Параметр

Група здоров'я на уроках фізкультури

основна

підготовча

спеціальна

$O_{[1]}$

109

234

257

$O_{(4)}$

424

145

31

E

267

190

144

$2(O_{[1]}-E)^2/E$

93,0

10,4

89,0

Заневський І.П. Опубліковано 6.05.2011 р.

Для визначення характеру зміни розподілу учнів за рівнями і групами здоров'я, до якого призводить коригування градації, візьмемо середній вік учнів школи 11 років, для котрого границі між рівнями здоров'я за індексом Руф'є дорівнюють: 6,9; 10,3; 13,7 і 19,4 (табл. 3). Тоді розподіл пацієнтів за рівнями здоров'я має бути таким: високий рівень – 21,8%, вище середнього – 46,2%, середній – 27,7%, нижче середнього – 4,3% і низький рівень – 0,01% (табл. 4). До основної групи здоров'я належить 68,0%, до підготовчої – 27,7% і до спеціальної – 4,3%.

Для наведеного вище прикладу загальноосвітньої школи (n = 600) нульова гіпотеза про походження цих двох розподілів з одного генерального розподілу може бути відкинута з високою вірогідністю. Стосовно рівня функціонального стану серцево-судинної системи учнів розрахункова величина хі-квадрат критерію Пірсона ($_2\chi$ = 191,6) є на порядок більшою від його критичної величини (*4 ; 001 . 0*

2 χ = 18,5) при найменшому, з точки зору практичної доцільності, значенні рівня істотності: p = 0,001 (табл. Д6). Подібна ж величина вірогідності

відхилення гіпотези про розподіл учнів на групи здоров'я для занять фізкультурою: $_2\chi$ = 186,5; *0.001;2*
2 χ = 13,8 (табл. Д7).
Загалом пропонована модель оцінки функціонального стану серцево-судинної системи дітей шкільного віку дає статистично істотну ($p < 0{,}001$) корекцію величини індексу Руф'є й градації рівнів здоров'я відносно загальноприйнятої моделі для дорослих, яка рекомендується Інструкцією [1]. Практичним наслідком застосування пропонованої моделі коригування величини індексу Руф'є з урахуванням віку учнів є відносне збільшення частки основної групи здоров'я на уроках фізкультури в середньому на 49-53% й відповідне зменшення частки підготовчої групи на 11-15% і спеціальної групи – на 37-39%.
Таким чином, від проби Руф'є як методу діагностики функціонального стану серцево-судинної системи дітей шкільного

відмовлятися не варто. Але «результати цього тесту допоможуть об'єктивно визначити групу для занять школяра на уроках фізичної культури» [24] тільки за умови врахування особливостей функціонального стану серцево-судинної системи дітей шкільного віку.
Висновки
1. Впровадження окремих норм «Положення про медико-педагогічний контроль за фізичним вихованням учнів у загальноосвітніх навчальних закладах» [1] створило бар'єр перед значною частиною школярів для занять фізкультурою за повноцінною програмою. Причиною цього є застосування проби Руф'є без огляду на вікові особливості функціонального стану серцево-судинної системи дітей шкільного віку.
2. Результати розподілу учнів за групами здоров'я, коли до основної групи зараховується менше половини тих, хто відбув пробу Руф'є, породжують сумнів у коректності застосування цього тесту для дітей шкільного віку.
3. Між відомими моделями оцінки функціонального стану серцево-судинної системи [17] і [18], у яких враховано вік пацієнтів, існує не тільки суттєва кількісна, але й якісна різниця, оскільки у першій з них за початок відліку при коригуванні прийнято старший шкільний вік (16 років), а в другій – середній (близько 10 років). Тобто між цими моделями немає узгодженості принципів коригування оцінок проби Руф'є зважаючи на вік учня.
4. Параметром коригування величини індексу Руф'є й градації оцінок відповідної проби має бути відношення норми частоти серцевих скорочень у стані спокою, прийняте для вікової групи пацієнта, до норми частоти серцевих скорочень дорослої людини. Відповідна модель оцінки функціонального стану серцево-судинної системи дітей шкільного віку дає статистично істотну ($p < 0{,}001$) корекцію величини індексу Руф'є й

