

## **ФІЗІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ РЕАКЦІЇ СЕРЦЕВО-СУДИННОЇ СИСТЕМИ У ДІТЕЙ ШКІЛЬНОГО ВІКУ НА ФІЗИЧНЕ НАВАНТАЖЕННЯ**

**М.А. Волков**, здобувач

*Херсонський державний університет*

*Статтю присвячено дослідженню фізіологічних особливостей реакції серцево-судинної системи у дітей шкільного віку на фізичне навантаження з урахуванням статевих вікових відмінностей. Встановлено залежність реакції серцево-судинної системи на фізичне навантаження у школярів з різними типами центральної гемодинаміки від віку та статі.*

**Ключові слова:** діти шкільного віку, системна гемодинаміка, типи кровообігу, фізичне навантаження, фізичний розвиток, фізична працездатність.

**Постановка проблеми.** Темпи фізичного розвитку є важливою характеристикою для оцінки фізичного розвитку дитячого організму. Прискорення або вповільнення цих темпів залежить від комплексу факторів, але якщо показники фізичного розвитку укладаються в границі норми, це свідчить на користь того, що умови росту й розвитку дитини адекватні його функціональним можливостям і особливостям організму. При цьому важливим є взаємозв'язок між фізичним розвитком і типом гемодинаміки дитячого організму.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Виявлення типологічних особливостей гемодинаміки у дітей зумовило появу нового погляду вчених на процеси дослідження системи кровообігу [1-12]. Визначено, що типи кровообігу обумовлюють специфіку реакції організму на ортостатичне і фізичне навантаження.

Незважаючи на безсумнівні успіхи, які досягнуто протягом останніх років в сфері вивчення типів кровообігу, багато питань щодо визначення типологічних особливостей гемодинаміки при фізичному навантаженні потребують уточнення.

**Метою статті** є визначення фізіологічних особливостей реакції серцево-судинної системи у дітей шкільного віку на фізичне навантаження з урахуванням статевих вікових відмінностей.

**Виклад основного матеріалу.** На підставі даних вікових змін приросту таких показників фізичного розвитку, як маса (**m**) і довжина тіла (**H**), окружність грудної клітини (**ОГК**), життєва ємність легень (**ЖЄЛ**), площа поверхні тіла **St**, виявлено вікові групи з найбільшою інтенсивністю збільшення розмірів тіла: для дівчаток – **10, 13, 16** років, а для хлопчиків – **10, 13, 15-16** років. Статеві відмінності чітко виражені за всіма показниками у **16**-річному віці і майже не мають прояву у **10** і **13** років. У **10** років хлопчики випереджають дівчаток за показником **St** ( $p \leq 0,05$ ), а у **16** років – за **H, ОГК, ЖЄЛ**.

Згідно з результатами наших досліджень, у кожній зі статеві-вікових груп обстежених школярів **8-16** років відмічено гіпокінетичний (**ГТК**) та еукінетичний (**ЕТК**) типи кровообігу. Проте не у всіх статеві-вікових групах (хлопчики **9** років, дівчатка **8** і **10** років) нами були виявлені особи із гіперкінетичним типом гемодинаміки (**ГрТК**). Від **8** до **16** років співвідношення кількості дітей з різними типами кровообігу в межах статеві-вікових груп змінюється без чіткої закономірності.

Визначено відмінності між типами кровообігу за показниками фізичного розвитку. При цьому достовірний характер відмінностей між хлопчиками з різними типами гемодинаміки спостерігається у **9, 11, 15, 16** років, між дівчатками – у **12, 14, 16** років.

У періоди інтенсивного росту, які розглянуті вище, відмічається збільшення кількості дітей із **ГТК**, що характеризується найбільшими значеннями антропометричних показників, або зменшення кількості школярів із **ГрТК**. Отже, темпи фізичного розвитку можуть залежати від таких якісних характеристик вибірки груп обстеження, як типи кровообігу.

