

УДК 796.012.1: 612.17 – 055. 15 «465.7/9»

## РЕАКЦІЯ ПОКАЗНИКІВ КАРДІО-РЕСПІРАТОРНОЇ СИСТЕМИ ХЛОПЧИКІВ 7–9 РОКІВ НА РУХОВУ АКТИВНОСТІ РІЗНОЇ ІНТЕНСИВНОСТІ

Сергій ТРАЧУК

*Національний університет фізичного виховання і спорту України*

**Анотація.** Розглянуто і проаналізовано функціональні показники кардіо-респіраторної системи дітей молодшого шкільного віку під впливом фізичних навантажень різної інтенсивності. Подано дані лабораторних досліджень з використанням високоінформативної апаратури. Визначення тісного взаємозв'язку частоти серцевих скорочень з рівнем метаболізму роблять її зручним побічним показником при оцінюванні витрат енергії, а також засобом прогнозування споживання кисню при руховій активності різної спрямованості й інтенсивності.

**Ключові слова:** рухова активність, молодші школярі, частота серцевих скорочень, енерговитрати, метаболізм.

**Постановка проблеми.** Функціональний стан серцево-судинної системи дітей і підлітків – це не тільки головний показник здоров'я. Він відіграє важливу роль в адаптації організму до фізичних навантажень і є одним із основних показників функціональних можливостей організму.

У практиці фізичного виховання показники функціональних можливостей дитячого організму служать основним критерієм під час вибору фізичних навантажень, структури рухових дій.

На сьогодні результати вивчення фізичної працездатності використовують не лише для повного уявлення про функціональні резерви кардіо-респіраторної системи, що лімітує цю працездатність, а й для визначення відповідності дозування фізичних навантажень. Завдяки простоті контролю частоти серцевих скорочень (ЧСС) є найчастіше аналізованою змінною у фізіології рухової активності. Визначення ЧСС дозволяє здійснити моніторинг за реакцією серцево-судинної системи на навантаження. Крім того, її тісний взаємозв'язок з рівнем метаболізму роблять ЧСС зручним побічним показником витрат енергії, а також засобом прогнозування споживання кисню.

Роботу виконано згідно зі Зведеним планом НДР у сфері фізичної культури і спорту на 2006–2010 рр. в рамках теми 3.1.2 “Науково-методичні засади вдосконалення викладання дисципліни «Теорія і методика фізичного виховання»” (№ державної реєстрації – 01064010782).

**Мета** – виявити особливості реакції функціональних показників кардіо-респіраторної системи хлопчиків 7–9 років на фізичні навантаження різної інтенсивності.

**Методи дослідження:** аналіз і узагальнення даних науково-методичної літератури; фізіологічні методи (хронометрія, пульсометрія, ергометрія, газоаналіз) для визначення динаміки змін фізіологічних показників (серцево-судинної і дихальної систем) під час рухової активності; математично-статистичні методи опрацювання результатів дослідження.

**Результати досліджень та їх обговорення.** Дослідження проводили на базі НДІ НУФВСУ в лабораторії теорії і методики спортивної підготовки і резервних можливостей спортсменів. У дослідженнях брали участь хлопчики 7–9 років (n=36), які належать до основної й підготовчої медичних груп за результатами медичного огляду.

Основним показником, що відображає функціональні можливості серцево-судинної та дихальної систем, є аеробна здатність, тобто величина споживання кисню ( $VO_2$ ) [5, 7]. Величина  $VO_2$  залежить від статі, віку, фізичної підготовленості й варіює в широких межах.

Кореляційний аналіз може служити інструментом, який дозволяє оцінити повноцінність і недоліки в розвитку функцій організму з позиції структурно-функціональних інтеграцій. Завдяки його використанню, з'являється можливість з'ясувати, що процеси у функціональних

системах організму за своєю природою дуже гармонійні, незважаючи на притаманні їм постійні перетворення співвідношень і взаємозв'язків між структурами й функціями організму.

У табл. 1 подано функціональні показники кардіо-респіраторної системи у хлопчиків 7–9 років, де простежуються достовірні відмінності в широкому діапазоні фізичних навантажень: при ходьбі 3 хв 3 км·год<sup>†</sup>, 5 хв 7 км·год<sup>†</sup>, 5 хв 3 км·год<sup>†</sup>( $p < 0,01$ ,  $p < 0,05$ ).

