

БІОМЕХАНІКА КРОВООБІГУ ПІДЛІТКІВ РІЗНИХ МЕДИЧНИХ ГРУП ФІЗИЧНОГО ВИХОВАННЯ

¹ Усова О.В. <https://orcid.org/0000-0002-6227-0597>

¹ Солозуб О.В. <https://orcid.org/0000-0001-8275-4727>

¹ Ульяницька Н.Я. <https://orcid.org/0000-0002-7369-8935>

¹ Якобсон О.О. <https://orcid.org/0000-0002-7340-2014>

² Ушко Я.А. <https://orcid.org/0000-0003-3017-7766>

¹ Сітовський А.М. <https://orcid.org/0000-0002-7434-7475>

¹ Шевчук Т.Я. <https://orcid.org/0000-0002-0598-8391>

¹Волинський національний університет імені Лесі Українки, Україна, Луцьк

²Національний медичний університет імені О.О. Богомольця, Україна, Київ

usova.oksana@vnu.edu.ua

Актуальність. Здоров'я підлітків має оцінюватися не тільки за їх морфометричними даними, але і функціональним станом основних органів та систем, які забезпечують адаптаційний резервний потенціал.

Ціль: оцінити функціональні можливості серцево-судинної системи організму підлітків за біомеханічними показниками кровообігу.

Матеріали та методи. У дослідженні брали участь 272 підлітки віком 13-14 років (176 хлопців і 96 дівчат). Серед хлопців – 104 учні основної медичної групи з фізичного виховання й 72 – підготовчої (2 група здоров'я). Серед дівчат було 48 школярів основної та 48 – підготовчої групи. Для вивчення біомеханічних параметрів серцево-судинної системи використано результати реографії за Кубічеком та реовазографії. Їх оцінювали за допомогою методів математичної статистики з використанням програми MedStat (Лях Ю.Є., 2006).

Результати. Між більшою частиною реовазографічних параметрів учнів підготовчої і основної медичних груп фізичного виховання нами не виявлено статистично значимих відмінностей. Натомість, існують певні відмінні особливості периферичного кровотоку учнів підготовчої групи фізичного виховання (зі зниженими функціональними можливостями). Так, показники часу швидкого наповнення у учнів підготовчої групи фізичного виховання дещо нижчі, ніж у основній групі. У хлопців підготовчої групи фізичного виховання з обох сторін та у дівчат цієї групи зліва час кровотоку для передпліч дещо збільшений. Більші відхилення від норми для амплітуди реограм виявлені у учнів підготовчої групи фізичного виховання.

Кількість учнів з асиметричним кровонаповненням передпліч у підготовчій групі фізичного виховання є більшою, ніж у основній. Зниження кровонаповнення судин передпліч у підлітків, які віднесені до підготовчої групи фізичного виховання, реєструється частіше. У хлопців підготовчої групи фізичного виховання кровонаповнення судин гомілок є гіршим.

Висновки. Виявлено деякі відмінні риси для стану периферичного кровотоку підлітків підготовчої групи фізичного виховання. Так, показники часу швидкого наповнення, амплітуди реограм були нижчими, а часу поширення пульсової хвилі вищими від норми. У більшості підлітків з ослабленим здоров'ям відмічалась асиметрія та зниження кровонаповнення судин верхніх та нижніх кінцівок.

Ключові слова: підлітки, біомеханіка кровотоку, центральна гемодинаміка, периферична гемодинаміка, медичні групи фізичного виховання.

Актуальність. Підлітковий вік зараховують до критичних періодів життя дитини через інтенсифікацію, напруження біологічних і психічних процесів. У період статевого дозрівання погіршується адаптація до різноманітних середовищних чинників, у тому числі до фізичних навантажень, психо-емоційних стресів [6]. Здоров'я підлітків повинне оцінюватися не тільки за їхніми морфометричними показниками, але і функціональним станом основних органів та систем, які забезпечують адаптаційний резервний потенціал. Рівень резервних можливостей організму оцінюють насамперед за показниками функцій серцево-судинної та дихальної систем [4].

Ціль: оцінити функціональні можливості серцево-судинної системи організму підлітків за біомеханічними показниками кровообігу.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

У дослідженні брали участь 272 підлітки віком 13-14 років (176 хлопців і 96 дівчат). Серед хлопців – 104 учні основної медичної групи з фізичного виховання й 72 – підготовчої (2 група здоров'я). Серед дівчат було 48 школярів основної та 48 – підготовчої групи. Для вивчення біомеханічних параметрів серцево-судинної системи використано результати реографії за Кубічеком [1, 2, 10] та реовазографії [2, 9]. Ці методики дають

можливість оцінити стан центральної та периферичної гемодинаміки. Відповідні дослідження проведені на базі лабораторії медичної біології та лабораторної діагностики Волинського національного університету імені Лесі Українки з використанням комплексу «Аскольд». Отримані результати оцінювали за допомогою методів математичної статистики з використанням програми MedStat (Лях Ю.Є., 2006) [8]. Участь у дослідженні підлітків та використання даних їх медичних карток було добровільним та відбувалася з письмової згоди батьків. Дослідження виконані з дотриманням основних положень «Правил етичних принципів проведення наукових медичних досліджень за участю людини», затверджених Гельсінською декларацією (1964-2013 рр.), ICH GCP (1996 р.), Директиви ЄЕС № 609 (від 24.11.1986 р.), наказів МОЗ України № 690 від 23.09.2009 р., № 944 від 14.12.2009 р., № 616 від 03.08.2012 р.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Результати реографії за Кубічеком [2] не виявили статистично значимих відмінностей між

більшістю показників центральної гемодинаміки учнів підготовчої та основної груп фізичного виховання (табл. 1, 2).