Достовірне зниження з віком частоти серцевих скорочень (**ЧСС**) виявлено у хлопчиків з **11** років та з **13** років у дівчаток ( $p \leq 0,05$ ). Дівчатка мають достовірно більшу, порівняно з хлопчиками, **ЧСС** у **11-12, 15** років ( $p \leq 0,05$ ). Відмічене вікове зростання ударного та хвилинного об'єму крові (**УОК** та **ХОК**). Достовірно більші значення **УОК** у хлопчиків порівняно з дівчатками спостерігається у **9-10, 16** років ( $p \leq 0,05$ ), протилежна картина спостерігалася у **12** років ( $p \leq 0,05$ ). Достовірно

більші значення ХОК зафіксовані у хлопчиків у 16 років та у дівчаток у 11-12, 15 років ( $p \leq 0,05$ ).

На наш погляд, зміна серцевого індексу (СІ) у школярів від 8 до 16 років, підпорядковується співвідношенню типів кровообігу у кожній статево-віковій групі. Вважається, що особам із ГрТК притаманне виражене збільшення СІ [1]. Так, при збільшенні в середині такої групи кількості дітей із ГрТК або ЕТК серцевий індекс підвищується. При збільшенні питомої ваги школярів із ГТК досліджуваний індекс зменшується.

Нами зафіксовано зниження загального периферичного опору судин (ЗПОС) у період від 8 до 16 років, причому дівчатка мають більш високі значення. Збільшення з віком показників систолічного (САТ), діастолічного (ДАТ), середнього артеріального тиску (СрАТ) відбувається повільно. При цьому достовірні вікові відмінності у дівчаток мають свій прояв не раніше 10 років та у 12 років у хлопчиків. Хлопчики випереджають дівчаток за рівнем САТ, ДАТ, СрАТ. За значеннями пульсового тиску (ПТ) у дітей 8-16 років статевих відмінностей не виявлено.

У стані спокою визначено достовірні відмінності між школярами з різними типами кровообігу за всіма обраними показниками центральної гемодинаміки. Згідно з результатами досліджень деяких авторів, більші тотальні розміри тіла зумовляють збільшення розмірів лівого шлуночка та УОК [7, 11]. Проте, у наших дослідженнях діти із ГТК, яким властивий підвищений рівень фізичного розвитку, мали знижені значення УОК.

Зниження УОК може бути наслідком того, що потужність серцевого скорочення ( $p$ ), показник напруги міокарда (ПН) і швидкість спорожнювання шлуночків ( $V_e$ ) у наших дослідженнях мали більші значення у школярів із ГрТК при найменших значеннях у дітей із ГТК. В наукових працях констатується, що у крові осіб із ГТК вміст кальцію є зниженим [8]. Тому що серцевий м'яз більший за скелетний залежить від позаклітинного вмісту кальцію [1], який збільшує скорочуваність м'яза, та, можливо, наведені дані можуть пояснити зниження швидко-силового характеру міокарда у дітей із ГТК.

Нами визначено більш низькі значення ЧСС та більша тривалість часу вигнання крові (Тв) у школярів із ГТК, що підтверджується спостереженнями за дітьми з надлишковою масою тіла [1] і дорослими із ГТК [9]. Збільшення обсягу позаклітинної рідини у осіб із ГрТК [2] зумовлює зростання швидкості кровотоку, що, у свою чергу, прискорює заповнення передсердь та прискорює биття серця [10], яке спостерігалось у дітей із ГрТК.

Школярі із ГТК, проти ГрТК, характеризуються зниженими значеннями ХОК та СІ, але і більш високими значеннями індексу ефективності роботи серця (ІЕРС).

Даний факт може також зумовлювати підвищення в'язкості крові, яке раніше було виявлене у людей із ГТК. Як свідчать результати наших досліджень, згідно із законом Ома, звуження артеріол зумовлює найбільші значення загального периферичного опору судин у дітей із ГТК.

У науковій літературі містяться дані щодо провідної ролі нирок у довгостроковій підтримці АТ [2]. Відомий факт підвищеної активності ренін-ангіотензинової системи та вазопресину у осіб з ГТК, а також підвищення здатності до реабсорбції води у дітей з надлишковою масою тіла, спрямованої на збереження обсягу циркулюючої крові. У наших дослідженнях вищезазначене може зумовлювати у школярів із ГТК більш високі значення САТ і СрАТ, що підтверджується спостереженнями за дітьми з надлишковою масою тіла. Дослідження свідчать також про те, що для будь-якого типу гемодинаміки чинником підвищення артеріального тиску є збільшення ЗПОС.