Таблиця 1

**Показники серцево-судинної і дихальної систем школярів 7-9 років при виконанні тестових навантажень на біговому ергометрі (n=36) Me (25%;75%)**

Вік, років	Стат. показники	Функціональні показники				
		VO <sub>2</sub> , мл·хв <sup>†</sup>	VO <sub>2</sub> /кг, мл·хв <sup>†</sup> ·кг <sup>†</sup>	RER	ЧСС, уд·хв <sup>†</sup>	ΣЧСС, уд
7 років (n=12)	<i>Ходьба 3 хв 3 км·год<sup>†</sup></i>					
	Me	453,22	14,45	0,78	119,35	349
	LQ-UQ	(255,51-546,31)	(10,22-17,48)	(0,64-0,85)	(110-145,22)	(329-358)
	<i>Ходьба 5 хв 5 км·год<sup>†</sup></i>					
	Me	634,19**	20,73**	0,84**	129,01**	643**
	LQ-UQ	(542,9-742,62)	(18,20-21,77)	(0,83-0,86)	(126,3-131,6)	(636-654)
	<i>Ходьба 5 хв 7 км·год<sup>†</sup></i>					
	Me	871,74**	27,38**	0,94*	162,74*	818*
	LQ-UQ	(677,92-1011,13)	(23,99-29,06)	(0,87-0,95)	(156,41-169,27)	(732-866)
	<i>Ходьба 5 хв 3 км·год<sup>†</sup></i>					
Me	403,09**	12,98**	0,94	127,44**	646*	
LQ-UQ	(302,15-442,73)	(11,48-14,18)	(0,88-0,99)	(111,92-133,54)	(621-683)	
8 років (n=12)	<i>Ходьба 3 хв 3 км·год<sup>†</sup></i>					
	Me	473,2	13,35	0,73	115,76	349
	LQ-UQ	(306,51-626,84)	(11,40-17,48)	(0,64-0,83)	(111,81-120,36)	(344-358)
	<i>Ходьба 5 хв 5 км·год<sup>†</sup></i>					
	Me	597,10**	16,85**	0,84*	127,57**	639**
	LQ-UQ	(563,37-787,88)	(16,03-20,47)	(0,81-0,85)	(126,37-131,81)	(629-655)
	<i>Ходьба 5 хв 7 км·год<sup>†</sup></i>					
	Me	960,57**	24,71**	0,94*	165,92**	847**
	LQ-UQ	(883,43-994,02)	(24,01-29,96)	(0,87-0,96)	(162,13-170,26)	(824-870)
	<i>Ходьба 5 хв 3 км·год<sup>†</sup></i>					
Me	468,08**	13,24**	0,92	136,92*	680**	
LQ-UQ	(434,55-548,54)	(12,02-14,83)	(0,90-0,97)	(131,36-137,42)	(671-688)	
9 років (n=12)	<i>Ходьба 3 хв 3 км·год<sup>†</sup></i>					
	Me	427,65	11,78	0,78	110,32	340
	LQ-UQ	(306,51-572,14)	(9,63-4,30)	(0,69-0,85)	(103,84-117,31)	(321-353)
	<i>Ходьба 5 хв 5 км·год<sup>†</sup></i>					
	Me	536,86**	15,81**	0,85**	123,08*	619**
	LQ-UQ	(506,57-733,82)	(14,17-18,34)	(0,78-0,86)	(112,47-129,31)	(573-636)
	<i>Ходьба 5 хв 7 км·год<sup>†</sup></i>					
	Me	898,19**	27,10**	0,91**	154,43	789*
	LQ-UQ	(827,53-1211,5)	(23,74-30,29)	(0,85-0,93)	(148,18-165,66)	(762-835)
	<i>Ходьба 5 хв 3 км·год<sup>†</sup></i>					
Me	440,95**	13,74**	0,90	130,04**	633**	
LQ-UQ	(428,91-632,02)	(11,30-15,80)	(0,88-1,01)	(116,97-133,41)	(589-653)	

*Примітки:* достовірні відмінності параметрів за критерієм Вілкоксона ( $p < 0,05^*$ ,  $p < 0,01^{**}$ ) порівняно з попереднім навантаженням; ЧСС – частота серцевих скорочень; Σ ЧСС – сумарна частота серцевих скорочень; RER дихальний коефіцієнт; VCO<sub>2</sub> – величина споживання кисню; Me – медіана; LQ

– нижній квартиль відсікає 25% об'єктів с найменшими значеннями признаку; UQ – верхній квартиль відсікає 25% об'єктів с найбільшим значенням ознак.