У хлопців-підлітків з ослабленим здоров'ям більшість реографічних показників при цьому незначно відрізнялися від норми. Найбільш відхиленнями від норми були показники загального периферичного опору (ЗПО), об'ємної швидкості викиду (ОШВ) та потужності лівого шлуночка: перші два – були збільшеними, а третій – знижений.

Для дівчат-підлітків з підготовчої групи фізичного виховання намічається подібна тенденція: ОШВ, N та, крім того, витрати енергії (ВЕ) є нижчими від норми, а питомий периферичний опір (ППО) – дещо вищим. А оскільки у двох випадках суттєвої різниці між показниками центрального кровотоку учнів підготовчої та основної медичних груп фізичного виховання груп не виявлено, то це, на нашу думку може бути свідченням недостатньо ґрунтовного обстеження підлітків при проходженні планових медичних оглядів.

Таблиця 1

Показники центральної гемодинаміки у хлопців-підлітків зі зниженими функціональними можливостями організму

№	Показники	Підготовча група фізичного виховання	Основна група фізичного виховання
1	Частота серцевих скорочень (ЧСС), уд/хв	75,5±3,21	74,10±1,84
		p>0,05	
2	Систолічний об'єм крові (СОК), мл	52,24±3,87	52,74±2,25
		p>0,05	
3	Хвилинний об'єм крові (ХОК), л/хв	3,94±0,35	4,12±0,32
		p>0,05	
4	Об'ємна швидкість викиду (ОШВ), л/с	0,17±0,04	0,17±0,03
		p>0,05	
5	Середній динамічний тиск (СДТ), мм рт.ст.	78,24±3,11	76,12±1,27
		p>0,05	
6	Потужність лівого шлуночка, (ПЛШ) Вт	1,85±0,21	1,77±0,13
		p>0,05	
7	Ударний індекс (УІ), мл/м ²	35,01±2,45	34,42±1,47
		p>0,05	
8	Серцевий індекс (СІ), л/хв*м ²	2,55±0,26	2,67±0,21
		p>0,05	
9	Загальний периферичний опір (ЗПО), дин*см ⁻⁵ *с	1799,57±145,54	1648,25±112,45
		p>0,05	
10	Питомий периферичний опір (ППО), дин*см ⁻⁵ *с	1184,01±138,72	1131,45±122,9
		p>0,05	
11	Витрати енергії (ВЕ), Вт/л	10,47±0,37	9,94±0,22
		p>0,05	
12	Тривалість серцевого циклу (ТСЦ), с	0,87±0,03	0,78±0,03
		p>0,05	
13	Амплітуда реограми (АР), мВ	2,31±0,19	2,38±0,17
		p>0,05	

Таблиця 2

**Показники центральної гемодинаміки у дівчат-підлітків
зі зниженими функціональними можливостями організму**

№	Показники	Підготовча група фізичного виховання	Основна група фізичного виховання
1	Частота серцевих скорочень (ЧСС), уд/хв	76,7±3,25	74,76±2,47
		p>0,05	
2	Систолічний об'єм крові (СОК), мл	53,72±2,23	56,13±2,85
		p>0,05	
3	Хвилинний об'єм крові (ХОК), л/хв	4,11±0,26	4,23±0,34
		p>0,05	
4	Об'ємна швидкість викиду (ОШВ), л/с	0,17±0,02	0,17±0,02
		p>0,05	
5	Середній динамічний тиск (СДТ), мм рт.ст.	82,43±1,86	82,78±1,72
		p>0,05	
6	Потужність лівого шлуночка (ПЛШ), Вт	1,87±0,08	2,1±0,11
		p>0,05	
7	Ударний індекс (УІ), мл/м ²	37,89±1,87	36,13±2,93
		p>0,05	
8	Серцевий індекс (СІ), л/хв*м ²	2,83±0,21	2,78±0,23
		p>0,05	
9	Загальний периферичний опір (ЗПО), дин*см ⁻⁵ *с	1617,87±84,7	1652,17±95,2
		p>0,05	
10	Питомий периферичний опір (ППО), дин*см ⁻⁵ *с	1124,13±50,21	1098,76±76,11
		p>0,05	
11	Витрати енергії (ВЕ), Вт/л	10,74±0,27	10,87±0,19
		p>0,05	
12	Тривалість серцевого циклу (ТСЦ), с	0,83±0,04	0,80±0,05
		p>0,05	
13	Амплітуда реограми (АР), мВ	2,91±0,13	2,72±0,15
		p>0,05	

У 81 % хлопців та 72 % всіх дівчат зі зниженими функціональними можливостями організму зареєстровано гіпокінетичний тип кровообігу, еукінетичний – у 19 % та 28 %, відповідно. Така ж закономірність виявлена і для учнів-підлітків, які займаються фізичною культурою в основній групі.

У механізмі формування гіпокінетичного типу кровообігу певну роль можуть відігравати такі фактори, як зменшення скоротливої здатності міокарда, зменшення об'єму циркулюючої крові та кардіопульмонального об'єму. Найімовірнішим механізмом можна вважати зниження активації інотропної функції серцевого м'яза, що може бути пов'язане як із підсиленням парасимпатичних впливів, так і зі зменшенням симпатичного контролю серцевої діяльності. Що стосується об'єму циркулюючої крові, то у формуванні типів гемодинаміки, він не має істотного значення [3, 5, 11].

Отже, у більшості учнів підліткового віку реєструвався гіпокінетичний тип кровообігу.