Результати наших досліджень показали, що протягом всього часу виконання фізичного навантаження у кожній зі статевовікових груп ЧСС має достовірно більші, проти початкових, значення зі збереженням вікової тенденції до економізації хронотропної функції серця під час фізичного навантаження. У 8, 11-12 та 16-річних дівчат під час виконуваного фізичного навантаження ЧСС перевищує відповідні значення у хлопчиків ( $p \leq 0,05$ ). Отже, адаптація до ФН осіб чоловічої статі 8-16 років відбувається з меншою напрутою функції серця.

Збільшення ЧСС на достовірно більшу, проти попереднього значення, величину на першій хвилині кожного рівня

потужності навантаження притаманне хлопчикам 9, 11, 12, 14, 15 років та дівчаткам 8-11 та 13-16 років. У осіб чоловічої статі 13, 16 років та жіночої статі 12 років підвищення ЧСС відбувалося на перших хвилинах навантаження потужністю 0,5 і 1,0 Вт/кг. Підвищення ЧСС лише на першій хвилині фізичного навантаження притаманне хлопчикам 10 років. У хлопчиків 8 років зростання ЧСС спостерігається на першій хвилині фізичного навантаження потужністю 0,5 та 1 Вт/кг, а також на кожній хвилині третього рівня потужності ( $p \leq 0,05$ ).

Фізичне навантаження (ФН) викликало різноспрямовані зміни УОК у дітей. Під час роботи у групах хлопчиків 8, 12, 14, 15, 16 років та дівчаток 10, 13, 14, 15 і 16 років відбулося збільшення УОК. У осіб чоловічої статі 9-11, 13 років та жіночої статі 9, 11-12 років під час виконання навантаження не спостерігалось достовірне збільшення УОК. Зафіксований так званий серцевосудинний дрейф (K.R. Turley, 1997), тобто зниження УОК від 29,95 до 26,24 мл під впливом фізичного навантаження, у дівчаток 8 років на першій хвилині останнього рівня потужності ( $p \leq 0,05$ ).

Приріст УОК найбільший на першій хвилині навантаження. При цьому як у хлопчиків, так і у дівчаток під час динамічного навантаження зберігається вікова тенденція до зростання УОК ( $p \leq 0,05$ ). Динаміка УОК протягом фізичного навантаження має чіткі статеві відмінності, виявлені для груп школярів 8, 12, 16 років, коли під час фізичного навантаження у хлопчиків УОК перевищує відповідні значення у дівчаток ( $p \leq 0,05$ ). Під час ФН у хлопчиків не спостерігалось зниження систолічного викиду, а також епізодичної активізації інотропного механізму, притаманних дівчаткам. У дівчаток же яскраво спостерігається вікова залежність, коли від 8 до 16 років відбувається епізодична активізація інотропного механізму.

У всіх випробуваних протягом велоергометричного навантаження зареєстровано підвищення ХОК. При цьому абсолютні значення ХОК під час навантаження підпорядковуються віковій тенденції зростання. Найбільші значення приросту ХОК проти попереднього функціонального стану спостерігаються

на першій хвилині ФН і часто перевищують 50%. Статеві відмінності в реакції ХОК на фізичне навантаження виявлено у групах школярів **8, 15, 16** років ( $p \leq 0,05$ ), коли під час фізичного навантаження у хлопчиків ХОК перевищує відповідні значення у дівчаток ( $p \leq 0,05$ ). У віці **11** років також виявлено статеві відмінності в реакції ХОК на ФН, які полягають у достовірно більших значеннях у дівчаток.

У результаті впливу фізичного навантаження у школярів з різними типами кровообігу відбувається зростання скорочувальної функції (**Ad**) міокарда, а також зменшення тривалості періоду вигнання крові (**Tv**). Відсутня єдина для всіх статеві-вікових груп залежність величини **Ad** від типу гемодинаміки, тому що у дітей з різними типами кровообігу під час навантаження спостерігаються підвищені значення скорочувальної функції міокарда. Час вигнання крові, навпаки, має у всіх статеві-вікових групах підвищені значення у дітей із ГТК.

