

УДК 796.012.37: 616.717/718

## КРОВОПОСТАЧАННЯ М'ЯЗІВ НИЖНІХ КІНЦІВОК У ПРЕДСТАВНИКІВ ЦИКЛІЧНИХ ВИДІВ СПОРТУ

О. МАЙДАНЮК, Л. КОЛОДЯЖНА

*Державний науково-дослідний інститут фізичної культури і спорту.*

**Анотація.** Кровообіг м'язів нижніх кінцівок у представників циклічних видів спорту. Державний науково-дослідний інститут фізичної культури і спорту.

Дослідження довгострокових адаптаційних перебудов кровообігу м'язів у представників циклічних видів спорту (біг на середні та довгі дистанції, лижні перегони) виявило вірогідні ( $p \leq 0,05$ ) відмінності кровопостачання м'язів нижніх кінцівок залежно від статі, спеціалізації та рівня кваліфікації.

**Ключові слова:** адаптація, статеві відмінності, кровопостачання м'язів, біг на середні та довгі дистанції, лижні перегони.

**Постановка проблеми, аналіз останніх досліджень і публікацій.** Ефективність спортивної діяльності представників видів спорту, пов'язаних із проявом витривалості першочергово обумовлена ефективністю функціонування системи транспорту кисню. Система транспорту кисню (або кардіореспіраторна система) складається з трьох складових: серцево-судинна система, дихальна система та система крові (транспорт крові). Кожний елемент даної системи може лімітувати транспорт кисню при максимальному фізичному навантаженні, коли споживання кисню може сягати  $70-80 \text{ мл} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{хв}^{-1}$ , а в окремих випадках до  $94 \text{ мл} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{хв}^{-1}$ , тобто перевищувати стан спокою в 27 разів. В той же час, саме система кровообігу являється головним чинником, що лімітує споживання кисню [2, 7].

В переважній більшості випадків при дослідженні механізмів, що лімітує споживання кисню, основна увага приділяється насосній функції серця, оскільки, відомо, саме величина серцевого викиду є головним детермінантом транспорту кисню в час фізичного навантаження [1, 4, 5]. Разом із тим, кровообіг в капілярах може суттєво впливати на транспорт кисню до мітохондрій міофібрил, оскільки транспорт кисню еритроцитом до мітохондрій міофібрил залежить певною мірою від швидкості диссоціації оксигемоглобіну, а отже – від тривалості знаходження (перебування) еритроциту в капілярі м'яза [4, 5]. Так, при значному прискоренні кровотоку в капілярному руслі, віддача кисню зменшується, в наслідок чого зменшується і артеріовенозна різниця кисню [1, 5].

Слід зазначити, що за даними сучасних дослідників [1, 3-7], для спортсменів, тренуються на розвиток витривалості, прискорення капілярного кровотоку під час фізичного навантаження на рівні МСК менш виражено в порівнянні з нетренованою людиною або представниками інших видів спорту (швидкісно-силові, складно-координаційні та інші). Цей факт може бути обумовлений значно більшими як щільністю капілярів м'язів, так і більшою загальною кількістю капілярів. За результатами сучасних дослідників [4, 5, 6] більші величини МСК притаманні саме спортсменам, для яких характерні більші значення регіонарного кровотоку (м'язів нижніх кінцівок). Заслужує на увагу той факт, що більші значення регіонарного кровотоку були зареєстровані у спортсменів як в стані спокою, так і при виконанні фізичного навантаження. Зазначені факти свідчать про важливу роль, яку може відігравати відповідне кровопостачання активних м'язів у забезпеченні високого МСК, а отже, і резервних можливостей збільшення споживання кисню при виконання фізичних навантажень максимальної інтенсивності.