Незначна кількість статистично вірогідних відмінностей між показниками центральної гемодинаміки учнів зі зниженими функціональними можливостями і здорових однолітків може бути пов'язана з комплексним впливом на їх організм психо-емоційних, соціальних факторів, навчального навантаження, нестачі йоду у питній воді, високої вологості, вживання неякісної харчової продукції і т.д.

Багато уваги приділяється вивченню периферичної гемодинаміки у спортсменів-підлітків різної кваліфікації, при захворюваннях серцево-судинної системи та нечисельні дані про стан гемодинаміки учнів різних підготовчої групи фізичного виховання [12, 13].

За результатами реовазографії, у учнів підготовчої та основної груп фізичного виховання для передпліччя не виявлено істотних відмінностей значення періоду пульсового коливання правосторонньо. Тоді як зліва показники хлопців були нижчими, у дівчат – вищими при p<0,05 (табл. 3, 4).

Таблиця 3

**Показники периферичної гемодинаміки передпліччя у хлопців-підлітків
зі зниженими функціональними можливостями організму**

№	Показники	Права кінцівка		Ліва кінцівка	
		Підготовча група фізичного виховання	Основна група фізичного виховання	Підготовча група фізичного виховання	Основна група фізичного виховання
1	Період пульсового коливання, с	0,858±0,045	0,818±0,039	0,861±0,042	0,811±0,035
		p>0,05		p<0,05	
2	Час швидкого наповнення, с	0,052±0,003	0,061±0,004	0,052±0,004	0,059±0,002
		p>0,05		p>0,05	
3	Час максимального наповнення, с	0,11±0,003	0,11±0,004	0,097±0,005	0,091±0,002
		p>0,05		p>0,05	
4	Час запізнення реохвилі, с	0,169±0,012	0,157±0,006	0,170±0,013	0,158±0,005
		p>0,05		p>0,05	
5	Реографічний коефіцієнт, %	12,1±1,1	12,18±0,25	11,26±1,1	11,71±0,7
		p>0,05		p>0,05	
6	Амплітуда швидкого наповнення, Ом	0,057±0,006	0,064±0,002	0,051±0,005	0,061±0,003
		p>0,05		p<0,05	
7	Реографічний індекс, Ом	0,085±0,005	0,088±0,003	0,066±0,006	0,078±0,005
		p>0,05		p<0,05	

Таблиця 4

**Показники периферичної гемодинаміки передпліччя у дівчат-підлітків
зі зниженими функціональними можливостями організму**

№	Показники	Права кінцівка		Ліва кінцівка	
		Підготовча група фізичного виховання	Основна група фізичного виховання	Підготовча група фізичного виховання	Основна група фізичного виховання
1	Період пульсового коливання, с	0,782±0,04	0,851±0,042	0,774±0,037	0,870±0,005
		p>0,05		p<0,05	
2	Час швидкого наповнення, с	0,048±0,001	0,062±0,001	0,048±0,008	0,056±0,004
		p<0,05		p>0,05	
3	Час максимального наповнення, с	0,103±0,009	0,102±0,008	0,10±0,01	0,12±0,007
		p>0,05		p>0,05	
4	Час запізнення реохвилі, с	0,162±0,003	0,156±0,006	0,172±0,007	0,164±0,005
		p>0,05		p>0,05	
5	Реографічний коефіцієнт, %	13,15±1,23	12,78±1,18	13,61±1,71	12,95±1,32
		p>0,05		p>0,05	
6	Амплітуда швидкого наповнення, Ом	0,07±0,007	0,076±0,002	0,051±0,001	0,067±0,001
		p>0,05		p<0,05	
7	Реографічний індекс, Ом	0,087±0,006	0,097±0,008	0,074±0,008	0,159±0,023
		p>0,05		p<0,05	

Тривалість періоду пульсового коливання гомілок хлопців підготовчої групи фізичного виховання є збільшеною порівняно з показником однолітків, які віднесені до основної групи фізичного виховання. Справа його тривалість становить 0,911±0,042 с і 0,831±0,026 с (p<0,05), зліва – 0,904±0,041 с і 0,826±0,031 с (p<0,05), відповідно (табл. 5). У дівчат зі зниженими функціональними можливостями та їх здорових ровесниць правосторонньо не зафіксовано вірогідно значимих від-

мінностей між цими показниками, лівосторонньо – у учнів підготовчої групи фізичного виховання тривалість періоду пульсового коливання є нижчою: 0,770±0,038 с і 0,850±0,025 с, відповідно (p<0,05) (табл. 6).

Показники часу швидкого наповнення для передпліччя хлопців-підлітків статистично не відрізняються. При цьому у підлітків з ослабленим здоров'ям вони нижчі, порівняно зі здоровими p>0,05 (табл. 3). У дівчат підготовчої групи фізич-

ного виховання справа значення даного параметра є вірогідно нижчим, ніж у основній групі ($p < 0,05$). Зліва проявляється подібна тенденція, але різниця є незначимою: $0,048 \pm 0,008$ с і $0,056 \pm 0,004$ с при $p > 0,05$ (табл. 4). Показники часу швидкого наповнення гомілок, часу максимального кровонаповнення судин верхніх і нижніх кінцівок підлітків зі зниженими функціональними можливостями і їх здорових однолітків дещо різняться (табл. 5, 6).

У хлопців підготовчої групи фізичного виховання час поширення реохвилі справа та зліва дещо більший, ніж у хлопців основної, і становить відповідно $0,169 \pm 0,012$ с і $0,157 \pm 0,006$ с та $0,170 \pm 0,013$ с і $0,158 \pm 0,005$ с. У дівчат-підлітків зліва теж простежується подібна закономірність (табл. 4).