Серцево-судинна система хлопчиків 7 років відповідно реагує на фізичне навантаження, що простежується в показниках частоти серцевих скорочень ЧСС – 119 уд./хв<sup>Г</sup> (110; 145), ΣЧСС – 349 уд. (329; 358) при ходьбі 3 хв 3 км/год<sup>Г</sup> і переході до ходьби 5 хв 5 км/год<sup>Г</sup>, де ЧСС – 129 уд./хв<sup>Г</sup> (126; 131) і пульсова вартість роботи ΣЧСС становила 643 уд. (636; 654) ( $p < 0,01$ ). Аналогічна картина спостерігається у хлопчиків 7 років у показниках дихальної і серцево-судинної систем при ходьбі 3 хв 3 км/год<sup>Г</sup>, 5 хв 7 км/год<sup>Г</sup>, 5 хв 3 км/год<sup>Г</sup>. ( $p < 0,01$ ;  $p < 0,05$ ).

Так, дихальний коефіцієнт RER ( $\dot{V}CO_2/\dot{V}O_2$ ) змінюється від 0,78 (0,64; 0,85) до 0,84 (0,83; 0,86), ( $p < 0,01$ ). Цей показник є важливим параметром, що дозволяє визначити тип речовини, яка служить джерелом енергії й використовується при м'язовій діяльності. По мірі збільшення потужності роботи збільшується частка вуглеводів для енергоутворення і зменшується частка жирів.

У спокої і при фізичних навантаженнях споживання  $\dot{V}O_2$  залежить від інтенсивності обмінних процесів, а також від потужності і тривалості роботи. При розрахунку на 1 кг маси тіла з віком споживання кисню знижується, а в цілому воно збільшується (від 80 мл·хв<sup>Г</sup> до 250–350 мл·хв<sup>Г</sup>). Менше споживання кисню в стані спокою ( $p < 0,05$ ) спостерігається у школярів 8 років, а при фізичних навантаженнях ( $p < 0,05$ ) у школярів 9 років, що може свідчити про економічніше виконання роботи.

При ходьбі 5 хв 7 км/год<sup>Г</sup> у хлопчиків спостерігаються щодо інших діапазонів навантаження найбільші значення  $\dot{V}O_2$  – 960,57 мл·хв<sup>Г</sup> (883,43; 994,02),  $\dot{V}O_2/\text{кг}$  – 24,71 мл·хв<sup>Г</sup>·кг<sup>Г</sup> (24,01; 29,96), ЧСС – 165,92 уд./хв<sup>Г</sup> (162,13; 170,27), ΣЧСС – 847 уд. (824; 870).

В абсолютних величинах легенева вентиляція збільшується з віком, цей показник є інформативним, оскільки чітко відображає вікові особливості [140]. У наших дослідженнях під час виконання фізичних навантажень різної величини у хлопчиків 7–9 років спостерігається така тенденція, однак достовірних відмінностей немає, в стані спокою не простежуються суттєві зміни.

Показники частоти серцевих скорочень (уд./хв<sup>Г</sup>), величини споживання кисню (мл·хв<sup>Г</sup>), легеневої вентиляції (л·хв<sup>Г</sup>), дихального коефіцієнта (RER), що характеризують стан кардіореспіраторної системи організму школярів, мали достовірні відмінності у хлопчиків 7 і 9 років на різних ступенях навантаження (за критерієм Манна–Уїтні  $p < 0,05$ ).

Оскільки частота дихання й дихальний об'єм впливають на легеневу вентиляцію, важливо відзначити, які зміни відбуваються в обох перемінних у процесі розвитку дитини. Вікові відмінності вказують на менш ефективну вентиляцію молодших школярів порівняно зі старшими дітьми. Основним показником менш ефективної вентиляції у дітей є вища киснева вартість дихання.

