
ФІЗІОЛОГІЯ

УДК: 37.015.3+612.17+37.091.212-055.25

Босенко А. І., Борщенко В. В., Топчій М. С., Шавініна А. О.

СТАН МЕХАНІЗМІВ РЕГУЛЯЦІЇ КАРДІОРИТМУ У ДІВЧАТ 7-16 РОКІВ ПРОТЯГОМ НАВЧАННЯ В ШКОЛІ Державний заклад «Південноукраїнський національний педагогічний університет імені К.Д. Ушинського» (м. Одеса)

bosenco@ukr.net

bolomsa74@mail.ru

mashunea8181@mail.ru

Публікація є фрагментом науково-дослідної роботи кафедри біології і основ здоров'я Південноукраїнського національного педагогічного університету імені К.Д. Ушинського на тему «Системна адаптація до фізичних і розумових навантажень на окремих етапах онтогенезу людини», № державної реєстрації 0109U000206.

Вступ. Стан механізмів регуляції серцевого ритму є одним з визначальних показників у процесі адаптації до фізичних навантажень. Для оцінки реактивності дитячого організму, за даними аналізу структури синусового серцевого ритму, необхідно мати чітке уявлення про показники кардіоінтервалогам здорових дітей основної школи різних вікових груп. Відомо, що кожному віковому періоду дитинства властиві анатомо-фізіологічні особливості, що знаходять своє відображення також в синусовому серцевому ритмі.

У ранньому віці (1-3 роки) відзначається найбільш низький рівень функціонування організму при найбільшому ступені напруги компенсаторних механізмів, висока активність симпатичної ланки вегетативної нервової системи і центрального контуру регуляції ритму серця. Такі механізми регуляції є недосконалими і приховують в собі небезпеку перенапруги і зрив адаптації з розвитком патологічного процесу. Мабуть, це є однією з причин схильності дітей раннього віку до різних захворювань.

У наступні вікові періоди відзначається закономірне посилення вагусних впливів, зростання ролі автономного та зменшення значення центрального механізмів регуляції. Останнє знаходить своє відображення в збільшенні M_0 , ΔX . Максимально виражена синусова аритмія має місце у дітей 7-8 років, що пов'язано з переважанням вагусних холінергічних впливів на діяльність серця. У десятирічному віці спостерігається перебудова регуляції серцевої діяльності, виникає збільшення централізації управління і переважання тону симпатичної нервової системи [1,8,14,16,20].

З 12-річного віку встановлюється баланс між впливом на ритм серця симпатoadреналових і вагусно-холінергічних механізмів. В 14-річному віці на перший план виступає підвищення ролі холінер-

гічних механізмів. При цьому на показники кардіоінтервалогам істотно впливає ступінь статевої зрілості [9].

Слід підкреслити, що у дітей всіх вікових груп синусовий серцевий ритм схильний вельми значним коливанням. Суттєве значення має вплив таких чинників, як фізичні навантаження, психоемоційні впливи та ін. В екстремальних умовах характер синусового серцевого ритму різко змінюється, що природно знаходить своє відображення в показниках кардіоінтервалогам [9,14].

Низка сучасних робіт присвячена дослідженням варіабельності серцевого ритму та загальній реактивності організму студентів у процесі адаптації до навчання [2,10,12,15], динаміці стану кардіоритму школярів окремих вікових груп [5,6,19]. Проте на даний час обмаль публікацій щодо комплексного обстеження дівчаток протягом всього періоду навчання в школі.

У зв'язку з цим **метою** даної **роботи** стало лонгітудинальне дослідження стану механізмів регуляції кардіоритму дівчат 7-16 років в нормі та при дозованому фізичному навантаженні.

Об'єкт і методи досліджень. Дослідження проводилось в лабораторії вікової фізіології спорту імені професора Цоневої Т.М. кафедри біології і основ здоров'я ДЗ «Південноукраїнський національний педагогічний університет імені К.Д. Ушинського». Лонгітудинальне обстеження дівчат проводили наприкінці кожного навчального року в стані відносного спокою, при виконанні фізичного навантаження та на п'ятій хвилині відновлення після м'язового навантаження. Велоергометричне тестування задавалося за методикою Д.М. Давиденка [11]: потужність навантаження зростала зі швидкістю 33 Вт/хв до досягнення частоти серцевих скорочень 150-155 уд/хв з подальшим її зниженням до нуля.

Ритм серцевих скорочень вивчали за допомогою програми «Caspico» (Коваленко С.О., 2005) у режимі MS DOS [13]. На грудну клітку накладали кардіодатчик Т31 (Polar Electro OU, Finland), який формував імпульси тривалістю 8 мс на вершині комплексу QRS. Ці імпульси телеметрично сприймалися пульсометром А1 (Polar Electro OU, Finland) та передавалися

на компаратор з гальванічною розв'язкою 5 кВ, що замикав контакти на LPT порту комп'ютера. Точність реєстрації – 1 мс.

Кардіоінтервалограми реєстрували в стані відносного м'язового спокою (до навантаження), в момент реверсу (ЧСС складала 150-155 ударів на хвилину), на першій та на п'ятій хвилині відновлення.