Таким чином, при ФН у школярів із ГТК УОК збільшується не лише за рахунок підвищення скорочувальної функції серця, але і за рахунок більшого, порівняно з іншими типами гемодинаміки, часу вигнання крові зі шлуночків, тоді як у дітей із ГрТК і ЕТК скорочувальна функція міокарда збільшується, а час вигнання крові значно скорочується.

При ФН у хлопчиків **11, 14, 16** та дівчаток **9, 12, 14** років із ГрТК ЧСС є вищим. Також під час навантаження хлопчикам **10, 13** та дівчаткам **15, 16** років з ЕТК притаманні більші, порівняно з іншими типами гемодинаміки, значення ЧСС. Не виявлено достовірних відмінностей між типами кровообігу за частотою скорочень серця у віці **8, 9, 12, 15** років у хлопчиків і **8, 10, 11, 13** років у дівчаток. Отже, особам із ГТК властиві найменші значення, порівняно з іншими типами ЧСС.

При фізичному навантаженні у осіб кожного з типів кровообігу може значно збільшуватися систолічний викид, тоді як зниження УОК нижче початкових значень притаманне дівчаткам з ЕТК і ГрТК. При цьому під час фізичного навантаження у хлопчиків у віці **10, 12, 15** років і у дівчаток **9, 10, 11, 15** років між типами кровообігу не виявлено відмінностей

за УОК. Хлопчики 8 і 11 років та дівчатка 13 років з ЕТК під час навантаження мають найбільші значення УОК порівняно з дітьми інших типів гемодинаміки. Особи чоловічої статі 9, 14, 16 років та жіночої статі 8, 12 років із ГТК також демонструють найбільші, серед типів кровообігу, значення систолічного викиду. Під час фізичного навантаження хлопчикам 13 років та дівчаткам 14 16 років із ГрТК також притаманні високі значення УОК.

При динамічному навантаженні, серед типів кровообігу, ХОК має найбільші значення у дівчаток 14, 16 років та хлопчиків 13 років із ГрТК, а також у хлопчиків 8, 10, 11, 16 років і дівчаток 13 років з ЕТК. Під час фізичного навантаження у осіб чоловічої статі віком 9, 12, 14, 15 років та жіночої статі віком 8-12, 15 років за показником хвилинного об'єму крові між типами кровообігу не знайдено достовірних відмінностей.

Таким чином, під час фізичного навантаження у дітей 8-16 років ЧСС, УОК, ХОК не властива чітка закономірність змін залежно від типу гемодинаміки, оскільки у різних статеві-вікових групах найбільші значення зазначених вище показників були зафіксовані у дітей або із ГТК, або із ГрТК, або з ЕТК.

**Висновки.** В результаті дослідження функціонування серцево-судинної системи доведено необхідність врахування типів кровообігу при розгляді вікової динаміки не лише показників системи кровообігу, але і фізичного розвитку.

Школярі з гіпокінетичним типом кровообігу випереджають дітей з іншими типами гемодинаміки за показниками фізичного розвитку та фізичної працездатності, а також їм властива відносна брахіморфність і надлишкова маса тіла. У дітей з гіпокінетичним типом гемодинаміки спостерігаються підвищені значення систолічного та середнього артеріального тиску.

В умовах спокою у дітей з гіперкінетичним типом гемодинаміки частота і потужність скорочення серця, показник напруги міокарда, швидкість спорожнювання шлуночків більші, а індекс ефективності роботи серця та час вигнання крові менші порівняно зі школярами інших типів гемодинаміки.

Збільшення систолічного викиду під час фізичного навантаження зафіксовано у хлопчиків 12 років та дівчаток 16 років з гіперкінетичним типом гемодинаміки, у хлопчиків 8, 11-12, 14, 16 років та дівчаток 10, 13-16 років з еукінетичним типом, у хлопчиків 8-9, 11, 13-16 років і дівчаток 8-10, 12, 15-16 років з гіпокінетичним типом кровообігу. Під час навантаження дівчаткам 9, 11 років з гіперкінетичним типом гемодинаміки і дівчаткам 8 років з еукінетичним типом притаманне зниження ударного об'єму крові проти початкових величин.

