

Модель класифікації розподілу школярів на медичні групи з фізичного виховання

Східноєвропейський національний університет імені Лесі Українки (м. Луцьк)

Постановка наукової проблеми та її значення. Аналіз досліджень цієї проблеми. Статистика свідчить про те, що захворюваність дитячого населення України має стійку тенденцію до зростання. Зниження рівня здоров'я характерне для всіх вікових періодів життя дитини. Сьогодні під час профілактичних оглядів у школярів виявляють удвічі більше, ніж двадцять років тому, порушень постави, захворювань органів слуху й зору. Як свідчать дослідження, за час навчання в школі загальний стан здоров'я учнів погіршується [3]. Інтенсифікація навчального процесу, проведення дозвілля за комп'ютером у мережі Інтернет, біля екранів телевізорів призводять до зниження рухової активності, скорочення тривалості активного відпочинку учнів на свіжому повітрі, а це, зі свого боку, спричиняє небажані зміни в їхньому фізичному стані [6].

Фізичне виховання в школах – обов'язкова складова частина навчально-виховного процесу, яка забезпечує реалізацію генетичної програми росту та розвитку організму дитини, формування її фізичного й психічного здоров'я. Медико-педагогічний контроль за фізичним вихованням дітей та учнівської молоді має забезпечити оптимізацію їхньої рухової активності, а також відстеження змін у стані здоров'я [3]. Але встановлені для школярів три медичні групи допуску до занять фізичними вправами не розподіляють їх за рівнем фізичного здоров'я. У зв'язку з цим учні з низьким рівнем фізичного здоров'я (35 % і більше) не можуть виконувати навантаження на уроках фізичної культури, що не забезпечує збереження й зміцнення здоров'я дитячого населення [1].

Розподіл учнів за станом здоров'я на медичні групи для проведення занять із фізичної культури (виховання) здійснюють за результатами: 1) медичного обстеження організованих дитячих колективів, яке проводили відповідно до наказу Міністерства охорони здоров'я України «Про вдосконалення фізичного виховання учнів та студентської молоді у навчальних закладах України» № 1078 від 27 листопада 2008 р.; 2) визначення функціонального стану дитини для уточнення реакції організму на дозоване фізичне навантаження (частота дихання, частота серцевих скорочень, артеріальний тиск) [7]. Проба Руф'є із 2009 р. стала обов'язковою для визначення функціонального стану організму школярів України. На практиці цей тест показує, у якій медичній групі з фізичного виховання повинна й зможе за станом здоров'я займатися дитина: основній, підготовчій чи спеціальній. Інколи буває, що батьки не згодні з результатами проби Руф'є, тоді медична група визначається на певний термін (місяць або два), а потім тестування повторюють.

Але при цьому існує й суб'єктивний фактор розподілу на медичні групи, коли дитина на момент медичного обстеження чи розрахунку проби Руф'є не підготовлена до них (поганий сон, втома, емоційний стан, порушений режим харчування) або висновок робиться приблизно з урахуванням побажання батьків. Виникає проблема пошуку додаткових об'єктивних критеріїв поділу школярів на медичні групи з фізичного виховання.

Мета дослідження – створити модель класифікації, яка дає змогу спрогнозувати розподіл дітей на медичні групи з фізичного виховання.

Контингент і методика дослідження. У дослідженнях узяли участь хлопці молодшого шкільного віку (8–12 років) загальноосвітніх шкіл м. Луцька, яких за результатами проби Руф'є поділено на дві групи: «0» – школярі підготовчої медичної групи з фізичного виховання – учні із незначними відхиленнями в стані здоров'я та на стадії реабілітації. Заняття з фізичної культури проводять згідно з навчальними програмами з обов'язковим дотриманням принципів поступовості та наступності; ІР= від 10 до 15 (12 осіб); «1» – школярі основної медичної групи з фізичного виховання – абсолютно здорові діти, у яких немає відхилень у стані здоров'я (за даними аналізу амбулаторних карток) та які мають достатню фізичну підготовленість. Заняття з фізичної культури, проводяться згідно з навчальними програмами й складання контрольних нормативів здійснюється з диференційованою

оцінкою; $IP=$ від 0 до 10 (12 осіб). Школярі, які мають значні відхилення в стані здоров'я та віднесені до спеціальної медичної групи, не брали участі в дослідженнях.