Стан механізмів регуляції серцевого ритму у досліджуваних періодах визначали за методом Р.М. Баєвського (1979), відомого під назвою математичного аналізу або варіаційної пульсометрії, що відображає стан як автономного, так і центрального контурів управління серцевої регуляції. Розраховувалися наступні показники: мода (M_o , с), амплітуда моди (AM_o , %), варіаційний розмах (ΔX , с), індекс напруги регуляторних систем ($IN = AM_o / 2 * M_o * \Delta X$, у. о.), індекс вегетативної рівноваги ($AM_o / \Delta X$, у. о.), активність адренергічних або холінергічних механізмів гуморального каналу регуляції ($M_o / \Delta X$, у. о.) та інші критерії.

Статистична обробка отриманих даних проводилася за допомогою загальноприйнятих методів математичного аналізу.

Результати досліджень та їх обговорення. Вивчення динаміки кардіоритму у дівчат 7-16 років, за даними варіаційної пульсометрії, і отримані нами результати свідчать, що в стані м'язового спокою у обстежених реєструвався оптимальний рівень активності регуляторних механізмів. Дані наведені в таблиці.

Коливання тривалості кардіоінтервалів розглядають як результат впливу багаторівневої системи управління фізіологічними функціями організму. Інтервал RR є інтегральним відображенням впливу регуляторних систем на синусовий вузол у обстежених. У дівчаток в період усього досліджуваного нами відрізка онтогенезу (від 7 до 16 років) спостерігалось посилення парасимпатичних і холінергічних впливів на функцію серця, що відбивалося у поступовому збільшенні тривалості інтервалу RR.

Аналізуючи показники модального значення (M_o) серцевого ритму дівчаток 7-16 років, які відображають найбільш ймовірний рівень функціонування синусового вузла, слід відмітити його збільшення від 7 до 10-11 років (до 0,71 с), з подальшим зменшенням на весь пубертатний період і початком вікової стабілізації у 15-16 років, про що свідчать показники достовірності відмінностей ($p < 0,05 - 0,01$) за групами IV, VII і IX. У дівчаток 10-11 і 15-16 років спостерігаються достовірно більші показники значень моди, що відображає більш економний рівень функціонування серця [3,4,14,21].

В цілому, вікова динаміка пейсмейкера ритму серця у обстежених груп відображає відому тенденцію підвищення парасимпатичної активності вегетативної нервової системи з віком, що повною мірою співпадає з закономірностями росту і розвитку дитячого організму і підтверджується іншими авторами.

Варіаційний розмах (ΔX) розглядається як показник тону парасимпатичного відділу вегетативної нервової системи. Очевидною тенденцією, характерною для дівчаток 7-16 років, є збільшення показників варіабельності серцевого ритму з віком. Так,

в досліджуваних вікових групах в стані спокою були отримані значення варіаційного розмаху в діапазоні від 0,18 с до 0,27 с. Можна припускати, що в групі дівчаток 15-16 років формується істотне переважання парасимпатичних впливів на серцевий ритм, тоді як роль симпато-адренергічних впливів на синусовий вузол помітно знижується, що згідно з даними Р.М. Баєвського (1997), говорить про вегетативну рівновагу.

Критерій активності симпатичного відділу нервової системи, що характеризується величиною AM_o , в стані відносного м'язового спокою відповідав віковим нормам і становив, відповідно до вікових груп дівчаток: 42, 33, 29, 28, 32, 33, 40, 36,4 і 34,3 відсотків, що висвітлювало вікові тенденції динаміки ВСР, а саме, більш високий рівень активності симпатичного і адренергічного каналів регуляції у 7-8 і 13-14 років ($p < 0,05$), що може бути пов'язано у перших з адаптаційними процесами до шкільних умов, а у других зі зміною гормонального фону у пубертатний період.

Значення індексу вегетативної рівноваги ($AM_o / \Delta X$), що відбиває співвідношення між активністю симпатичного і парасимпатичного відділів вегетативної нервової системи, свідчило про значне переважання впливу симпатичної ланки на регуляцію серцевого ритму у обстежених дівчаток в період другого дитинства, а також під час активних пубертатних перебудов. Величини $AM_o / \Delta X$ в спокої коливалися від $138,5 \pm 11,5$ у. о. в IV віковій групі до $202,41 \pm 6,2$ у. о. в IX віковій групі. Цікаво, що достовірних розбіжностей навіть між крайніми групами не знайдено, перш за все, за рахунок значного коливання цього критерію, характерного в більшій мірі молодшим школярам, і що відбиває внутрішню групову варіативність цього показника і неоднорідність типів регуляції.

Співвідношення $M_o / \Delta X$, що характеризує рівень активності гуморального каналу і відображає перевагу адрено- або холінергічного каналів, в стані спокою поступово підвищувалося у дівчаток 7-13 років, від 2,48 у. о. в I віковій групі до 3,92 у. о. в VII групі. У двох останніх вікових групах $M_o / \Delta X$ складало 2,7 і 2,52 у. о., відповідно. Достовірно більша активність гуморального каналу відмічена в групі 13-14-річних дівчат по відношенню до більшості груп.