У школярів з гіпокінетичним типом гемодинаміки під час фізичного навантаження систолічний викид збільшується не лише за рахунок збільшення скорочувальної функції міокарда, але і за рахунок більшого часу вигнання крові порівняно з дітьми гіпер- і еукінетичного типів кровообігу.

Список використаних джерел:

1. Абзалов Р. А. Механизмы регуляции функций сердца развивающегося организма в условиях различных двигательных режимов / Р. А. Абзалов // Растущий организм. Адаптация к физической и умственной нагрузке : тезисы Всероссийской науч. конференции. — Казань : КГПИ, 1994. — С. 3—5.
2. Алишин И. И. Нормальные показатели спиреоэргометрии у лиц молодого возраста / И. И. Алишин // Кардиология. — 1989. — Том. 29, № 5. — С. 52—56.
3. Состояние системы кровообращения учащихся старших классов общеобразовательной школы в процессе учебной деятельности / Г. Ф. Беренштейн, М. Н. Нурбаева, А. Г. Караваев та ін. // Гигиена и санитария. — 1988. — № 9. — С. 80.
4. Вульфсон И. Н. Возрастные особенности некоторых показателей гемодинамики здоровых детей / И. Н. Вульфсон // Вопросы охраны материнства и детства. — 1967. — № 8. — С. 9.
5. Вульфсон И. Н. Тетраполярная реография в исследовании ударного объема сердца у детей / И. Н. Вульфсон // Педиатрия. — 1977. — Том. 4. — С. 57.
6. Еремеев В. Я. Адаптивные реакции сердечно-сосудистой системы старших школьников на дозированную физическую нагрузку / В. Я. Еремеев, Н. П. Горбунов, Л. Д. Калашникова // Адаптивные реакции организма старших школьников к физическим и умственным нагрузкам : Межвузовский сб. науч. тр. — Пермь : ПГПИ, 1990.
7. Иванова Н. В. Характеристика гемодинамических типов кровообращения у здоровых детей / Н. В. Иванова // Вопросы охраны здоровья материнства и детства. — 1988. — № 3. — С. 3—5.
8. Значение гомеостатической функции почек в формировании типов гемодинамики у детей в препубертатном периоде / М. Д. Карвэ, О. В. Катышева, И. В. Виноградова та ін. // Физиология человека. — 1989. — Том. 15, № 6. — С. 93.
9. Матвеев А. П. Особенности кислородного обеспечения у мальчиков и девочек 7-16 лет при максимальной физической нагрузке / А. П. Матвеев, А. Ф. Минаева // Возрастные особенности физиологических систем детей и подростков : тезисы IV Всесоюзной конференции. — М. : АПН СССР, 1990. — С. 186—187.
10. Осколкова М. К. Возрастная динамика основных функциональных показателей системы кровообращения у здоровых детей / М. К. Осколкова, И. Н. Вульфсон // Физиология человека. — 1978. — Том 4, № 4. — С. 723—733.



11. Хрущев С. В. Взаимосвязь биологического возраста с морфофункциональными особенностями детей и подростков / С. В. Хрущев, И. И. Бахрах, Р. Н. Дорохов // Педиатрия. — 1980. — № 12. — С. 3—5.
12. Шапошников Е. А. Об индивидуальной и групповой оценке физического развития детей и подростков / Е. А. Шапошников // Педиатрия. — 1974. — № 12. — С. 55—59.

***М.А. Волков. Физиологические особенности реакции сердечно-сосудистой системы у детей школьного возраста на физическую нагрузку.***

*Статья посвящена исследованию физиологических особенностей реакции сердечно-сосудистой системы у детей школьного возраста на физическую нагрузку с учетом половозрастных различий. Установлена зависимость реакции сердечно-сосудистой системы на физическую нагрузку у школьников с различными типами центральной гемодинамики от возраста и пола.*

***M.A. Volkov. The physiological features of cardio vascular diseases' influence on the physical activity of pupils.***

*The article is devoted to the study of the cardiovascular system's physiological characteristics and its influence on the school children after the physical activity, taking into account the gender and age differences. It is established that there is a dependence of the cardiovascular system and its reaction to the physical activity of the school children with the different types of central hemodynamic on their age and gender.*