Значення тривалості поширення реографічної хвилі для гомілок хлопців зі зниженими

Таблиця 5

**Показники периферичної гемодинаміки гомілки у хлопців-підлітків
зі зниженими функціональними можливостями організму**

№	Показники	Права кінцівка		Ліва кінцівка	
		Підготовча група фізичного виховання	Основна група фізичного виховання	Підготовча група фізичного виховання	Основна група фізичного виховання
1	Період пульсового коливання, с	$0,911 \pm 0,042$	$0,831 \pm 0,026$	$0,904 \pm 0,041$	$0,826 \pm 0,031$
		$p < 0,05$		$p < 0,05$	
2	Час швидкого наповнення, с	$0,067 \pm 0,009$	$0,065 \pm 0,007$	$0,068 \pm 0,009$	$0,068 \pm 0,007$
		$p > 0,05$		$p > 0,05$	
3	Час максимального наповнення, с	$0,131 \pm 0,009$	$0,129 \pm 0,008$	$0,128 \pm 0,006$	$0,129 \pm 0,005$
		$p > 0,05$		$p > 0,05$	
4	Час запізнення реохвилі, с	$0,282 \pm 0,009$	$0,274 \pm 0,007$	$0,280 \pm 0,011$	$0,271 \pm 0,006$
		$p > 0,05$		$p > 0,05$	
5	Реографічний коефіцієнт, %	$15,09 \pm 1,16$	$15,65 \pm 0,79$	$14,41 \pm 1,31$	$15,40 \pm 0,72$
		$p > 0,05$		$p > 0,05$	
6	Амплітуда швидкого наповнення, Ом	$0,051 \pm 0,004$	$0,059 \pm 0,005$	$0,047 \pm 0,005$	$0,063 \pm 0,003$
		$p > 0,05$		$p < 0,05$	
7	Реографічний індекс, Ом	$0,079 \pm 0,009$	$0,084 \pm 0,006$	$0,074 \pm 0,005$	$0,094 \pm 0,004$
		$p > 0,05$		$p < 0,05$	

Таблиця 6

**Показники периферичної гемодинаміки гомілки у дівчат-підлітків
зі зниженими функціональними можливостями організму**

№	Показники	Права кінцівка		Ліва кінцівка	
		Підготовча група фізичного виховання	Основна група фізичного виховання	Підготовча група фізичного виховання	Основна група фізичного виховання
1	Період пульсового коливання, с	$0,804 \pm 0,061$	$0,829 \pm 0,038$	$0,770 \pm 0,038$	$0,850 \pm 0,025$
		$p > 0,05$		$p < 0,05$	
2	Час швидкого наповнення, с	$0,063 \pm 0,008$	$0,061 \pm 0,003$	$0,059 \pm 0,006$	$0,064 \pm 0,004$
		$p > 0,05$		$p > 0,05$	
3	Час максимального наповнення, с	$0,129 \pm 0,008$	$0,123 \pm 0,005$	$0,121 \pm 0,006$	$0,128 \pm 0,006$
		$p > 0,05$		$p > 0,05$	
4	Час запізнення реохвилі, с	$0,281 \pm 0,011$	$0,275 \pm 0,006$	$0,285 \pm 0,009$	$0,268 \pm 0,005$
		$p > 0,05$		$p < 0,05$	
5	Реографічний коефіцієнт, %	$16,41 \pm 1,12$	$15,4 \pm 1,33$	$15,51 \pm 1,21$	$15,26 \pm 1,02$
		$p > 0,05$		$p > 0,05$	
6	Амплітуда швидкого наповнення, Ом	$0,052 \pm 0,005$	$0,044 \pm 0,002$	$0,049 \pm 0,005$	$0,041 \pm 0,007$
		$p < 0,05$		$p > 0,05$	
7	Реографічний індекс, Ом	$0,084 \pm 0,006$	$0,071 \pm 0,004$	$0,073 \pm 0,008$	$0,067 \pm 0,005$
		$p < 0,05$		$p > 0,05$	

функціональними можливостями і здорових не відрізняються статистично (табл. 5). У дівчат зі зниженими можливостями організму зліва виявлене збільшення часу запізнення реохвилі: $0,285 \pm 0,009$ с проти $0,268 \pm 0,005$ с ($p < 0,05$) (табл. 6).

Не зареєстровано істотних відмінностей між величинами реографічних коефіцієнтів передпліч та гомілок обстежених підлітків (табл. 3-6). Отже, у учнів підготовчої та основної групи фізичного виховання немає статистично значимих відмінностей між станом тону артеріальних судин кінцівок.

Амплітуда швидкого наповнення для реограм передпліч хлопців справа достовірно не відрізняється і дорівнює у підготовчій групі фізичного виховання $0,057 \pm 0,006$ Ом, у основній – $0,064 \pm 0,002$ Ом. Зліва цей показник у хлопців підготовчої групи фізичного виховання є нижчим: $0,051 \pm 0,005$ Ом і $0,061 \pm 0,003$ Ом, $p < 0,05$ (табл. 3). Для дівчат підготовчої групи фізичного виховання відмічена схожа закономірність (табл. 4). Справа цей показник становить у підготовчій групі $0,07 \pm 0,007$ Ом, у основній – $0,076 \pm 0,002$ Ом ($p > 0,05$), зліва $0,051 \pm 0,001$ Ом і $0,067 \pm 0,001$ Ом, відповідно ($p < 0,05$). Більш відхиленими від норми є значення амплітуди швидкого наповнення для передпліч підлітків зі зниженими функціональними можливостями.