Індекс напруги (IN) є інтегральним показником стану регуляторних систем, що характеризує ступінь централізації регуляції і відображає сумарну активність симпато-адреналової системи. Цей показник надзвичайно чутливий до тону симпатичної нервової системи. Встановлено, що у обстежених дівчаток (7-16 років) значення IN в спокої знаходилися на рівні $110,6 \pm 12,6 - 223,61 \pm 5,24$ у. о., що дозволяє віднести до вікової норми з оптимальним рівнем регуляції віковий діапазон 9-12 років, і вважати таким, що входить в зону напруги – вікові періоди 7-9 і 14-15 років при тенденції до нормалізації стану механізмів регуляції з 15-16 років.

Отже, узагальнюючи дані про стан механізмів регуляції серцевого ритму дівчат 7-16 років у відносно м'язовому спокої, необхідно відмітити позитивну тенденцію до їх удосконалення з віком у 15-16 років,

з періодами достовірних змін у бік напруження у молодшому шкільному віці (7-9 років) і у другій половині підліткового періоду (13-15 років).

Фізичне навантаження, потужність якого змінювалася за замкнутим циклом від нуля до певної величини (ЧСС у 150-155 уд/хв) з наступним зменшенням до вихідного рівня зі швидкістю 33 Вт/хв., характеризувалось високо достовірними змінами показників на вершині (реверсі) роботи ($p < 0,05 - 0,01$) (табл.).

Рівень і якість регулювання функцій чітко виявляється при переході організму зі стану спокою до роботи і, навпаки, від діяльності до спокою. При виконанні навантаження відбувається перебудова не тільки фізіологічних систем організму, але і вегетативних регуляторних механізмів, активація симпатичних впливів і зниження парасимпатичних [9,20,22].

Порівняльна оцінка показників ритму серця дівчаток 7-16 років дає можливість виявити наявність адаптаційних змін, обумовлених віковими особливостями. За умов однакової ЧСС на реверсі, значення моди відрізнялися між собою в усіх експериментальних групах, зміни виражалися в укорочуванні кардіоінтервалів. Максимальні значення $0,40 \pm 0,008$ с належали дівчаткам I-V вікових груп, а мінімальні – дівчаткам VII вікової групи – $0,38 \pm 0,01$ с. В серед-

ньому спостерігалось вкорочення кардіоінтервалів в 1,5 рази.

При навантаженні за замкнутим циклом варіаційний розмах істотно знижувався до $0,06$ с в III і VII групах і до $0,07-0,08$ с в I, IV і VI групах. Менші зрушення за цим показником, підкреслимо, за умов однакової модальної тривалості кардіоциклів, відбувалися в II групі ($\Delta X = 0,09 \pm 0,009$ с). В IX групі (15-16 років) відмічалось цікаве явище – при меншій Мо (більша модальна ЧСС) реєструвалась вища варіативність тривалості серцевих циклів, що відбиває меншу централізацію регуляторних механізмів ($0,1 \pm 0,11$ с). Ці результати свідчать про більшу ригідність серцевого ритму у дівчаток 13-14 років. Зниження тону брукуючого нерва говорить про зростання напруги регуляторних механізмів.

Реакцію напруження і централізацію механізмів регуляції у відповідь на м'язове навантаження підтверджують і зміни інших критеріїв варіабельності серцевого ритму – АМо, АМо/ ΔX .

Активність гуморального каналу обумовлюється підвищенням значень показника Мо/ ΔX . Так, в групі дівчаток 7-10 років цей показник зріс в середньому на 94% і склав $5,7-6,66$ у. о., в групі 10-13-літніх – на 53%, в групі дівчаток 13-14 років він збільшився в середньому на 82% і склав $7,64 \pm 0,09$ у. о. (VII група). В старших вікових групах при більшій виконаній роботі

Таблиця.

Стан механізмів регуляції серцевого ритму дівчаток 7-16 років при тестуванні навантаженням з реверсом ($M \pm m$)