градації рівнів здоров’я відносно загально прийнятої моделі для дорослих, яка рекомендується Інструкцією [1].
5. Практичним наслідком застосування пропонованої моделі коригування величини індексу Руф’є з урахуванням віку учнів є відносне збільшення частки основної групи здоров’я на уроках фізкультури в середньому на 49-53% й відповідне зменшення частки підготовчої групи на 11-15% і спеціальної групи – на 37-39%.
6. Від проби Руф’є як методу розподілу учнів за групами здоров’я для занять фізкультурою відмовлятися не варто, але при її застосуванні необхідно враховувати особливості функціонального стану серцево-судинної системи дітей шкільного віку.
Рекомендації. Для обчислення індексу Руф’є при тестуванні дітей у відповідній формулі суму трьох підрахованих значень ЧСС треба помножити на величину норми ЧСС у стані спокою для дорослої людини (70 хв.$^{-1}$) й поділити на величину норми ЧСС у стані спокою для дітей відповідного віку. Рекомендуємо користуватися даними табл. 3 при визначенні рівнів функціонального резерву серця для учнів з урахуванням віку пацієнта.
Напрями подальших досліджень.
1. Проведення апробації пропонованої моделі коригування величини індексу Руф’є й градації оцінок відповідної проби на статистично репрезентативних вибірках учнів.
2. Дослідження залежності співвідношення ЧСС при навантаженнях проби Руф’є і в стані спокою від віку дитини.
3. Розроблення об’єктивних (апаратних) методів вимірювання ЧСС для проведенні проби Руф’є у дітей шкільного віку, оскільки точність підрахунку кількості серцевих скорочень пульпаторним методом при високих значеннях ЧСС, що є характерним для дітей, знижується.
Спортивна наука України 2011 № 3 91
Заневський І.П. Опубліковано 6.05.2011 р.
Література
1. Положення про медико-педагогічний контроль за фізичним вихованням учнів у загальноосвітніх навчальних закладах. Затверджено Наказом Міністерства охорони здоров’я України та Міністерства освіти і науки України N 518/674 від 20.07.2009 р. http://news.yurist-online.com/laws/6323/
2. Проба Руф’є. – 2011 – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.google.com.ua/#hl=uk&source=hp&biw=1362&bih=567&q=%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B1%D0%B0+%D0%A0%D1%83%D1%84%E2%80%99%D1%94&aq=f&aqi=g1&aql=&oq=&fp=84a12634c25b9ff4
3. Только 10-12% запорожских школьников смогут полноценно заниматься физкультурой?-«Репортѐр Запорожья». – 2010 – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://reporter.zp.ua/2009/09/22/tolko-10-12-zaporozhskikh-shkolnikov-smogut-polnotsenno-zanimatsya-fizkulturoi
4. Гищук І. Фізкультурна проба // Львівська пошта. – 2009. – №141 (879) www.lvivpost.net/content/view/6459/194/

5. Из-за пробы «Руфье» спортивные школы Запорожья останутся полупустыми. 2009. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://reporter.zp.ua/2009/10/15
6. На зміну пробі Руф'є прийде інша методика. – 2011. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.zp-pravda.info/index.php?option=com_content&view=article&id=2444:2010-11-26-09-59-34&catid=37:2009-04-14-10-28-30&Itemid=55
7. Маліков М.В. Фізіологія фізичних вправ: Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. – Запоріжжя: ЗДУ, 2003. – 112 с. 8. Wilmore J., Costill D., Kenney W.L. Physiology of Sport and Exercise. – Champaign: Human Kinetics, 2008. – 592 p. ISBN-13: 9780736055833
9. Фізична рекреація. За наук. редакції Є. Приступи. – Л.: ЛДУФК, 2010. – 448 с.
10. Круцевич Т.Ю. Теорія і методика фізичного виховання: у 2-х томах. – К: Олімпійська література. – 2008. – Т. 2. – 366 с.
11. Новиков Е.В., Ткалич Я.И. Проба Руфье у школьников: первые результаты // Актуальні питання фармацевтичної і медичної науки та практики. – 2010. – Випуск XXIII. – № 4. – С. 94-95.
12. Fitness Test http://www.iherve.com/fitness/fitness_test.html
13. Павлова І. Що стоїть за довідкою на фізкультуру?// Гривна. – № 51 (832). – 16.12.2010 (стор. 12 TV). – 2011 – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.hryvna.kherson.ua/
14. Проба Руфье. Украинских первоклашек оценивают как взрослых. Комаровский форум. – 2010 – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.komarovskiy.net/forum/viewtopic.php?t=14232
15. Нормы пульса для детей и взрослых. – 2007 – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://zdravoe.com/120/p1615/
Спортивна наука України 2011 № 3 92
Заневський І.П. Опубліковано 6.05.2011 р.
16. Сандураччи М.Г., Боно Г. Частота сердечных сокращений в минуту у детей. – 2005 – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://forum.dearheart.ru/53/1123/
17. Гусева А.А., Поляков С.Д., Корнеева И.Т. Вегетативный статус и функциональное состояние сердца юных скалолазов // Медицинский научный и учебно-методический журнал. – 2005. – №27. – С. 181-199.
18. Дыхан Л.Б. Акция «Измерь свое здоровье». – 2008 – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.world-kindness.ru/img/about/mam/zp_pril_7.doc
19. Оценка индекса Руффье для учащихся. – 2010 – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://spo.1september.ru/article.php?ID=200702312
20. Тест Руф'є. – 2010. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://dity.peredusim.kiev.ua/news/events/578-test-rufje.html
21 Єрьоміна О.Л., Котова Л.І. Спортивна медицина. – Полтава: УМСА, 2005. – 44 с.

