

І. О. Іванюра

Вплив тривалих фізичних навантажень на серцево-судинну систему учнів середнього шкільного віку

В сердечно-сосудистой системе детей под влиянием постоянных тренировок происходит ряд функциональных преобразований, повышающих адаптацию к физическим нагрузкам, что проявляется в снижении систолического и диастолического давления в пределах физиологической нормы, уменьшении систолического показателя, в увеличении механической, электромеханической систол и начальной части желудочкового комплекса. При неадекватности физических нагрузок функциональному состоянию сердца у некоторых тренированных детей наблюдается выраженная и резко выраженная дыхательная аритмия. Под влиянием физических нагрузок у детей и подростков с возрастом возникают волнообразные изменения зубцов R, T. Более частым направлением электрической оси сердца является нормальное. Благодаря установлению взаимоотношений центрального и автономного контура регуляции при длительных физических нагрузках обеспечивается более экономный уровень функционирования сердца.

Вступ

Існує певна залежність між ступенем м'язової діяльності та функцією серцево-судинної системи. Реакція організму дітей і підлітків, його серцева діяльність під впливом тренувань характеризується деякими особливостями, які виникають у результаті тривалої адаптації апарату кровообігу до систематичних м'язових навантажень і залежить не тільки від характеру навантажень, їх об'єму та інтенсивності, але й від стану організму [1, 3, 6, 13].

Лише значна фізична активність забезпечує певний оздоровчий ефект, що особливо важливо для підтримання стійкого функціонування організму за екстремальних умов [14, 15, 17]. Нам видається, що вплив навантажень зумовлений не так силою подразника, як мірою його відповідності, в кожному конкретному випадку, функціональними можливостями організму дитини. Вивчення цієї проблеми сприяло б розробці функціональних тестів для адекватного контролю за розвитком тренуваності.

Метою нашої роботи було — встановлення загальних закономірностей впливу систематичних тренувальних навантажень на фізіологічний стан і адаптацію серцево-судинної системи учнів середнього шкільного віку.

Методика

Обстежували практично здорових 250 хлопчиків і дівчаток віком від 11 до 15 років, які були розділені на дві групи. Першу групу склали учні 11, 12, 13, 14, 15-ти років, які не займалися спортом (контроль). Друга група комплектувалась із учнів цього ж віку, які займалися в спортивних класах

© І. О. Іванюра

плаванням (по 3 год щоденно). Дітей обстежували до і після тренувань. Для оцінки вікових змін діапазону рефлекторної перебудови показників серцево-судинної системи записували синхронно електрокардіограму (ЕКГ) і фонокардіограму (ФКГ) на двоканальному електрокардіографі й вимірювали артеріальний тиск [8, 11]. Аналіз ЕКГ проводили в стандартних відведеннях (I, II, III), посилених відведеннях від кінцівок (aVR, aVL, aVF) і в грудних відведеннях (V₁-V₆). При аналізі ЕКГ, ФКГ визначали тривалість серцевого циклу, амплітуду і тривалість інтервалів зубців, спрямування електричної осі серця у фронтальній площині, систолічний показник, механічну й електромеханічну систолу серця.

Функціональний стан серця, системи, які регулюють його діяльність, і адаптивних можливостей організму учнів 11–15 років оцінювали за методикою математичного аналізу серцевого ритму [10, 12]. Визначали за гістограмою інтегральні показники: індекс напруги (ІН) і вегетативний показник (Амо/Δх). Результати досліджень обробляли статистично з використанням критерію t Стьюдента.

Результати та їх обговорення

Істотні значення для характеристики функціонального стану кровообігу має рівень артеріального тиску (АТ), який, як відомо, є результатом складного комплексу регуляторних і гемодинамічних впливів. АТ у дітей з віком проявляє тенденцію до підвищення. До тренувальних фізичних навантажень у дітей II групи встановлюється деяке зниження систолічного артеріального тиску порівняно з контрольною групою (табл.1). Крім зниження систолічного тиску нами виявлено також зниження діастолічного тиску. Аналогічні зміни АТ виявлені у дорослих спортсменів [6]. Після тренувальних фізичних навантажень у дітей систолічний і діастолічний тиск дещо підвищувались, однак АТ у дітей контрольної групи залишався низьким. Очевидно, зниження АТ залежить від посилення тону парасимпатичної іннервації і від вдосконалення координуючих механізмів, які визначають рівень АТ в організмі [7].