Показники	Стан	Вікові групи, роки, № групи								
		7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Мо, с	С	0,61±0,07	0,66±0,02	0,67±0,04	0,71±0,01*	0,64±0,01	0,57±0,02	0,5±0,07"	0,52±0,008	0,68±0,06"
	Р	0,4±0,01	0,4±0,005	0,4±0,001	0,4±0,004	0,4±0,008	0,38±0,01	0,38±0,01	0,4±0,03	0,38±0,08
	В	0,62±0,01	0,64±0,02	0,67±0,05	0,67±0,01	0,7±0,01	0,6±0,01	0,51±0,03	0,54±0,02	0,49±0,04
ΔX , с	С	0,21±0,04	0,2±0,02	0,18±0,07	0,21±0,01*	0,18±0,01	0,19±0,01	0,19±0,02"	0,22±0,02	0,27±0,02"
	Р	0,07±0,01	0,09±0,009	0,06±0,005	0,07±0,01	0,08±0,003	0,08±0,01	0,06±0,01	0,08±0,03	0,1±0,11
	В	0,23±0,02	0,13±0,007	0,14±0,03	0,19±0,004	0,2±0,004	0,2±0,004	0,21±0,01	0,23±0,04	0,25±0,05
АМо, %	С	42,21±2,9	33,22±2,2	29,21±3,1	28,0±1,34*	32,1±0,6	33,3±1,9	40,1±1,8"	36,4±1,7	34,3±1,6"
	Р	58,89±6,25	52,44±3,37	51,25±5,21	41,0±1,13*	50,1±0,6*	53,3±0,8	55,3±1,1	56,2±1,8	53,6±1,4
	В	46,29±3,21	42,78±3,11	32,57±6,95	26,0±0,91	37,6±0,5	39,0±0,6	45,4±1,6	41,2±1,9	40,4±1,7
АМо/ ΔX , у.о.	С	201,3±72,5	166,1±62,3	162,2±44,3	138,5±11,5	173,1±2,9	175,5±11,6	198,2±3,6	199,54±4,3	202,41±6,2
	Р	841,3±32,5	582,7±32,4	854,2±39,9	581,9±25,7	664,6±1,2	666,7±9,8	702,5±4,5	758,3±8,2	783,4±7,5
	В	201,3±16,5	229,1±44,4	232,6±16,8	135,1±10,6	187,8±1,6	198,7±1,9	209,4±7,3	215,4±3,5	221,6±4,1
Мо/ ΔX , у.о.	С	2,48±1,78	2,82±1,2	3,39±0,57	3,4±0,1	3,6±0,1	3,05±0,1	3,92±0,11"	2,7±0,11	2,52±0,31"
	Р	5,7±1,2	4,44±0,56	6,66±0,2	5,8±0,09	5,4±0,07	4,75±0,08	7,84±0,09	5,02±0,1	4,54±0,14
	В	2,21±0,5	2,46±2,86	3,42±3,12	3,6±0,1	3,5±0,05	3,03±0,07	4,13±0,15	2,6±0,15	2,83±0,43
ІН, у.о.	С	208,1±44,6	199,7±32,6	164,6±12,2	110,6±12,6	143,1±3,0"	173,0±2,2"	223,6±5,2"	205,33±8,7"	98,4±5,43"
	Р	1001,1±99,9	952,1±87,0	624,4±69,1	732,1±38,1	782,8±10,7"	873,77±5,6"	1149,2±8,4"	878,13±7,4"	705,6±9,2"
	В	180,2±38,1	322,3±41,1	87,9±24,14	121,6±12,5	134,1±4,5	169,3±3,4	215,2±6,4"	197,52±9,4	170,5±4,7"

Примітка: * – С – стан спокою, Р – на реверсі навантаження, В – відновлення; * – $p < 0,05$ до групи IX; " – $p < 0,05 - 0,01$ за відміченими групами; підкреслені достовірні зміни ($p < 0,05 - 0,01$) по відношенню до спокою.

відмічається їх достовірне зменшення у порівнянні з групами перед- і пубертатного віку ($p < 0,05-0,01$). Отримані результати свідчать про помірну активацію адренергічних механізмів регуляції у дівчат 15-16 років і значне їх переважання над холінергічними у школярів 9-14 років (табл.).

Інтегральний показник стану механізмів регуляції серцевого ритму (ІН) в наших дослідженнях, на відміну від більшості інших, реєструвався безпосередньо під час м'язової роботи, що дозволило вивчити динаміку ВСР в процесі фізичних навантажень, що має, без перебільшення, вагоме значення

Цю показав, що серед обстежених груп дівчаток найбільша величина індексу напруги відзначена в I і VII вікових групах, $1001,13 \pm 10,3$ і $1149,32 \pm 8,41$ у. о., яка була більша вихідних значень у 5 і більше разів (рис.), і що свідчить про високе напруження механізмів регуляції серцевої діяльності ($p < 0,05-0,001$). Середні значення ІН в період тестування спостерігалися в більшості обстежених груп, що може підтвердити адекватність обраного фізичного навантаження адаптаційним можливостям дівчат 7-16 років, оскільки граничні, зареєстровані при напруженій роботі до відмови, значення ІН можуть дося-