Окрім здійснення транспорту  $\dot{V}O_2$  і  $\dot{V}CO_2$  під час рухової активності, дихальна система впливає на кислотно-лужний баланс, контролюючи запаси  $VCO_2$  в організмі. Підвищенню обміну  $\dot{V}O_2$  і  $\dot{V}CO_2$  сприяє посилення вентиляції, яке викликає також збільшення альвеолярної вентиляції.

Крім того, відбувається пропорційне збільшення кровотоку через легеневі капіляри, а також підвищується інтенсивність легеневої дифузії кисню. Посилення вентиляції досягається за рахунок збільшення частоти дихання й дихального об'єму.

У результаті кореляційного аналізу отриманого масиву даних, встановлено, що  $\dot{V}O_2$  (мл·хв<sup>-1</sup>) має значущий взаємозв'язок із ЧСС (HR, уд./хв<sup>-1</sup>) ( $p < 0,05$ ) (рис. 1).

Кореляційний зв'язок у хлопчиків 7 років у широкому діапазоні фізичних навантажень між  $\dot{V}O_2$  (мл·хв<sup>-1</sup>) і ЧСС (уд./хв) знаходиться на рівні  $r = 0,87$ ,  $r^2 = 0,76$ . У ході аналізу досить сильний взаємозв'язок у відносних величинах  $\dot{V}O_2$  (мл·кг<sup>Г</sup>·хв<sup>Г</sup>) і ЧСС (уд./хв) простежується у хлопчиків 9 років ( $n=12$ )  $r = 0,9$ ,  $r^2 = 0,87$ , ( $p < 0,001$ ), у хлопчиків 7 років ( $n=12$ ) і 8 років ( $n=12$ ) він знаходився на рівні  $r = 0,87$  і  $r = 0,89$  ( $p < 0,01$ ) відповідно.

Як показує графік регресії (див. рис. 1), показник ЧСС у хлопчиків 7 років змінюється у прямолінійній залежності від відповідних значень кисневої вартості вправ, а саме параметрів навантаження, у даному випадку від інтенсивності й обсягу.