Показники амплітуди реограм гомілок хлопців-підлітків з ослабленим здоров'ям і їх здорових ровесників вірогідно не різняться справа, а зліва цей показник нижчий у хлопців з ослабленим здоров'ям: $0,047 \pm 0,005$ Ом і $0,063 \pm 0,003$ Ом при ($p > 0,05$). Показники амплітуди справа у дівчат підготовчої групи фізичного виховання складають $0,052 \pm 0,005$ Ом, у основній – $0,044 \pm 0,002$ Ом ($p < 0,05$), зліва – $0,049 \pm 0,005$ Ом і $0,041 \pm 0,007$ Ом, відповідно (табл. 6). Найбільші відхилення від норми відмічено у показниках амплітуди учнів підготовчої групи фізичного виховання.

Показник реографічного індексу (PI) свідчить про відносну величину пульсового кровонаповнення у певній частині судинної мережі. Показники норми, задані в програмі, для передпліч становлять 0,07-0,10 Ом, для гомілок – 0,08-0,12 Ом. PI передпліч хлопців та дівчат справа істотно не відрізняються, а зліва у учнів підготовчої групи фізичного виховання є нижчим ($p < 0,05$) (табл. 3, 4). Для гомілок хлопців зліва він дещо у учнів підготовчої групи фізичного виховання. У дівчат підготовчої групи фізичного виховання, значення PI є більшими (табл. 5, 6). Таким чином,

на реограмах верхніх та нижніх кінцівок PI був зниженим в учнів підготовчої групи фізичного виховання.

Для визначення симетричності кровонаповнення судин на правій та лівій кінцівках діагностичною є величина коефіцієнта асиметрії (КА). В наукових джерелах визначено, що КА менше 15 % вважається нормою, 15-30 % – дещо збільшеним, 30-60 % – підвищеним, >60 % – значно підвищеним [14].

У 32 % хлопців підготовчої групи фізичного виховання зі зниженими функціональними можливостями організму коефіцієнт асиметрії для передпліч був меншим 15 %, у здорових – таких обстежуваних вдвічі більше. КА в межах 15-30 % зареєстровано у третини підлітків з ослабленим здоров'ям, КА 30-60 % – у 22 % цих учнів. Для передпліч КА кровотоку більше 60 % – у 16 % хлопців-підлітків підготовчої групи фізичного виховання. У дівчат зі зниженими функціональними можливостями організму означені коефіцієнти асиметрії відмічені у 27 %, 32 %, 16 % і 25 % учнів, відповідно. У основній групі фізичного виховання у 42 % дівчат кровонаповнення верхніх кінцівок було симетричним, у близько половини дещо асиметричним (КА – від 15 до 30 %), у 9 % КА були підвищеними.

Що стосується гомілок, то нормальні коефіцієнти асиметрії (менше 15 %) відмічено у 24 % хлопців та 32 % дівчат з ослабленим здоров'ям. Відносна їх норма (до 30 %) у третини цих учнів, у решти КА були підвищеними. Серед здорових однолітків не зареєстровано підвищення КА більше 30 %.

Асиметрія кровонаповнення верхніх кінцівок у 72 % хлопців та 83 % дівчат зі зниженими функціональними можливостями. У здорових підлітків ці частки склали відповідно 45 % та 64 %. У 2/3 підлітків з підготовчої групи фізичного виховання спостерігалась асиметрія S<D типу, у 25 % – D<S- асиметрія. В учнів підготовчої групи фізичного виховання відсоток осіб з відсутністю асиметрії кровотоку є меншим.

Асиметрія кровонаповнення нижніх кінцівок у майже 59 % учнів підготовчої групи фізичного виховання S<D-типом, у 22 % – D<S-типом, у 9 % – відсутня. Серед учнів основної групи фізичного виховання асиметрія виявлена у 35 % хлопців (15 % – S<D, 20 % – D<S) та у 53 % дівчат (23 % та 33 %, відповідно).

За результатами дослідження периферичної гемодинаміки отримано комп'ютерний висновок про стан кровонаповнення судин верхніх та

нижніх кінцівок. Так, для передпліч 43 % хлопців зі зниженими функціональними можливостями організму справа та 62 % зліва кровонаповнення судин було зниженим. Для порівняння, у здорових підлітків ці частки склали 32 % і 43 % (рис. 1).

У дівчат, які віднесені до підготовчої групи фізичного виховання, нормальне кровонаповнення діагностовано лише у 60 % учнів справа, а у їх ровесниць з основної групи відповідно у 90 % справа та 50 % – зліва.

Зниження кровонаповнення судин гомілок справа виявлено у 43 % хлопців підготовчої групи фізичного виховання, у основній – у 27 % учнів; зліва – у 62 % і 43 % (рис. 2). Серед підготовчої групи фізичного виховання дівчат зі зниженим кровонаповненням судин нижніх кінцівок було на 20 % менше, ніж у основній.

Таким чином, у хлопців з ослабленим здоров'ям (підготовча група фізичного виховання) кровонаповнення судин було гіршим, ніж у здорових ровесників. У дівчат кращі результати відмічено серед учнів підготовчої групи фізичного виховання.

Таким чином, між більшою частиною реографічних параметрів учнів підготовчої і основної медичних груп фізичного виховання нами не виявлено статистично значимих відмінностей. Натомість, існують певні відмінні особливості периферичного кровотоку учнів підготовчої групи фізичного виховання (зі зниженими функціональними можливостями). Так, показники часу швидкого наповнення у учнів підготовчої групи фізичного виховання дещо нижчі, ніж у основній групі. У хлопців підготовчої групи фізичного виховання з обох сторін та у дівчат цієї групи зліва час кровотоку для передпліч дещо збільшений. Більші відхилення від норми для амплітуди реограм виявлені у учнів підготовчої групи фізичного виховання.