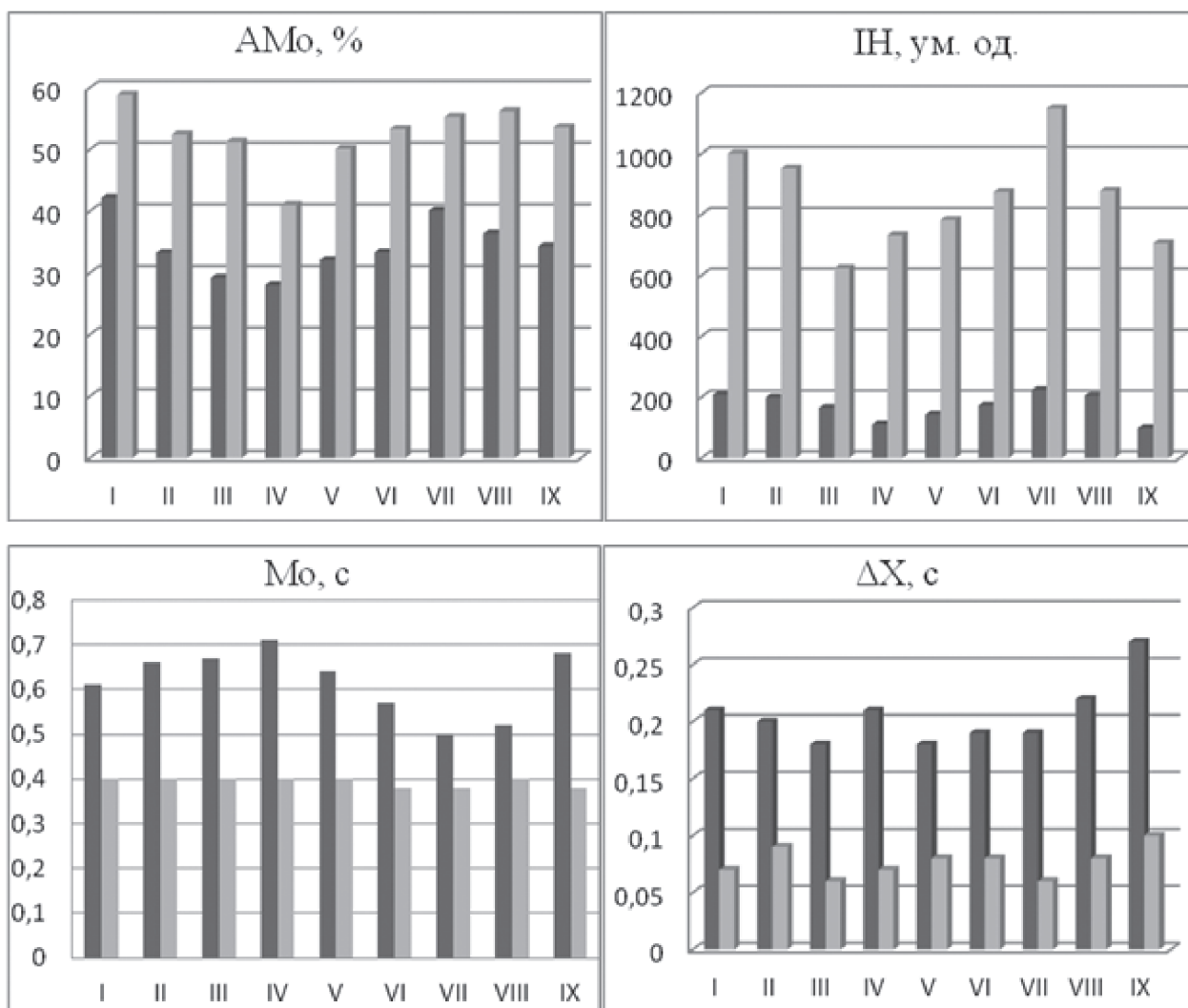


Рис. Динаміка показників варіаційної пульсометрії дівчат 7-16 років
Примітка: ● – стан спокою, ● – на реверсі навантаження; I-IX – вікові групи (див. табл.).

в оцінці адаптаційних можливостей дитячого організму, і чого, на жаль, не дає реєстрація ВСР у відновний період, навіть протягом 1-ї хвилини відпочинку, якій присутні перехідні процеси і в результаті чого не виключені помилкові результати і висновки. Відмітимо, що в доступній нам літературі, за виключенням наших попередніх публікацій, ми не знайшли подібних даних, що виключає їх широкий порівняльний аналіз.

Результати досліджень, проведених нами в лабораторії вікової фізіології спорту імені професора Т.

гати 4-5, а теоретично розраховані – більше 20 тис. у. о. [1,17,18].

Таким чином, отримані дані дають можливість визначити вікові особливості реакції на дозовані фізичні навантаження і оцінити адаптаційні резерви механізмів регуляції серцевого ритму школярів ЗОШ – дівчаток 7-16 років.

Після фізичного навантаження динаміка відновних процесів свідчить про гетерохронність відновних процесів, навіть на рівні різних показників однієї загальної системи механізмів регуляції серцевого

ритму, про наявність напруги і суттєвих після робочих змін у ранній період відпочинку (5 хв.). В зазначені терміни залишаються ще підвищеними АМо (від 9,5% до 27%), АМо/ΔХ (від 6% до 38%) і Мо/ΔХ в V, VII і IX вікових групах (на 6%, 5% і 12%), що може відбивати недостатність такого терміну для повного відновлення після дозованих навантажень і слугувати підґрунтям для визначення часу відпочинку у дівчат шкільного віку в процесі фізичного виховання.

Виключенням може бути модальна ЧСС, яка, за даними такого показника варіаційної пульсометрії як Мо, після завершення навантаження наближалися до вихідного рівня практично у всіх вікових групах. Значення показників Мо в групі дівчаток 15-16 років на 5-й хвилині відновлення виявилось нижче вихідних і склали 0,49 с, що відповідало ЧСС у 122 уд/хв і свідчило про значне відставання відновних процесів в цій групі, логічно припустити пов'язано, як відмічалося вище, з більшим часом і обсягом виконаної роботи.

Індекс напруги (ІН) в період відновлення знижувався у всіх вікових групах, в окремих – нижче вихідних значень на 2,3-6,3%.

Дані варіаційної пульсометрії свідчили про більш виражену напругу функціонування серцево-судинної системи дівчаток 13-16 років у порівнянні з іншими віковими групами. На навантаження регуляторні механізми серцево-судинної системи відповідають збільшенням ІН, АМо, АМо/ΔХ, Мо/ΔХ і зниженням Мо і ΔХ (рис.).

Виходячи з того, що найбільш вірогідний рівень функціонування синусового вузла серця характеризує величина Мо, а показники АМо, ΔХ і ІН відображають вплив симпатичного, парасимпатичного, а також центральної ланки регуляції на синусовий ритм серця, можна припустити, що на хронотропну функцію серця обстежених школярів виражено впливає симпатична ланка регуляції при значній участі центральної контури регулювання серцевого ритму, що є загальною реакцією організму на

стресові чинники, у тому числі і на фізичні навантаження. Ступінь зрушень критеріїв ВСР може свідчити про резервні можливості ростучого організму, рівень їх мобілізації, зниженні чи розвитку у процесі онтогенезу і фізичного виховання.