Дослідження проводили на базі лабораторії екологічної фізіології біологічного факультету з використанням комплексу апаратних і програмних засобів медичного обстеження «Аскольд» (Київ, 1998). Для вивчення стану центральної гемодинаміки використовували методику тетраполярної реографії за Кубічком із реєстрацією таких показників, як частота серцевих скорочень (ЧСС), систолічний об'єм крові (СОК), хвилинний об'єм крові (ХОК), об'ємна швидкість викиду (ОШВ), середній динамічний тиск (СДТ), серцевий індекс (СІ), ударний індекс (УІ), питомий периферичний опір (ППО), загальний периферичний опір (ЗПО), витрати енергії (ВЕ), потужність лівого шлуночка (N) [2].

Статистичну обробку експериментальних даних і побудову регресійних моделей проводили в пакеті MedCalc (MedCalc Software, 2014). Обчислювали такі показники, як середнє арифметичне (X), середнє квадратичне відхилення (Sx), 95 % вірогідний інтервал (95 % ВІ) [4; 8].

Виклад основного матеріалу й обґрунтування отриманих результатів дослідження. У таблиці 1 представлено показники серцево-судинної системи хлопчиків молодшого шкільного віку, які, за даними проби Руф'є, займаються в основній групі (1 група) і в підготовчій (0 група). Дані таблиці використовують для оцінки функціонального стану серцево-судинної системи. Так, середній динамічний тиск (СДТ) – показник узгодженості регуляції серцевого викиду й периферичного опору. У комплексі з іншими параметрами він дає можливість визначати стан прекапілярного русла. Ударний об'єм крові (УОК) – це кількість крові, що викидається в аорту при кожному серцевому скороченні. За хвилинним об'ємом (ХОК) судять про механічну функцію міокарда, яка відображає стан системи кровообігу. Периферичний опір (ПО) обумовлює сталість середньодинамічного тиску (або його відхилення від норми). Розрахунок ЗПО дає змогу вивчити артеріальний тонус, його зміни в різних фізіологічних і патологічних умовах. Але абсолютні дані ПО внаслідок великих їх коливань не можна використовувати для індивідуальної оцінки стану прекапілярного русла, тому користуються показником питомого периферичного опору (ППО), визначення якого дає можливість установити ступінь прохідності прекапілярного русла. Серцевий індекс (СІ) – показник відношення серцевого викиду до поверхні тіла людини, що характеризує стан гемодинаміки. Ударний індекс (УІ) – показник ударного об'єму крові в розрахунку на одиницю поверхні тіла. Об'ємна швидкість викиду (ОШВ) крові – кількість крові, яка викидається лівим шлуночком у початковий відрізок аорти за 1 с. Потужність скорочення лівого шлуночка (N) вимірюється роботою, яка виконується за одиницю часу (1 с). Вона є мірою напруження чи енергії, яка розвивається скоротливим міокардом при виконанні ним роботи з пересування крові в замкнутій системі судин. Облік витрати енергії (ВЕ) на забезпечення сталості руху 1л ХОК дає уявлення про ефективність й економічність умов роботи серця. Частота серцевих скорочень (ЧСС) – значення показника биття серця за певний проміжок часу, один з основних фізіологічних показників його роботи [5; 9].

Таблиця 1

Функціональні показники серцево-судинної системи молодших школярів, $n=24$

Показник	0 група				1 група			
	n	X	Sx	95 % ВІ	n	X	Sx	95 % ВІ
N, <i>вт</i>	12	1,882	0,2689	1,711 – 2,053	12	1,948	0,4103	1,687 – 2,208
S, <i>м²</i>	12	1,237	0,3996	0,983 – 1,491	12	1,2	0,1641	1,132 – 1,341
ВЕ, <i>вт/л</i>	12	10,73	0,869	10,178 – 11,282	12	10,97	0,8488	10,431 – 11,509
ЗПО, <i>дин*см⁻⁵*с</i>	12	1969,911	579,6241	1601,635 – 2338,186	12	2298,421	345,3903	2078,970 – 2517,871
ОШВ, <i>л/с</i>	12	0,144	0,05143	0,111 – 0,177	12	0,148	0,06341	0,107 – 0,188
ППО, <i>дин*см⁻⁵*с/м²</i>	12	2052,695	499,0225	1735,631 – 2369,759	12	1936,089	462,8548	1642,005 – 2230,173
СДТ, <i>мм рт.ст.</i>	12	79,858	5,2926	76,496 – 83,221	12	82,498	6,3763	78,446 – 86,549
СІ, <i>л/хв * м²</i>	12	2,2	0,441	1,958 – 2,519	12	2,6	0,5264	2,336 – 3,005
УІ, <i>мл/м²</i>	12	33,996	6,3191	29,981 – 38,011	12	34,947	5,88	31,211 – 38,683
УОК, <i>мл</i>	12	37,258	5,424	33,811 – 40,704	12	44,473	7,3958	39,773 – 49,172
ХОК, <i>л/хв</i>	12	2,648	0,3095	2,452 – 2,845	12	3,145	0,5071	2,823 – 3,467
ЧСС, <i>уд/хв</i>	12	79,5	10,6895	72,792 – 86,375	12	65,5	7	61,052 – 69,948