Як показали результати наших досліджень, подовження серцевого циклу і відповідно тенденція до помірно вираженої синусової брадикардії виникає на відміну від дорослих не лише через діастолу, а також через систолу. Частота серцевих скорочень з віком зменшується: у дітей контрольної групи від $97,7 \pm 4,32$ до $93 \text{ хв}^{-1} \pm 3,9 \text{ хв}^{-1}$, а у дітей II групи від $87,9 \pm 5,4$ до $73,2 \text{ хв}^{-1} \pm 2,3 \text{ хв}^{-1}$. Можливо з наростанням тренуваності в організмі підвищується тонус блукаючого нерва, що викликає зміну вагосимпатичної рівноваги. У юнаків і дорослих спортсменів під впливом фізичних тренувань виникає брадикардія [6, 10, 16]

Ми вивчали взаємодію автономного та центрального контурів регуляції серцево-судинної системи в учнів середнього шкільного віку при фізичних навантаженнях. З цією метою використовувались інтегральні показники — ІН і вегетативний показник — Амо/Δх. ІН має найбільше значення у віці від 11 до 13 років. У цьому віці також найбільше значення має показник Амо/Δх, що характеризує баланс центральних механізмів регуляції та саморегуляції. Відповідні статистичні характеристики серцевого ритму (ІН і Амо/Δх) свідчать про розвиток у цьому віці, під впливом тренувань, напруження

Таблиця 1. Динаміка показників серцево-судинної системи під впливом тренувальних фізичних навантажень

Група обстежених	Частота серцевих скорочень, хв ⁻¹	Систолічний тиск, мм рт.ст.	Діастолічний тиск, мм рт.ст.	Тривалість механічної систоли, с	Тривалість електро-механічної систоли, с	Систолічний показник, %
11–12 років						
I група (контроль)	97,7±4,32	102,1±3,24	69,0±1,85	0,29±0,008	0,3±0,007	49,0±1,6
II група						
до тренувань	87,9±5,4*	89,6±1,45*	57,9±2,93*	0,31±0,017	0,32±0,007*	44,3±1,8*
після тренувань	84,1±3,07*	91,0±1,66*	60,4±1,09*	0,30±0,014	0,32±0,007*	43,7±1,56*
12–13 років						
I група (контроль)	90,5±4,03*	97,3±2,42	64,4±3,44	0,29±0,007	0,32±0,007	47,9±2,7
II група						
до тренувань	87,4±2,06*	92,0±0,24*	60,0±1,42*	0,31±0,006*	0,32±0,006*	46,1±1,81
після тренувань	91,6±5,03*	91,6±5,03**	67,2±2,23*	0,31±0,006*	0,33±0,007*	45,7±1,91
13–14 років						
I група (контроль)	93,8±3,42	107,1±2,72	72,7±1,94	0,29±0,0003	0,32±0,04	50,9±1,2
II група						
до тренувань	85,5±4,0*	91,0±2,43*	59,5±1,2*	0,31±0,009*	0,32±0,008	46,8±1,7*
після тренувань	83,4±2,78*	95,2±2,29	60,2±2,56*	0,31±0,007*	0,32±0,009	45,6±1,34*
14–15 років						
I група (контроль)	93,4±3,9	105,0±2,72	66,4±1,93	0,3±0,006	0,29±0,006	48,3±1,4
II група						
до тренувань	73,2±2,3*	97,5±2,14*	63,5±1,89*	0,30±0,003	0,35±0,004*	40,9±0,93*
після тренувань	80,0±4,03*	98,1±2,13*	63,8±1,93*	0,33±0,006*	0,33±0,007*	44,0±1,52*

* результати вірогідні.