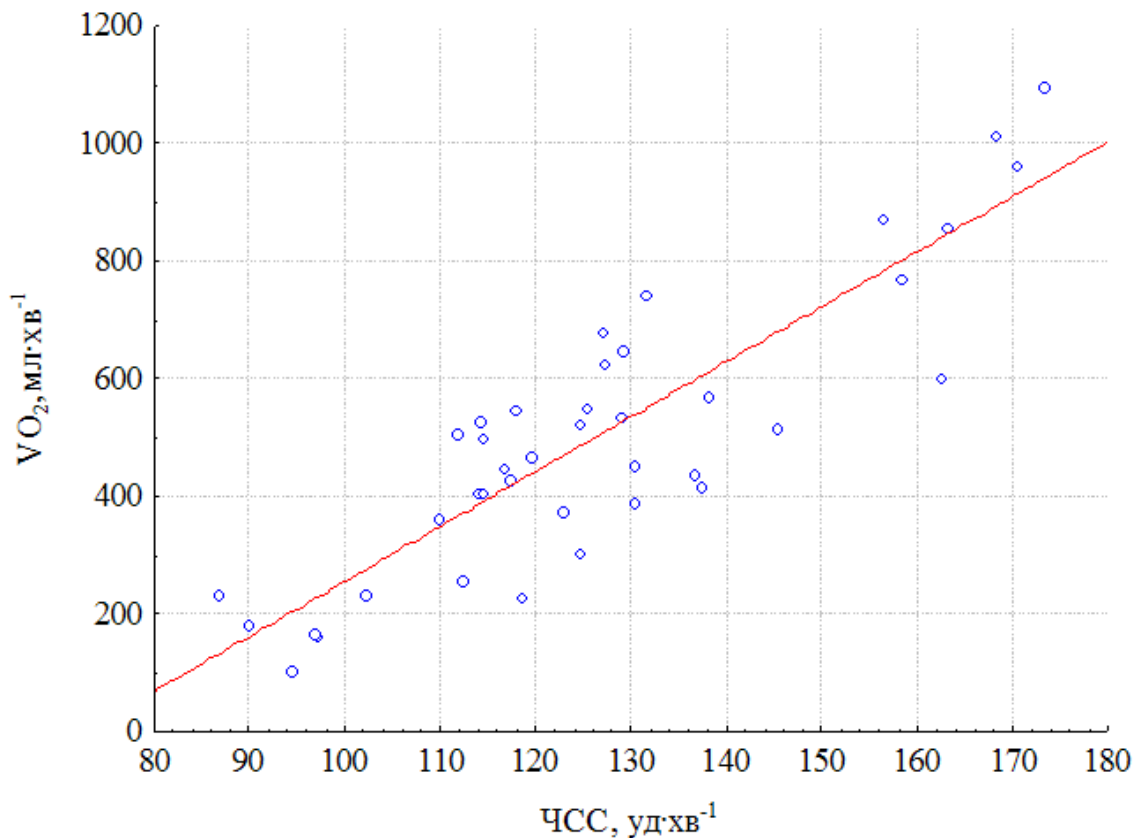


Рис. 1. Статистичний взаємозв'язок між  $\dot{V}O_2$  (мл·хв<sup>-1</sup>) і ЧСС (уд./хв<sup>-1</sup>) у хлопчиків 7 років ( $n=12$ ,  $r^2=0,76$ ,  $r=0,87$ ,  $p<0,01$ )

*Примітка.* Тут і надалі  $r^2$  – квадрат множинного коефіцієнта кореляції.

За даними кореляційного аналізу сумарна величина  $\Sigma$ ЧСС (кінетика ЧСС під час роботи і в період відновлення) має також взаємозв'язок із показниками дихальної функціональної системи у хлопчиків 7 років  $r=0,59-0,75$  ( $p<0,05$ ); у 8 річних –  $r=0,33-0,78$  ( $p<0,05$ ); у 9 річних –  $r=0,49-0,77$  ( $p<0,05$ ).

Представлені фізіологічні закономірності на рис.1–3  $\dot{V}O_2$  (мл·хв) і ЧСС (уд./хв) у хлопчиків 7–9 років знаходять підтвердження у фактичних матеріалах І.А. Криволапчук [2], де йдеться про те, що в дітей і підлітків 6–14 років така лінійна залежність зберігається до пульсу 180–185 уд./хв<sup>†</sup>.

Для встановлення відповідності показників пульсової вартості значенням споживання кисню, енергетичних витрат при виконанні вправ у широкому діапазоні фізичних навантажень ми вивели регресійну залежність для цих показників.

Кореляційна залежність між ЧСС і  $VO_2$  ( $r=0,81-0,89$ ), що мала лінійний характер, дозволила вийти на модель розрахунку споживання  $VO_2$  залежно від ЧСС під час виконання фізичних вправ для дітей молодшого шкільного віку 7–9 років (табл.2).

Рівняння дозволять оцінити кількість індивідуальних витрат енергії і можливість їх розрахунку, обґрунтувати й розрахувати енергетичний внесок (у ккал) різних рухових дій у добу й тижневу рухову активність.

Таблиця 2

## Моделі споживання кисню хлопчиками 7–9 років, (n=36)

Вік, років (n=36)	Лінійні рівняння регресії для визначення споживання кисню	Коефіцієнт кореляції, r	Коефіцієнт детермінації, r <sup>2</sup>	Стандартна похибка оцінки моделі, ε	Рівень значущості, p
$\dot{V}O_2$ , мл·хв <sup>-1</sup> через середню ЧСС роботи					
7років	$Y = -678,651 + 9,336 \times X_1$	0,87	0,76	-2,96	p<0,01
8років	$Y = -808,686 + 10,453 \times X_1$	0,89	0,80	-2,88	p<0,01
9років	$Y = -800,456 + 10,786 \times X_1$	0,81	0,66	-2,88	p<0,01
$\dot{V}O_2$ , мл·хв <sup>-1</sup> через сумарну вартість ΣЧСС роботи					
7років	$Y = -23,45 + 0,92 \times X_2$	0,75	0,52	1,70	p<0,01
8років	$Y = -26,91 + 0,98 \times X_2$	0,77	0,60	1,70	p<0,01
9років	$Y = -29,88 + 0,99 \times X_2$	0,79	0,65	1,70	p<0,01

Умовні позначення: Y – величина споживання кисню під час рухової активності (мл·хв); X<sub>1</sub> – середня частота серцевих скорочень під час рухової активності (уд./хв); X<sub>2</sub> – сумарна пульсова вартість під час рухової активності (уд.).