Кількість учнів з асиметричним кровонаповненням передпліч у підготовчій групі фізичного виховання є більшою, ніж у основній. Зниження кровонаповнення судин передпліч у підлітків, які віднесені до підготовчої групи фізичного виховання, реєструється частіше. У хлопців підготовчої групи фізичного виховання кровонаповнення судин гомілок є гіршим.

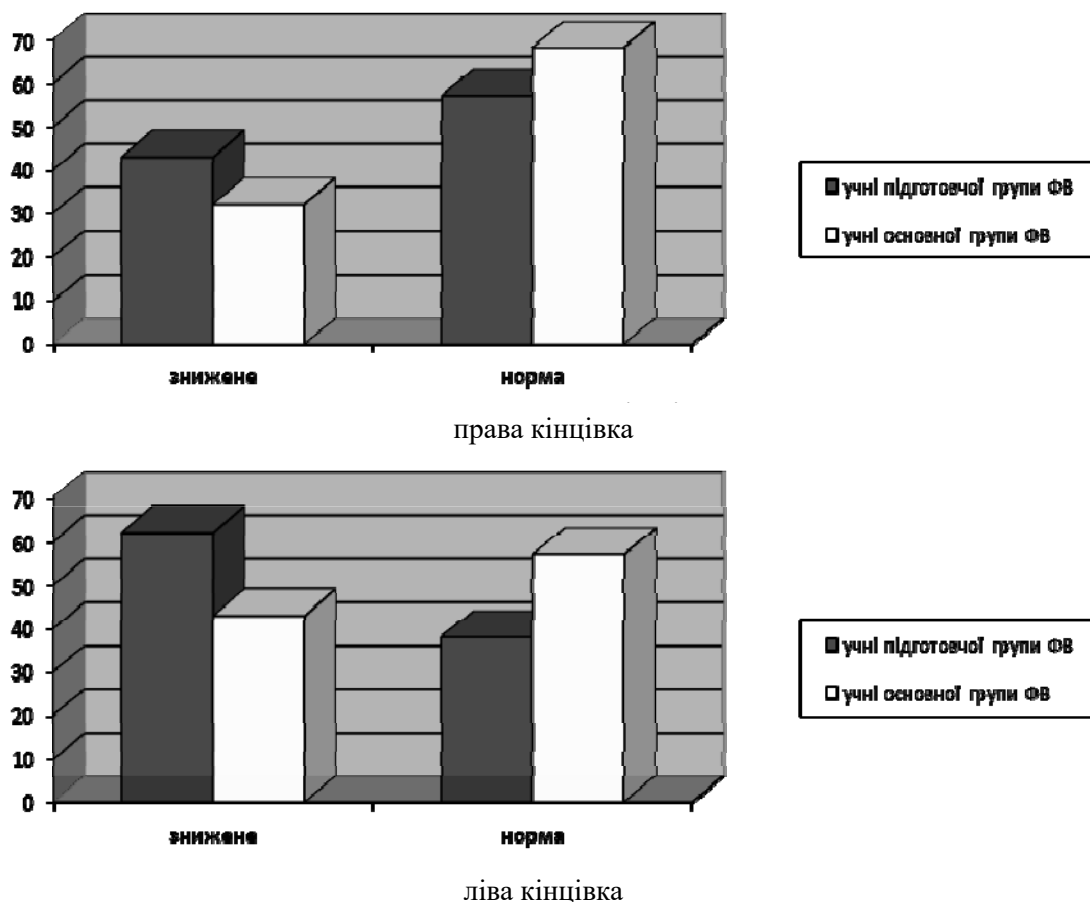


Рис. 1. Стан кровонаповнення судин передпліч у хлопців-підлітків зі зниженими функціональними можливостями організму