Усі одержані показники перевірені на нормальність розподілу. За його результатами констатовано, що абсолютна більшість даних підлягає цьому нормальному розподілу за законом Гауса, винятком є лише площа поверхні тіла ($p \geq 0,05$).

Наступний етап роботи – створення моделі класифікації дітей у медичні групи для занять із фізичного виховання. У якості математичної моделі вибрано логістичну регресію. При цьому методом покрокового включення й виключення показників програма MedCalc відібрала лише два – серцевий індекс (СІ) та частоту серцевих скорочень (ЧСС). Змінними, які не включені в модель, були N, S, ЗПО, СДТ, УІ, УОК, ХОК. Очевидно, це пов'язано з особливістю методів їх обчислення, оскільки вони отримані розрахунковим методом і є колінеарними. Отже, наша модель має вигляд:

$$Y = 31,82 - 3,96 \text{ СІ} - 0,31 \text{ ЧСС}, \quad (1)$$

де, 31,82 – стала величина, 3,96 і 0,31 – коефіцієнти, які мають значення відношення шансів, $VШ = \exp(-3,96)$ та $VШ = \exp(-0,31)$.

Перевірка моделі засвідчила, що сама модель адекватна й кожен її коефіцієнт статистично значимий при $p < 0,001$. Коефіцієнти моделі мають чіткий біологічний зміст, тому що вони показують відношення шансів [8] і, зі свого боку, кількісно характеризують імовірність потрапляння в ту чи іншу групу. Так, якщо СІ збільшується на одиницю, то шанси входження в основну групу зростають, а якщо ЧСС збільшити на одиницю, то шанси потрапляння в цю групу зменшуються.

Оцінку інформативності цієї моделі проводять за аналізом ROC-процедури. Одним із важливих показників аналізу ROC-кривої є площа під ROC-кривою (area under the ROC curve – AUC) [8; 10]. Значення цього показника високе (AUC=0,951), тобто наближається до 1. Чим більша площа під кривою, тим краща модель класифікації (табл. 2).

Таблиця 2

Аналіз ROC-кривої

Площа під ROC-кривою (AUC)	0,951
Стандартне відхилення	0,0416
95 % вірогідний інтервал	0,779 – 0,998

Щоб знайти критичний рівень показника, із якого він потрапляє в ту чи іншу медичну групу з фізичного виховання, для них окремо проводимо ROC-процедуру. ROC-крива показує залежність між чутливістю й специфічністю. Оскільки неможливо одночасно досягти великої специфічності та чутливості, то критичний рівень є компромісним значенням між ними. На рисунку 1, як приклад, показано ROC-криву для частоти серцевих скорочень (рис. 1). Чутливість у нашому випадку – це здатність моделі виявити дітей із пониженими функціональними можливостями серцево-судинної системи, а специфічність – здатність виявити дітей із нормальними функціональними можливостями серцево-судинної системи. Кожен параметр моделі статистично значимо відрізняється від 0. Із графіка видно, що для ЧСС чутливість становить – 91,7, специфічність – 75,0, критичний рівень – ≤ 72 (рис. 1). Для показника СІ чутливість складає 83,33, специфічність – 66,67, критичний рівень – $\leq 2,54$. Отже, виходячи з нашої моделі (1), якщо значення серцевого індексу більше відкритичного рівня, а частота серцевих скорочень школяра менша за критичний рівень, то він потрапляє до основної групи «1», а якщо значення серцевого індексу менше від критичного рівня, а частота серцевих скорочень школяра більша за критичний рівень, – до підготовчої «0» [8].