**Висновок.** Отримані в результаті досліджень дані дозволяють використовувати значення ЧСС і  $\dot{V}O_2$  для оцінювання енергетичної вартості різних видів рухової активності молодших школярів.

**Перспективи подальших досліджень** спрямовуватимуться на дослідження енерговитрат рухової активності в різних формах організації занять фізичними вправами молодших школярів.

## Список літератури

1. Ермолаев Ю. А. Возрастная физиология : [учеб. пособие для сред. проф. учеб. заведений физ. культуры] / Ю. А. Ермолаев. – М. : Спорт Академ–Пресс, 2001. – 444 с.
2. Криволапчук И. А. Комплексная оценка работоспособности детей 9-10 лет и дозирование нагрузок оздоровительной направленности / И. А. Криволапчук, В. В. Мышьяков // Физическая культура. – 2006. – № 4. – С. 10-16.
3. Круцевич Т. Ю. Контроль у фізичному вихованні дітей, підлітків і молоді: навч. посіб. / Т. Ю. Круцевич, В. І. Воробйов, Г. В. Безверхня. – К. : Олімп. література, 2011. – 224 с.
4. Михайлов В. М. Нагрузочное тестирование под контролем ЭКГ: велоэргометрия, тредмилл-тест, степ-тест, ходьба / В. М. Михайлов. – Иваново, 2005. – 440 с.
5. Панасюк Т. В. Физическое развитие и биоэнергетика мышечной деятельности школьников / Т. В. Панасюк, Р. В. Тамбовцева. – М.-Орел : ОРАГС, 2005. – 224 с.
6. Сонькин В. Д. Возрастное развитие энергетики мышечной деятельности: итоги 30-летнего исследования / В. Д. Сонькин, И. А. Корниенко, Р. М. Тамбовцева // Физиология человека. – 2007. – Т. 33, № 5. – С. 118-123.
7. Эдвард Т. Хоули Руководство инструктора оздоровительного фитнеса / Эдвард Т. Хоули, Б. Дон Френкс. – К. : Олимп. литература, 2004 – 375 с.
8. Andersen L. B. Physical activity and clustered cardiovascular risk in children: a cross-sectional study (The European Youth Heart Study) / Andersen L. B [et al]. – Lancet, 2006. – P. 368; 299-304.
9. Bouchard C. Physical activity, fitness, and health: the model and key concepts / [C. Bouchard, R. Shephard, T. Stephens, eds.]. // Human Kinetics. – 1994. – P. 77–88.

**РЕАКЦИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАРДИО-РЕСПИРАТОРНОЙ СИСТЕМЫ  
МАЛЬЧИКОВ 7–9 ЛЕТ  
НА ДВИГАТЕЛЬНУЮ АКТИВНОСТЬ РАЗЛИЧНОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ**

**Сергей ТРАЧУК**

*Национальный университет физического воспитания и спорта Украины*

**Аннотация.** Рассмотрены и проанализированы функциональные показатели кардио-респираторной системы младших школьников под влиянием физических нагрузок различной интенсивности. Приведены данные лабораторных исследований с использованием высокоинформативной аппаратуры. Определение тесной взаимосвязи ЧСС с уровнем метаболизма делают ее удобной побочным показателем при оценке затрат энергии, а также средством прогнозирования потребления кислорода при двигательной активности различной направленности и интенсивности.

**Ключевые слова:** двигательная активность, младшие школьники, частота сердечных сокращений, энерготраты, метаболизм.

**RESPONSE INDICATORS  
OF 7-9 YEARS OLD BOYS CARDIORESPIRATORY SYSTEM  
ON THE MOTOR ACTIVITY OF VARYING INTENSITY**

**Sergiy TRACHUK**

*National University of Ukraine of Physical Education and Sport*

**Annotation.** Functional indicators of cardio-vascular system of younger schoolchildren under the influence of physical activities of various intensity are considered and analysed. The results of laboratory researches given have been obtained with the use of high-informing apparatus. Determination of close intercommunication of HR with the level of metabolism makes it a comfortable side index at the estimation of expenses of energy, and also the mean of prognostis of oxygen consumption during motion activity of different orientation and intensity.

**Key words:** physical activity, younger schoolchildren heart rate, energy, metabolism.