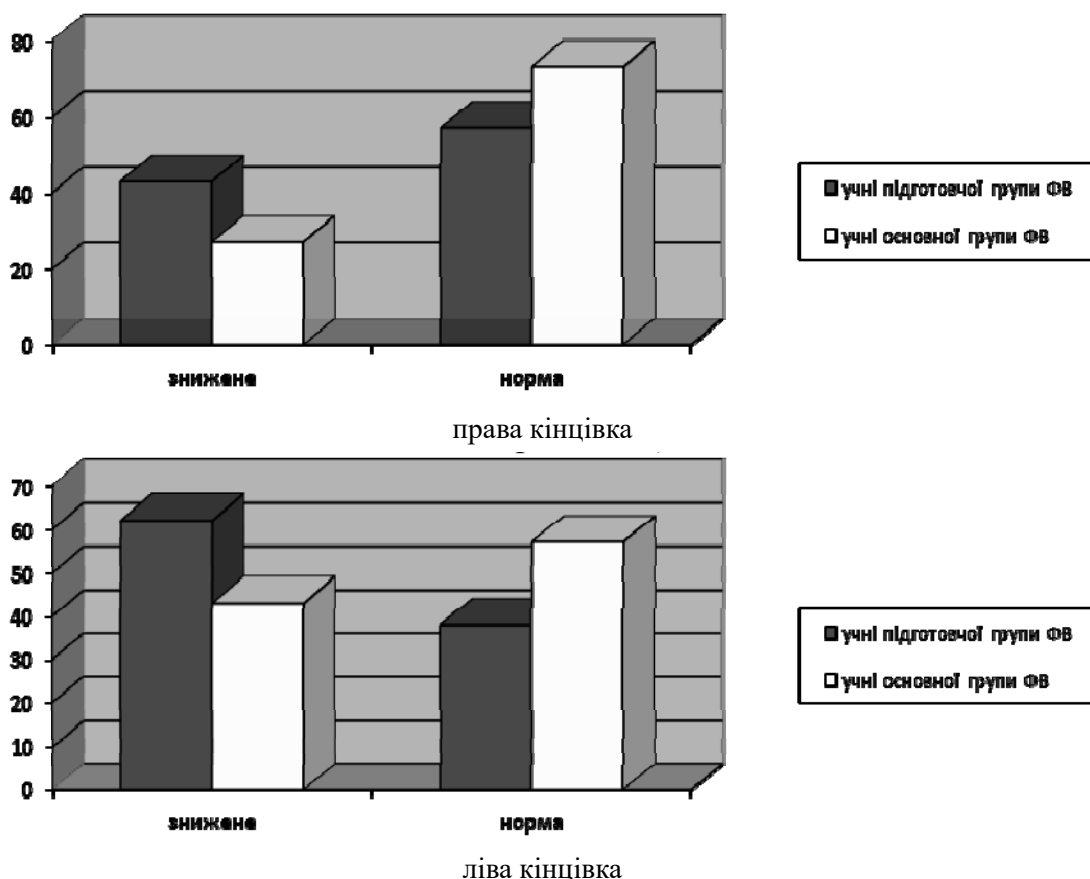


Рис. 2. Стан кровонаповнення судин гомілок у хлопців-підлітків зі зниженими функціональними можливостями організму

Проблеми зі здоров'ям підлітків можуть супроводжуватися розладами діяльності не тільки серцево-судинної, але і дихальної систем, зменшенням життєвої ємності легень, зниженням обміну речовин, появою головного болю, стомленням, зниженням апетиту тощо, відбувається зниження фізіологічних резервів, які порушують адаптаційні можливості організму [7].

ВИСНОВКИ

Виявлено деякі відмінні риси для стану периферичного кровотоку підлітків підготовчої групи фізичного виховання. Так, показники часу швидкого наповнення, амплітуди реограм були нижчими, а часу поширення пульсової хвилі вищими від норми. У більшості підлітків з ослабленим здоров'ям відмічалась асиметрія та зниження кровонаповнення судин верхніх та нижніх кінцівок.

Конфлікт інтересів. Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

Джерела фінансування. Робота виконана відповідно до плану науково-дослідної роботи кафедри фізичної терапії та ерготерапії Волинського національного університету імені Лесі Українки

№ 0119U001190 «Розробка моделей реабілітаційних впливів у фізичній терапії і ерготерапії та оцінка їх ефективності з позицій доказової медицини». Автори не отримали додаткової фінансової підтримки.

REFERENCES

- Albert NM. Bioimpedance cardiography measurements of cardiac output and other cardiovascular parameters. *Critical care nursing clinics of North America*. 2006; 18(2):195-202. DOI: 10.1016/j.ccell.2006.01.008
View at: Publisher Site: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0899588506000098?via%3Dihub>
PubMed: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16728305/>
- Choma W, Jatsuk V. [Zasady budowy i wykorzystania imitatorów bioimpedancji w reografii]. *Zeszyty Naukowe Politechniki Rzeszowskiej. Elektrotechnika*. 2005; 28(223):39-44. [in Polish].
View at: Publisher Site: <https://www.infona.pl/resource/bwmeta1.element.baztech-article-PWA7-0020-0003>