симпато-адреналової системи з залученням центрального рівня регуляції. З 14-річного віку встановлюється новий рівень відношення між центральним і автономним контуром регулювання в стані фізіологічного спокою. Новий, більш економний з енергетичної точки зору, рівень функціонування синусового вузла забезпечується механізмами саморегуляції, про що доводять значення ІН ($162 \pm 22,0$ і $163 \text{ ум.од} \pm 21,3 \text{ ум.од}$). За мірою напруження регуляційних систем організму під впливом тривалих тренувань ми виділяємо стан норми, адаптації, напруження та перенапруження. Найбільший ІН, що характеризує неекономний рівень ($200 \text{ ум.од.} \pm 21,0 \text{ ум.од.}$) функціонування спостерігається у 13-річному віці, який досягається з великим напруженням механізмів регуляції. На основі наших досліджень виявлено, що переломним етапом індивідуального розвитку, так званим критичним періодом, є 13-річний вік. У цьому віці на фоні перенапруження регуляції перебудовується синусовий вузол на новий рівень функціонування. Він набуває більш досконалих форм нейрогуморальної регуляції. Слід зазначити, що така перебудова у цей період приховує в собі небезпеку перенапруження симпато-адреналових механізмів, пошкодження регуляторних механізмів з розвитком патологічного стану [9].

У 90% обстежених нами дітей контрольної групи спостерігалася слабо та помірно виражена дихальна аритмія. Наявність дихальної аритмії пояснюється [2, 13] встановленням більш чіткої взаємодії окремих компонентів вегетативної нервової системи. Ті ж види дихальних аритмій спостерігались у дітей до тренувальних навантажень. Різниця між серцевими циклами коливалася від 0,1 до 0,2 с у 11–13-річних і від 0,1 до 0,5 с — у 15-річних. У той же час наші дослідження показали також наявність вираженої (0,45 с) аритмії у дітей спортивних класів при неадекватності навантажень функціональному стану міокарда, що розцінюється нами як ознаки перетренування.

Скорочення систолічного показника (СП%), збільшення тривалості механічної, електромеханічної систол і початкової частини шлуночкового комплексу (QRS), які спостерігались у 11, 14, 15-річних юних спортсменів порівняно з контрольною групою і відсутність змін у 12-річних, слід пояснити нерівномірним розвитком серцево-судинної системи учнів середнього шкільного віку під впливом тривалих тренувальних навантажень. Очевидно, подовження серцевого циклу, яке виникає головним чином через діастолу, створює кращі умови для кровонаповнення серця й покращання обміну, що призводить до скорочення систолічного показника. Збільшення тривалості механічної, електромеханічної систол у 13, 14, 15-річних спортсменів свідчить про помітні зміни в біоелектричній активності міокарда під впливом тривалих тренувань (див. табл. 1).

Наші дослідження показали скорочення електричної систоли (Q–T) у 13, 14-річних спортсменів після тренувальних навантажень і збільшення її тривалості у 15-річних до і після тренувальних навантажень. У 12-річних дітей досліджуваних груп не виявлено змін у тривалості електричної систоли (табл. 2).

У 12 і 14-річних спортсменів тривалість інтервалу P–Q збільшувалась, що збігається з вираженою брадикардією. Подовження інтервалу P–Q і брадикардія розглядається як фізіологічна особливість серця тренуваних осіб,

Таблиця 2. Вплив тренувальних фізичних навантажень на тривалість (с) інтервалів і комплексів у II відведенні електрокардіограми дітей різного віку

Група обстежених	Інтервал			Комплекс QRS
	P-Q	Q-T	T-P	
11-12 років				
I група (контроль)	0,114±0,006	0,312±0,005	0,195±0,024	0,065±0,003
II група				
до тренувань	0,134±0,05*	0,308±0,008	0,285±0,028*	0,077±0,002*
після тренувань	0,140±0,005*	0,310±0,006	0,262±0,027*	0,072±0,002*
12-13 років				
I група (контроль)	0,117±0,006	0,327±0,007	0,241±0,031	0,073±0,003
II група				
до тренувань	0,123±0,002*	0,315±0,003*	0,238±0,017	0,07±0,003
після тренувань	0,122±0,005	0,325±0,004*	0,210±0,029*	0,074±0,004*
13-14 років				
I група (контроль)	0,129±0,006	0,321±0,004	0,205±0,018	0,077±0,002
II група				
до тренувань	0,112±0,004*	0,329±0,008*	0,248±0,024*	0,07±0,004*
після тренувань	0,113±0,004*	0,312±0,005*	0,266±0,02*	0,072±0,003*
14-15 років				
I група (контроль)	0,126±0,006	0,313±0,005	0,227±0,023	0,072±0,002
II група				
до тренувань	0,128±0,003	0,337±0,005*	0,339±0,023*	0,075±0,002*
після тренувань	0,120±0,004	0,330±0,004*	0,323±0,029*	0,078±0,002*

що зумовлена підвищенням тонусу блукаючого нерва. Нам не вдалося встановити постійного закономірного зв'язку між тривалістю інтервалу P-Q і тривалістю серцевого циклу.