Висновки. Отже, стан механізмів регуляції серцевого ритму у дівчаток 7-16 років в стані спокою характеризується величинами, які входять в прийняті межі норм. Порівняльний аналіз гемодинамічних показників (АТс, АТд, ЧСС) у дівчаток 15-16 років в спокої відрізняється стабільністю, що обумовлено відносною стійкістю регуляторних механізмів вегетативного впливу на серцевий ритм. Індикатором цього є нормативні значення Мо, ΔХ.

Виконання циклічної роботи з постійно зростаючою потужністю (33 Вт/хв) до частоти серцевих скорочень 150 уд/хв супроводжувалося достовірним зростанням індексу напруги у всіх вікових групах і високою активацією центрального і гуморального каналів регуляції. Встановлене виражене, за таких умов, переважання симпатичних впливів на ритм серця.

Зі збільшенням віку дівчаток в цілому зростає ступінь досконалості механізмів регуляції серцевого ритму, відбувається перехід ролі управління серцевим ритмом від центрального до автономного контуру, зростають функціональні адаптаційні можливості дівчаток, що в кінцевому результаті, забезпечує виконання фізичного навантаження з реверсом в більших обсягах і в більш оптимальних умовах.

Відновлення стану механізмів регуляції серцевої діяльності характеризується явищем гетерохронії, в ранній період (до 5 хв.) не відбувається, що може слугувати критерієм для дозування навантажень в процесі фізичного виховання в ЗОШ.

Перспективи подальших досліджень полягають в лонгітудинальному обстеженні хлопчиків з метою визначення гендерних особливостей стану механізмів регуляції ритму серця у школярів.

Література

1. Адаптация организма подростков к учебной нагрузке / Под. ред. Д.В. Колесова; Науч.-исслед. ин-т физиологии детей и подростков Акад. пед. наук СССР. – М.: Педагогика, 1987. – 152 с.
2. Артеменков А.А. Изменение вегетативных функций у студентов при адаптации к умственным нагрузкам / А.А. Артеменков // Гигиена и санитария. – 2007. – № 1. – С. 62-63.
3. Баевский Р.М. Прогнозирование состояний на грани нормы и патологии / Р.М. Баевский. – М.: Наука. – 1979. – 296 с.
4. Баевский Р.М. Оценка адаптационных возможностей организма и риск развития заболеваний / Р.М. Баевский, А.П. Берсенева. – М.: Медицина, 1997. – 237 с.
5. Білецька В.В. Адаптаційні можливості серцево-судинної системи дітей молодшого шкільного віку за показниками варіабельності серцевого ритму / В.В. Білецька // Теорія і методика фізичного виховання і спорту. – 2010. – № 2. – С. 60-64.
6. Богдановська Н.В. Адаптивні можливості серцево-судинної системи дітей шкільного віку та шляхи їх оптимізації: автореф. дис. ... канд. біол. наук: 03.00.13 / Надія Василівна Богдановська; В.о. Київ. нац. ун-т ім. Т. Шевченка. – К.: [Б.в.], 2004. – 20 с.
7. Босенко А.И. Выявление функциональных возможностей сердечно-сосудистой и центральной нервной систем у подростков при напряженной мышечной деятельности: автореф. дисс. на соискание науч. степени канд. биол. наук: спец. 14.00.17 «Нормальная физиология» / А.И. Босенко. – Тарту, 1986. – 25 с.
8. Босенко А.И. Возрастная динамика регуляции сердечно-сосудистой системы школьниц 10-14 лет при физических нагрузках по замкнутому циклу (с реверсом) / А.И. Босенко, В.В. Борщенко, А.В. Пертая // «Адаптаційні можливості дітей та молоді»: матеріали VI Міжнар. наук.-практичної конференції. – Одеса, 2008. – С. 40-45.
9. Вікова фізіологія, шкільна гігієна і валеологія: тести, завдання для самопідготовки і питання екзаменаційних випробувань: [навч.-метод. посіб.] / [Л.С. Соколенко, О.Ф. Головка, Г.Л. Воскобойнікова.]; за ред. П.Д. Плахтія. – Кам'янець-Подільський: ПП Буйницький О.А., 2010. – 148 с.