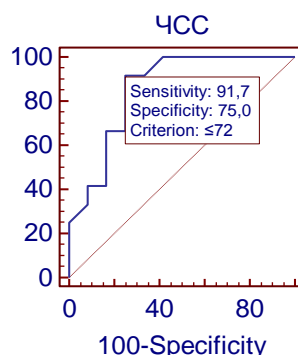


Рис. 1. ROC-крива частоти серцевих скорочень

Результати таблиці 3 підтверджують правильність класифікації школярів на медичні групи з фізичного виховання (табл. 3).

Коректність класифікації розподілу школярів за групами здоров'я

Кодування груп	Розподіл груп		Відсоток випадків
	0	1	
Y = 0	11	1	91,67
Y = 1	1	11	91,67
Відсоток правильно класифікованих випадків			91,67

Результати таблиці показують, що з 12 досліджуваних дітей «0» групи 11 потрапляє у свою групу, а 1 – в іншу. Така сама закономірність спостерігається й для «1» групи. Відсоток правильно класифікованих випадків для обох груп складає 91,67 %.

Отже, в основу моделі закладено два показники – серцевий індекс та частоту серцевих скорочень. Серцевий індекс – інтегральний показник, який відображає відношення хвилинного об'єму крові до площі поверхні тіла. Частота серцевих скорочень – також важливий показник роботи серця. Відомо, що нормальні ритмічні скорочення серця відбуваються внаслідок спонтанної активності клітин водія ритму, який розташований у SA-вузлі. Зі свого боку, скорочення серця відбувається зі спонтанною чи автономною частотою при відсутності будь-яких зовнішніх впливів. Але зовнішні впливи необхідні для того, щоб збільшити або зменшити ЧСС, порівняно з указаною автономною частотою. Найбільші зовнішні впливи на серцевий ритм відбуваються з боку вегетативної нервової системи (симпатичної й парасимпатичної), а також циркулюючих гормонів, іонів, фізичних впливів [5].

Підставивши в модель значення показників із таблиці 1, знайдемо р-імовірність класифікації школярів на ту чи іншу групу: якщо $p < 0,5$ – підготовча група, а якщо $p > 0,5$ – основна група. Щоб показати практичне застосування моделі, наводимо такі приклади:

1) ЧСС = 79,5 уд/хв, CI = 2,2 л/ хв *м². Підставляємо значення відповідних змінних у модель: $Y = 31,82 - 3,96 * 2,2 - 0,31 * 79,5 = -1,72$. Обчислюємо ймовірність потрапляння в групу за формулою: $p = e^Y / (1 + e^Y)$, де e – стала величина, яка дорівнює 2,71, $Y = -1,72$; $p = 0,15$. Отже, досліджуваний потрапляє в підготовчу групу з фізичного виховання;

2) ЧСС = 65,5 уд/хв, CI = 2,6 л/ хв*м². Підставляємо значення відповідних змінних у модель: $Y = 31,82 - 3,96 * 2,6 - 0,31 * 65,5 = 0,94$. Обчислюємо ймовірність потрапляння в групу за формулою: $p = e^Y / (1 + e^Y)$, де e – стала величина, яка дорівнює 2,71, $Y = 0,94$; $p = 0,72$. Отже, досліджуваний потрапляє в основну групу з фізичного виховання.

Як показують приклади, модель чітко ділить обстежуваних на дві групи. Для практичного використання потрібно зареєструвати відповідні показники кожної дитини й підставляти ці значення в модель.

Висновки. Побудовано математичну модель класифікації школярів, яка дає змогу розподіляти дітей на медичні групи з фізичного виховання. Адекватність моделі підтверджено за допомогою ROC-процедури. У якості незалежних змінних для побудови моделі достатньо використовувати серцевий індекс і частоту серцевих скорочень. Критичні рівні для них складають ≤ 72 уд/хв і $\leq 2,54$ л/ хв* м², відповідно. Модель рекомендується для практичного застосування в школах учителями фізичного виховання та шкільними медичними працівниками

Перспективи подальших досліджень. На основі отриманих даних планується збільшення потужності дослідження із залученням більшої кількості осіб.