Наші дослідження показали, що у 75% дітей спостерігалися зміни комплексу QRS, що зумовлено характером збудження шлуночків, фізіологічною перевагою правого шлуночка над лівим і зміною положенням серця в грудній клітці. На ЕКГ всіх обстежених дітей часто зустрічаються додаткові зубці комплексу: типу RS, QR, RrS. Частота змін комплексу QRS після тренувальних навантажень у дітей підвищується, що особливо помітно в aVL, aVF і грудних відведеннях. У 14 і 15-річних дітей II групи тривалість комплексу QRS змінюється незначно, а у 11-12-річних подовження розглядається нами як варіант початкового впливу фізичних навантажень (див. табл. 2). Деякі автори наголошують, що значення цього показника змінюється у спортсменів високої кваліфікації у процесі регулярних тренувань [2, 5].

Одним із найбільш значимих компонентів ЕКГ є зубець T, який відображає процеси обміну речовин у міокарді [4, 5]. Амплітуда зубця T у практично здорових дітей з віком зазнає хвилеподібних змін, а у дітей після тренувальних навантажень спостерігається збільшення його амплітуди (табл. 3). Особливо різко це виражено у 11-річних дітей. Можливо, що на початковому періоді оволодіння навиками плавання пред'являються високі вимоги до серцево-судинної системи. Високі зубці T характерні для людей, які займаються фізичною працею [5] і зумовлені як високою скоротливою здатністю

Таблиця 3. Вплив тренувальних фізичних навантажень на амплітуду (мм) зубців електрокардіограми у II відведенні у дітей різного віку

Група обстежених	Зубець R	Зубець T
		11–12 років
I група (контроль)	16,3±1,65	4,5±0,41
II група		
до тренувань	11,4±1,21*	3,4±0,26
після тренувань	17,3±1,33*	6,2±0,42*
		12–13 років
I група (контроль)	13,4±0,98	3,1±0,41
II група		
до тренувань	11,4±1,03	4,1±0,36*
після тренувань	16,6±1,01*	5,8±0,08*
		13–14 років
I група (контроль)	15,0±1,35	4,5±0,42
II група		
до тренувань	12,3±1,37	3,9±0,52*
після тренувань	14,7±0,89*	5,2±0,47*
		14–15 років
I група (контроль)	17,6±1,37	5,3±0,47
II група		
до тренувань	11,8±1,0	4,5±0,39*
після тренувань	14,1±1,66*	5,8±0,44*

серцевого м'яза, нормальним його харчуванням, так і підвищенням тону су блукаючого нерва.

У обстежених школярів нормальний тип ЕКГ, однак зустрічається правий і лівий типи в різних співвідношеннях. До тренувальних навантажень поряд з нормальним часто зустрічається вертикальне положення осі і відхилення вправо. Після тренувальних навантажень, крім названих спрямувань електричної осі серця, появляється ще і горизонтальне. Всі наведені відхилення електричної осі серця вважаються, на наш погляд, проявом впливу фізичних навантажень на організм дітей. Подібну тенденцію відхилення електричної осі серця спостерігали й інші автори [6, 13] при обстеженні дорослих після тренувальних фізичних навантажень.

Висновки

1. В учнів середнього шкільного віку під впливом тривалих фізичних навантажень виявлена тенденція до зниження артеріального тиску в межах фізіологічної норми, скорочення систолічного показника і збільшення тривалості механічної, електромеханічної систол і початкової частини шлуночкового комплексу.

2. На відміну від дорослих, у тренуваних юних спортсменів спостерігається виражена та різко виражена дихальна аритмія, хвилеподібні зміни зубця R, T. Направлення електричної осі серця в основному нормальне.

3. Тривалі фізичні тренування викликають помітно виражену брадикардію. На відміну від дорослих, подовження серцевого циклу виникає не тільки через діастолу, але і через систолу.

4. На основі вікової динаміки показників гістограми можна констатувати, що завдяки тривалим тренуванням у юних плавців забезпечується більш економний рівень функціонування синусового вузла завдяки встановленню взаємовідношення між центральним і автономним контуром регуляції в стані фізіологічного спокою.