10. Глазков Е.О. Дослідження процесу адаптації студентів до навчання у вищих навчальних закладах / Е.О. Глазков // Запорізький медичний журнал. – 2013. – № 1. – С. 9-11.
11. Давиденко Д.Н. Методика оценки мобилизации функциональных резервов организма по его реакции на дозированную нагрузку / Д.Н. Давиденко // Научно-теоретический журнал «Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта». – 2011. – № 12 (70). – С. 52-57.
12. Дорофеева Н.А. Адаптационная реакция сердечно-сосудистой системы на современные информационные и информационно-психоземotionalные нагрузки у студентов / Н.А. Дорофеева // Український медичний альманах. – 2009. – № 5, Т. 12. – С. 70-72.
13. Коваленко С.О. Комп'ютерна програма для реєстрації та аналізу ритму серця і дихання («CASPICO») / С.О. Коваленко, М.Е. Яковлев // Авторське свідоцтво України № 11262 – 54 с. – Укр. – Деп. в УААСП 4.10.2004. – Реф. у офіційному бюлетені «Авторське право і суміжні права». – 2005. – № 6. – С. 338.
14. Михайлов В.М. Вариабельность ритма сердца. Опыт практического применения метода / В.М. Михайлов. – Иваново, 2000. – 200 с.
15. Михалюк Є.Л. Вплив дозованих фізичних тренувань, проведених під контролем моніторів пульсу, на функціональний стан студентів з первинною артеріальною гіпертензією / Є.Л. Михалюк, С.М. Малахова. – Наука і освіта. – 2014. – № 8. – С. 128-133.
16. Хрипкова А.Г. Адаптация организма учащихся к учебной и физической нагрузкам / А.Г. Хрипкова, М.В. Антропова. – М.: Педагогика, 1982. – 240 с.
17. Цонева Т.Н. Функциональные резервы центральной нервной и кардиореспираторной систем как критерий физической работоспособности / Т.Н. Цонева, А.И. Босенко // Физиологические факторы, определяющие и лимитирующие спортивную работоспособность: Тез. докл. XVI Всесоюз. конф. по физиологии мышечной деятельности. – М., 1982. – С. 210-211.
18. Цонева Т.Н. Координация деятельности сердечно-сосудистой системы у юных спортсменов при напряженной мышечной работе с повышенной мотивацией / Т.Н. Цонева, А.И. Босенко, Н.С. Полищук // Межинститутский сб. науч. тр. – Л., 1991. – 230 с.
19. Шлык Н.И. Сердечный ритм и тип регуляции у детей, подростков и спортсменов: монографія. – Ижевск: из-во «Удмурдский университет», 2009. – 255 с.
20. Яблучанский Н.И. Вариабельность сердечного ритма в помощь практикующему врачу / Н.И. Яблучанский, А.В. Мартыненко. – Харьков, 2010. – 131 с.
21. Baevsky R.M. The ballistocardiography in long-term space flights as a method of medical control / R.M. Baevsky, I.I. Funtova // Japanese J. Aerospace and Environment. Med. — 1997. — V. 34, № 4. — P.152-153.
22. Cooper K. Physical training programs for mass scale use: effects on cardiovascular disease – fact and theories / K. Cooper // Ann. Clin. Res. – 1982. – V. 14, Suppl. 34. – P. 25-32.
23. Tonello L. The role of physical activity and heart rate variability for the control of work related stress / L. Tonello, F.B. Rodrigues, J.W. Souza [et al.] // Front Physiol. – 2014. – Vol. 21, № 5.

УДК: 37.015.3+612.17+37.091.212-055.25

СТАН МЕХАНІЗМІВ РЕГУЛЯЦІЇ КАРДІОРИТМУ У ДІВЧАТ 7-16 РОКІВ ПРОТЯГОМ НАВЧАННЯ В ШКОЛІ

Босенко А. І., Борщенко В. В., Топчій М. С., Шавініна А. О.

Резюме. Метою даної роботи було лонгітудинальне вивчення стану механізмів регуляції кардіоритму дівчат 7-16 років в нормі та при дозованому фізичному навантаженні. В дослідженнях прийняли участь дівчата 7-16 років, які були обстежені наприкінці кожного навчального року в стані відносного спокою, безпосередньо при виконанні фізичного навантаження та на п'ятій хвилині відновлення. Результати досліджень показали, що в стані відносного м'язового спокою спостерігається позитивна тенденція до удосконалення стану механізмів регуляції кардіоритму з віком (у 15-16 років), з періодами достовірних змін у бік напруження у молодшому шкільному віці (7-9 років) і у другій половині підліткового періоду (13-15 років). Виконання циклічної роботи з постійно зростаючою потужністю супроводжувалося достовірним збільшенням індексу напруги у всіх вікових групах і високою активацією центрального і гуморального каналів регуляції. Встановлено виражене, за таких умов, переважання симпатичних впливів на ритм серця. З віком у дівчаток в цілому зростає ступінь досконалості механізмів регуляції серцевого ритму, відбувається перехід ролі управління серцевим ритмом від центрального до автономного контуру, підвищуються функціональні адаптаційні можливості дівчаток, що в кінцевому результаті, забезпечує виконання фізичного навантаження з реверсом в більших обсягах і в більш оптимальних умовах. Повного відновлення стану механізмів регуляції серцевої діяльності в ранній період (до 5 хв.) не відбувається, що може слугувати критерієм для дозування навантажень в процесі фізичного виховання в ЗОШ.

Ключові слова: серцевий ритм, механізми регуляції, дівчата-школярки, фізичне навантаження, вікова динаміка.

УДК: 37.015.3+612.17+37.091.212-055.25

СОСТОЯНИЕ МЕХАНИЗМОВ РЕГУЛЯЦИИ КАРДИОРИТМА У ДЕВОЧЕК 7-16 ЛЕТ НА ПРОТЯЖЕНИИ ОБУЧЕНИЯ В ШКОЛЕ

Босенко А. И., Борщенко В. В., Топчий М. С., Шавинина А. А.