3. Green DJ, Hopman MT, Padilla J, Laughlin MH, Thijssen DH. Vascular Adaptation to Exercise in Humans: Role of Hemodynamic Stimuli. *Physiological Reviews*. 2017; 97(2):495-528. DOI: 10.1152/physrev.00014.2016
View at:
Publisher Site: <https://journals.physiology.org/doi/full/10.1152/physrev.00014.2016>
PubMed: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28151424/>
PubMed Central: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5539408/>
4. Isaev II, Talyibova BV. [Age-dependent dynamics of forming cardiorespiratory system and adaptation potential in children of school age]. *International Medical Journal = Mezhdunarodnyy meditsinskiy zhurnal*. 2010; 3:36-40. [in Russian].
View at:
URL: <http://dspace.nbuv.gov.ua/bitstream/handle/123456789/30577/06-Isayev.pdf?sequence=1>
5. Khapitska OP, Ivanytsia AO, Stefanenko IS, Sarafyniuk LA, Moroz VM. [Changes in rheographic indicators of shin in athletes of different kinds of sports]. *Fiziologichnyi zhurnal*. 2017; 63(1):51-9. [in Ukrainian]. DOI: 10.15407/fz63.01.051
View at:
Publisher Site: <https://fz.kiev.ua/index.php?abs=1350>
PubMed: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29975828/>
6. Kivenko LM, Kravchenko LH, Prokhorova SV, Kravchenko VB, Stoieva TV, Velichko VI, Papinko RM. [The Results of instrumental examination of adolescents cardio-vascular system]. *Transport medicine of Ukraine = Medytsyna transportu Ukrainy*. 2014; 3:22-25. [in Ukrainian]
View at:
Publisher Site: http://www.mztu.com.ua/svizhij_nomer.php?nid=51
URL: <https://repo.odmu.edu.ua/xmlui/bitstream/handle/123456789/4006/Kivenko.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
7. Lukyanova EM. [Medical and pedagogical aspects of children's health protection]. *International Medical Journal = Mezhdunarodnyy meditsinskiy zhurnal*. 2003; 9(3):6-9. [in Russian].
View at:
URL: <http://dspace.nbuv.gov.ua/bitstream/handle/123456789/52624/01-Lukyanova.pdf?sequence=1>
8. Lyah Yu.E, Guryanov VG, Homenko VN, Panchenko OA. [Fundamentals of computer biostatistics: analysis of information in biology, medicine and pharmacy with the statistical package MedStat]. Donetsk: Papakitsa E.K., 2006. 214 p. [in Russian]
9. Mohrman DE, Heller LJ. Cardiovascular Physiology. Duluth, Minnesota: McGraw-Hill. 2014. 276p.
View at:
Publisher Site: https://www.academia.edu/40892486/Cardiovascular_Physiology_Mohrman_8th
10. Paul A. Iaizzo Handbook of Cardiac Anatomy, Physiology, and Devices. Springer International Publishing Switzerland, 2015. 817p. DOI: 10.1007/978-3-319-19464-6
View at:
Publisher Site: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-319-19464-6>
11. Romero SA, Minson CT, Halliwill JR. The cardiovascular system after exercise. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md.: 1985)*. 2017; 122(4):925-932. DOI: 10.1152/jappphysiol.00802.2016
View at:
Publisher Site: <https://journals.physiology.org/doi/full/10.1152/jappphysiol.00802.2016>
PubMed: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28153943/>
PubMed Central: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5407206/>
12. Sitovskiy A, Andriyuk O, Usova O, Yakobson O, Ulianytska N, Tsjupak T. Relationship between the functional reserve of the heart and the physical facility of adolescents of the special medical group. *Medical Science of Ukraine*. 2021; 17(1):83-92. DOI: 10.32345/2664-4738.1.2021.11
View at:
Publisher Site: <https://msu-journal.com/index.php/journal/article/View/269>
13. Shevchuk T, Romaniuk A, Aponchuk L, Usova O., Shevchuk A [The State of the Adolescents' Central Hemodynamics Depending on Sports Specialization]. *Fizychnye vykhovannia, sport i kultura zdorovia v suchasnomu suspilstvi*. 2021; 2(54): 126-132. [in Ukrainian]. DOI: 10.29038/2220-7481-2021-02-126-132
View at:
Publisher Site: <https://sport.vnu.edu.ua/index.php/sport/article/View/2322>
14. Usova O. [Features of Peripheral Hemodynamics at Teenagers of Countrysid]. *Youth scientific bulletin of Lesya Ukrainka East European National University = Molodizhnyi naukovi visnyk Skhidnoievropeys'koho natsional'noho universytetu imeni Lesi Ukrainky*. 2013;10:71-76. [in Ukrainian].
View at:
Publisher Site: <http://sportvisnyk.vnu.edu.ua/index.php/sportvisnyk/article/View/625>

Article history:
Received: 19.08.2022
Revision requested: 29.08.2022
Revision received: 18.09.2022
Accepted: 27.09.2022
Published: 30.09.2022

**BIOMECHANICS OF BLOOD CIRCULATION OF TEENAGERS IN DIFFERENT MEDICAL GROUPS
OF PHYSICAL EDUCATION**

*¹Usova O.V., ¹Sologub O.V., ¹Ulianytska N.Ya., ¹Yakobson O.O., ²Ushko Ia.A.,
¹Sitovskyi A.M., ¹Shevchuk T.Ya.*

¹Lesya Ukrainka Volyn national university, Lutsk, Ukraine

²Bogomolets National Medical University, Kyiv, Ukraine

usova.oksana@vnu.edu.ua

Relevance. The health of teenagers should be assessed not only by their morphometric data, but also by the functional state of the main organs and systems that provide adaptive reserve potential.

Objective. The purpose of our study was to evaluate the functional capabilities of the cardiovascular system of teenagers according to biomechanical indexes of blood circulation.

Methods and materials. 272 teenagers aged 13–14 (176 boys and 96 girls) participated in the study. Among the boys, there are 104 pupils of the basic medical group of physical education and 72 of the preparatory group (2nd health group). There were 48 primary and 48 preparatory group pupils among the girls. The results of Kubicek rheography and rheovasography were used to study the biomechanical parameters of the cardiovascular system. They were evaluated using the methods of mathematical statistics (the MedStat program (Ye. Lyakh, 2006)).

Results. There were no any statistically significant differences between most of the rheovasographic parameters of the students of the preparatory and basic medical groups of physical education. Instead, there are certain distinctive features of the peripheral blood flow of pupils of the preparatory group of physical education (with reduced functional capabilities). Thus, the indexes of the rapid filling timing in the pupils of the preparatory group of physical education are lower than in the main group. In the boys of the preparatory group of physical education on both hands and in the girls of this group on the left hand, the blood flow time for the forearms is slightly increased. Greater deviations from the norm for the amplitude of rheograms were found in pupils of the preparatory group of physical education.

The number of pupils with asymmetric blood supply to the forearms in the preparatory group of physical education is more than in the main group. A decrease in the blood supply of the vessels of the forearms is registered more often in teenagers who are assigned to the preparatory group of physical education. In the boys of the preparatory group of physical education, the blood vessels of the shins are worse.

Conclusions. Some distinctive features for the state of peripheral blood flow of teenagers in the preparatory group of physical education were revealed. Thus, the indexes of the rapid filling timing, the amplitude of the rheograms were lower, and the time of propagation of the pulse wave was higher than normal. Asymmetry and decreased blood flow in the vessels of the upper and lower extremities were noted in most teenagers with impaired h

Key words: teenagers, biomechanics of blood flow, central hemodynamics, peripheral hemodynamics, medical groups of physical education.