I. A. Ivanjura

**EFFECT OF LONG LASTING PHYSICAL LOADS
ON CARDIOVASCULAR SYSTEM SCHOOLCHILDREN
WITH AGEING OF TEENAGERS**

The cardiovascular system of schoolchildren at the age of 11-15 was studied as affected by systemic of long lasting physical loads of schoolchildren. In the trained children contrary to adults the respiratory arrhythmia is observed, that evidences for nonadequacy of the physical load to the functional state of miocardium. In the cardiovascular system of the trained schoolchildren under the effect of constant trainings there occurs a series of functional changes which increase adaptation to physical loads, that is manifested in a decrease of the systolic and diastolic pressure, the lowering of the systolic index and heart rate, and in increase in mechanical and electromechanical systoles, the amplitude of the teeth R and T. The detected changes in the cardiovascular system are due to the value of trained loads and their nonadequacy to the functionfl state of myocardium.

T.G. Shevchenko Lugansk Pedagogical University, Lugansk

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Баевский Р.М.* Прогнозирование состояний на грани нормы и патологии. — М.: Наука, 1979. — 296 с.
2. *Бирюкова О.В.* Индивидуальные особенности кардиореспираторного аппарата и работоспособность организма при нагрузках «до отказа». — В кн.: *Врачебный контроль за физическим воспитанием и исследования в спортивной медицине.* — М., 1987. — С. 88-92.
3. *Босенко А.И.* Состояние механизмов регуляции сердечного ритма юных волейболистов в учебно-тренировочном занятии. — В кн.: *Матеріали міжнарод. наук.-прак. конф., присвяченої 50-річчю факультету фізич. виховання.* — Одеса, 1996. — С.14.
4. *Бутченко Л.А., Кушаковский М.С., Журавлева Н.Б.* Дистрофия миокарда у спортсменов. — М.: Медицина, 1980. — 224 с.
5. *Вопросы физиологии сердечно-сосудистой системы школьников.* Сборник научных трудов / Под ред. И.О. Тупицына. — М., 1980. — 167 с.
6. *Граевская Н.Д.* К вопросу оценки тренированности спортсменов с позиций врачебного контроля. — В кн.: *Актуальные вопросы спортивной медицины.* — К., 1980. — С. 13-15.
7. *Карпман В.Л., Абрикосова М.А.* Некоторые общие закономерности адаптации сердечно-сосудистой системы человека к физическим нагрузкам // *Усп. физиол. наук.* — 1984. — **10**, №2. — С.97-121.
8. *Кельмен И.М.* Электрокардиография и фонокардиография. — М.: Медицина, 1974. — 150 с.

9. Кепетенас А.К., Жемайтите Д.И. Вегетативная регуляция сердечного ритма спортсменов в зависимости от характера тренировочного процесса. — В кн.: Анализ сердечного ритма. — Вильнюс, Мокалае, 1982. — С.32-47.
10. Лившиц М.Е. Статистические исследования показателей регуляции сердечного ритма // Физиология человека. — 1987. — №6. — С. 965-970.
11. Мазо Р.Е. Электрокардиография и фонокардиография. — М.: Медицина, 1974. — 150 с.
12. Парин В.В., Баевский Р.М., Волков Ю.М., Газенко О.Г. Космическая кардиология. — Л.: Медицина, 1967. — 206 с.
13. Пасичниченко В. А., Шестакова Т.Н. Особенности функционирования сердечно-сосудистой системы и ее регуляторных механизмов у пловцов в зависимости от исходного состояния вегетативной нервной системы // Физиология человека. — 1982. — 8, №6. — С. 950-955.
14. Тихвинский С.Б., Хрущев С.В. Детская спортивная медицина. — М.: Медицина, 1980. — С.60-91.
15. Трифонов Е.З. Оптимальное управление в физиологических системах // Физиология человека. — 1980. — 6, №1. — С. 153-160.
16. Сирота Т.И., Преображенская Г.В. Анализ хронотропной функции сердца подростков при дозированной умственной нагрузке. — В кн.: Новые исследования по возрастной физиологии. — М.: Педагогика, 1986. — №2. — С.28-32.
17. Холлоши Д.Е. Биохимическая адаптация к физической нагрузке. Аэробный метаболизм. — В кн.: Наука и спорт. — М.: Прогресс, 1982. — С.60-89.

*Луган. пед. ун-т
ім. Тараса Шевченка*

*Матеріал надійшов
до редакції 13.03.99*