Резюме. Проведено лонгитудинальное изучение состояния механизмов регуляции кардиоритма девочек 7-16 лет в норме и при дозированной физической нагрузке. В обследованиях приняли участие девочки 7-16 лет, которые проходили тестирование в конце каждого учебного года в состоянии относительного покоя, непосредственно при выполнении физической нагрузки и на пятой минуте восстановления. Результа-

таты исследований показали, что в состоянии относительного мышечного покоя наблюдалась положительная тенденция к усовершенствованию состояния механизмов регуляции сердечного ритма с возрастом (в 15-16 лет), с периодами достоверных изменений в сторону напряжения в младшем школьном возрасте (7-9 лет) и во второй половине подросткового периода (13-15 лет). Выполнение циклической работы с постоянно возрастающей мощностью сопровождалось достоверным увеличением индекса напряжения во всех возрастных группах и высокой активацией центрального и гуморального каналов регуляции. Установлено выраженное в таких условиях преобладание симпатических влияний на ритм сердца. С возрастом у девочек в целом увеличивается степень совершенствования механизмов регуляции сердечного ритма, происходит переход роли управления кардиоритма от центрального контура к автономному, повышаются функциональные адаптационные возможности девочек, что в конечном итоге, обеспечивает выполнение физической нагрузки с реверсом в больших объемах и в более оптимальных условиях. Полного восстановления состояния механизмов регуляции сердечной деятельности в ранний период (до 5 мин.) не происходит, что может служить критерием для дозирования нагрузок в процессе физического воспитания в общеобразовательной школе.

Ключевые слова: сердечный ритм, механизмы регуляции, девочки-школьницы, физическая нагрузка, возрастная динамика.

UDC: 37.015.3+612.17+37.091.212-055.25

THE STATE OF REGULATION MECHANISMS OF HEART RATE IN GIRLS AGED 7-16 YEARS AT SCHOOL-ING PERIOD

Bosenko A. I., Borshchenko V. V., Topchii M. S., Shavinina A. O.

Abstract. *The aim of the study was the longitudinal research of regulation mechanisms condition of heart rate in girls aged 7-16 years in norm and under graduated exercise. The study was conducted in the Laboratory of Developmental Physiology of Sports named after Prof. Tsoneva T.N., Department of Biology and Health Fundamentals SE «South Ukrainian National Pedagogical University named after K.D. Ushinsky». The girls have been examined at the end of each academic year in state of relative muscular rest, directly when performing physical activity and in the fifth minute of recovery. Bicycle ergometry testing has been carried out according to D.N. Davydenko method (2011), namely, power working capacity increased at the rate 33 watts/min until the heart rate became 150-155 beats/min with subsequent decrease to zero. The heart rate was examined by «Caspico» program (Kovalenko S.A., 2005) in MS DOS, which is based on R.M. Baievskiy variational pulsometry method.*

The research data have determined that in the state of relative muscular rest the findings of the mode value (M_o) of heart rate were increased in examined groups of girls aged from 7 to 10-11 years (to 0.71 s) with the further decrease for the whole adolescent period and the beginning of age-related stabilization in 15-16 years, according to the indicators of reliability differences ($p < 0.05-0.01$) in groups aged 10-11, 13-14 and 15-16 years. The girls aged 10-11 and 15-16 years have presented significantly large mode indications that represented more safe level of the heart functioning.

The highest value of the tension index has been marked in the groups aged 7-8 and 12-13 years, correspondingly, $1001, 13 \pm 10,3$ and $1149,32 \pm 8,41$ c.u., which was larger than the initial values in 5 times or more, indicating the high tension of regulation mechanisms of the cardiac activity ($p < 0.05-0.001$).

In general, the age-related dynamics of pacemaker heart rate in the examined groups has represented the tendency of increased parasympathetic activity of the autonomic nervous system with age, which corresponds to the developmental peculiarities and growth of the child's organism.

The ratio $M_o/\Delta X$ characterizing the activity level of humoral channel and representing the predominance of adrenal or cholinergic channels was gradually increasing in the state of relative rest in girls aged 7-13 years from 2.48 c.u. at the age 7-8 years to 3.92 c.u. at the age 13-14 years. Significantly higher activity of the humoral channel has been observed in the group of girls aged 13-14 years.

Cyclic activities with permanently increasing power working capacity (33 watts/min) to 150 beats/min heart rate were accompanied by the significant increase of the tension index in all age groups and high activation of the central and humoral regulation channels. The significant predominance of sympathetic effects on the heart rate has been determined under such conditions.

The response to exercise was manifested in significant, but not critical tension level, which confirmed the adequacy of the physical exercise to adaptative capacities of the girls aged 7-16 years. The degree of regulation improvement of cardiac rhythm mechanisms has been increased in accordance with the girl's age increasing, more late transition of heart rate control from the autonomous to the central contour has occurred, the functional adaptative capacities of girls were increasing, which provided the physical activity with the reverse in large amount and at more optimal conditions.

Full recovery of the regulatory mechanisms of cardiac activity, characterized by the heterochrony, in the early period (5 min) does not occur, which can serve as criterion for loads dosing in the process of physical education in secondary school.

Keywords: heart rate, mechanisms of regulation, schoolgirls, physical load, age-related dynamics.

Рецензент — проф. Міщенко І. В.

Стаття надійшла 20.03.2017 року