Джерела та література

1. Вовченко І. І. Визначення рівня індивідуального здоров'я у дітей 7–10 років за різними системами оцінки / І. І. Вовченко // Спортивний вісник Придніпров'я : наук.-теорет. журн. – 2004. – № 7. – С. 150–152.
2. Инструментальные методы исследования сердечно-сосудистой системы : [справочник] / под ред Т. С. Виноградовой. – М. : Медицина, 1986. – 416 с
3. Лясота Т. І. Функціональний стан дітей молодшого шкільного віку в процесі адаптації їх до школи / Т. І. Лясота // Молода спортивна наука України : зб. наук. пр. з галузі фіз. культури і спорту : у 4-х т. – Львів, 2010. – Т. 1. – Вип. 14. – С. 63–67.
4. Лях Ю. Е. Математическое моделирование при решении задач классификации в биомедицине / Ю. Е. Лях, В. Г. Гурьянов // Український журнал телемедицини та медичної телематики. – 2012. – Т. 10. – № 2. – С. 69–76.
5. Морман Д. Физиология сердечно-сосудистой системы / Д. Морман, Л. Хеллер ; пер. с англ. ; 4-е междунар. изд. – СПб. : Питер, 2000. – 256 с.

6. Музика В. Фізичне виховання школярів: сучасний стан, аспекти, проблеми / В. Музика // Вісник Чернігівського державного педагогічного університету імені Т. Г. Шевченка. – Серія : Педагогічні науки. – Чернігів, 2009. – С. 320–322.
7. Наказ МОЗ України № 1078 від 27 листопада 2008 року про «Вдосконалення фізичного виховання учнів та студентської молоді у навчальних закладах України»
8. Петри А. Наглядная медицинская статистика / А. Петри, К. Сэбин ; пер. с англ. ; под. ред. В. О. Леонова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : ГЭОТАР-Медиа, 2009. – С. 83–85, 108–110.
9. Шмидт Р. Физиология человека : в 3-х т. / Р. Шмидт, Г. Тевс. – М. : Мир, 2006. – Т. 2. – 313 с.
10. Фісталь Е. Я. Інформаційна експертна система прогнозування летального наслідку в обпечених осіб при вибуховій шахтній травмі / Е. Я. Фісталь, Ю. Є. Лях, В. В. Солошенко, В. Г. Гур'янов // Буковинський медичний вісник. – 2011. – Т. 15, № 4 (60). – С. 135–138.

Анотації

Досліджено створення моделі класифікації дітей у медичні групи для занять із фізичного виховання. У дослідженнях узяли участь 24 хлопці молодшого шкільного віку (8–12 років) загальноосвітніх шкіл міста Луцька, яких, за результатами проби Руф'є, поділено на основну та підготовчу медичні групи. Дослідження побудовано на вивченні функціональних показників серцево-судинної системи. Логістична регресійна модель ґрунтується на двох показниках – серцевому індексі та частоті серцевих скорочень. Завдяки розробленій моделі можлива класифікація дітей на медичні групи з фізичного виховання.

Ключові слова: логістична регресія, серцево-судинна система, медичні групи з фізичного виховання, школярі.

Юрий Лях, Татьяна Шевчук, Оксана Усова. Модель классификации распределения школьников на медицинские группы по физическому воспитанию. Исследуется создание модели классификации детей в медицинские группы для занятий по физическому воспитанию. В исследованиях приняли участие 24 мальчика младшего школьного возраста (8–12 лет) общеобразовательных школ города Луцка, которые по результатам пробы Руффье, были разделены на основную и подготовительную медицинские группы. Исследование построено на изучении функциональных показателей сердечно-сосудистой системы. Логистическая регрессионная модель базируется на двух показателях – сердечном индексе и частоте сердечных сокращений. Благодаря разработанной модели, возможна классификация детей на медицинские группы по физическому воспитанию.

Ключевые слова: логистическая регрессия, сердечно-сосудистая система, медицинские группы по физическому воспитанию, школьники.

Yuriy Lyakh, Tetyana Shevchuk, Oksana Usova. Physical Culture in Student's Healthy Lifestyle. The study is dedicated to creation of a model of children classification into medical groups for physical education practicing. 24 boys of junior school age (8–12 years old) from comprehensive schools of Lutsk took part in the research, and according to Ruffier-Dickson test they were divided into a main and preparatory medical groups. The research is built on the study of functional indices of cardiovascular system. Logistic regression model is based on two indices – heart index and heart rate. Thanks to the developed model it possible to divide children into medical groups of physical education.

Key words: logistic regression, cardiovascular system, medical groups of physical education, pupils.