22. Начинская С.В. Спортивная метрология. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 240 с.
23. Whipkey K.L., Whipkey M.N. The power of calculus. – New York: John Willy & Sons, 2007. – 378 p.
24. Єрмолова Ю.В. Стан здоров'я школярів – ситуація критична. // Український медичний часопис. Актуальні питання клінічної практики. – 2011. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: 2011. http://www.umj.com.ua/article/11460.
25. Вацеба О.М., Шиян Б.М. Теорія і методика наукових педагогічних досліджень у фізичному вихованні та спорті: Навчальний посібник. – Тернопіль: Богдан, 2008. – 276 с. ISBN: 978-966-10-0381-0
26. Bender E.A. An Introduction to Mathematical Modelling. – New York : Dover, 2006. ISBN 0-486-41180-X 27. Burke R.B. Precision Heart Rate Training. – Champaign: Human Kinetics, 1998. – 224 p. ISBN-13: 9780880117708
28. Morrow J.Jr., Jackson A., Disch J., Mood D. Measurement and Evaluation in Human Performance. – Champaign: Human Kinetics, 2008. – 472 p. ISBN-13: 9780736090391
29. Freedman D.A. (2005) Statistical Models: Theory and Practice, Cambridge: University Press,2005. – 638 p. ISBN 9780521671057
30. IBM SPSS Data Collection. – 2008 – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.spss.com.ua/

Заневський І.П. Опубліковано 6.05.2011 р.
ДОДАТОК
Таблиця Д1
Норми пульсу для дітей і дорослих [15]

Вік	**Середнє значення пульсу (уд. / хв.)**	**Границі норми пульсу (уд. / хв.)**
до 1 міс.	140	110–170
1–12 міс.	132	102–162
1–2 роки	124	94–154
2–4 роки	115	90–140
4–6 літ	106	86–126
6–8 літ		

98
78–118
8–10 літ
88
68–108
10–12 літ
80
60–100
12–15 літ
75
55–95
15–50 літ
70
60–80
50–60 літ
74
64–84
60–80 літ
79
69–89
Таблиця Д2
Норми пульсу для дітей і дорослих [17]
Оценка результата
Значение пробы Руфье в зависимости от возраста
15 лет и >
13-14 лет
11-12 лет
9-10 лет
7-8 лет
Неуд.
15
16,5
18
19,5
21
Слабая
11-15
12,5-16,5
14-18
15,5-19,5
17-21
Удовл.
6-10
7,5-11,5
9-13

10,5-14,5
12-16
Хорошая
0,5-5
2-6,5
3,5-8
5-9,5
6,5-11
Отличная
0
1,5
3
4,5
6
Спортивна наука України 2011 № 3 94
Заневський І.П. Опубліковано 6.05.2011 р.
Таблиця Д3
Корекція величини індексу Руфьє відповідно до віку пацієнта [18]
Корекція, бали
-2
-1
+2
+3
+5
Хлопці
вік, роки
> 15
10-14
8-9
6-7
<5
Дівчата
> 15
10-14
7-9
4-6
< 3
Таблиця Д4
Оценка индекса Руфье для учащихся [19]
Група
Результат
Оценка
1
0-5
Отлично

2
6-10
Хорошо
3
11-15
Удовлетворительно
4
более 15
Неудовлетворительно
Таблиця Д5
Оцінка за індексом Руф'є для дітей [20]
Група
Індекс
Оцінка
1
менше 0
атлетичне серце
2
0,1 - 5
«відмінно» (дуже добре серце)
3
5,1 - 10
«добре» (добре серце)
4
10,1 - 15
«задовільно» (серцева недостатність середнього ступеня)
5
15,1 - 20
«погано» (серцева недостатність сильного ступеня)
Таблиця Д6
Статистичне порівняння градації рівнів функціонального резерву серця (n = 600)
Параметр
Рівень функціонально-резервних можливостей ССС
високий
вище середнього
середній
нижче середнього
низький
***O**[1]*
14
95
234
243
14
***O**(табл.3)*

131
276
167
26
0
E
72
186
201
134
7
2(*O*[1]-*E*)2/*E*
47,3
44,0
5,6
87,8
6,8
Спортивна наука України 2011 № 3 95
Заневський І.П. Опубліковано 6.05.2011 р.
Таблиця Д7
Статистичне порівняння розподілу на групи здоров’я (*n* = 600)
Параметр
Група здоров’я на уроках фізкультури
основна
підготовча
спеціальна
***O*[1]**
109
234
257
***O*(табл.3)**
408
166
26
E
259
200
141
2(*O*[1]-*E*)2/*E*
86,3
5,7
94,4__