Очевидно, що система периферичних судин може відігравати і важливу роль у розвитку пристосувальних реакцій під впливом тренувальних навантажень. В той же час дотепер характер адаптивних зрушень в системі периферичного кровообігу під вплив

тренувальних навантажень в залежності від періоду підготовки та виду спорту вивчено достатньо. Незважаючи на те, що адаптація організму спортсмена до тренувальних та змагальних навантажень є чи не найголовнішим чинником, що обумовлює прогрес у підготовці спортсмена, та що саме серцево-судинна система є лімітуючим фактором можливості поступового збільшення тренувальних навантажень, залишається очевидною необхідність вивчення ознак достатньої адаптації та її порушень залежно від виду спорту та періоду підготовки спортсмена. Недостатньо з'ясовані межі адаптаційних зрушень, їх зворотність, чи не зворотність з урахуванням терміну відновлення, характеру тренувальних навантажень залежно від спеціалізації.

**Мета** – дослідження впливу тренувальних та змагальних навантажень на функціональний стан периферичного кровообігу (кровообіг м'язів кінцівок) кваліфікованих спортсменів, які спеціалізуються в циклічних видах спорту

#### **Методи та організація дослідження.**

Дослідження функціонального стану кровообігу м'язів кінцівок провадили за допомогою методу реовазографії (ReoCom Medic XAI).

Реєстрували гемодинамічні показники які характеризують основні складові кровообігу м'язів: дікротичний індекс (ДКІ, %), діастолічний індекс (ДСІ, %) – які характеризують рівень тонічної напруги артеріол та венул; тонус артерій великого діаметру (ТАВД, у.о.), тонус артерій малого та середнього діаметру (ТАСД, у.о.), пульсовий об'єм крові (ПОК, мм<sup>3</sup>), хвилинний об'єм крові (ХОК, мм<sup>3</sup>·хв<sup>-1</sup>), питоме кровонаповнення (ПВ.Н. %), а також деякі інші. Також вимірювали об'єм гомілок (см).

Дослідження провадилось за участю кваліфікованих спортсменів (n=86), які спеціалізуються в циклічних видах спорту: лижні перегони (n=48, в тому числі 10 майстрів спорту міжнародного класу, 18 майстрів спорту, 20 – кандидати в майстри спорту, серед яких 15 жінок і 23 чоловіків); в циклічних видах легкої атлетики (n=38, в тому числі 18 майстрів спорту міжнародного класу, 18 майстрів спорту, 13 – кандидати в майстри спорту, серед яких 18 жінок та 20 чоловіків).

Досліджування здійснювались як в лабораторних умовах (на базі ДНДІФКіС), так і в умовах навчально-тренувального збору (контрольно-підготовчий мезоцикл).

Отримані дані оброблялись за допомогою методів математичної статистики. Розраховувались такі статистичні параметри як: середнє арифметичне значення ( $\bar{X}$ ), стандартне відхилення ( $\sigma$ ), похибка середнього ( $\pm m$ ), коефіцієнт парної кореляції Брауера; вірогідність відмінностей розраховувалась за критерієм Стьюдента ( $p \leq 0,05$ ).

**Результати дослідження та їх обговорення.** В результаті аналізу отриманих в дослідженні даних було встановлено, що у представників циклічних видів спорту під впливом тренувальних та змагальних навантажень збільшується кровопостачання м'язів кінцівок пульсовий об'єм крові, що надходить до м'язів нижніх кінцівок в середньому становить  $7,1 \pm 0,6$  мм<sup>3</sup> у жінок та  $8,8 \pm 0,8$  мм<sup>3</sup> у чоловіків), зменшується тонус магістральних артерій.

Дослідження основних складових кровообігу м'язів нижніх кінцівок (тонус судинного діаметру та рівень кровопостачання) у спортсменів, які спеціалізуються в циклічних видах спорту, дозволило виявити певні особливості довгострокових адаптаційних зрушень периферичної гемодинаміки в залежності від спеціалізації, статі та рівню функціональної кваліфікації.

Як видно з даних, представлений на таблиці 1, найбільший рівень кровопостачання м'язів нижніх кінцівок серед представників циклічних видів спорту виявлено у спортсменів, які спеціалізуються в лижних перегонах (пульсовий об'єм крові, що надходить до м'язів правої та лівої гомілок становить  $7,1$  мм<sup>3</sup> у жінок та  $9,2$  мм<sup>3</sup> у чоловіків).

Даний факт заслуговує на увагу оскільки за даними сучасних досліджень [1] найбільший рівень максимального споживання кисню (як за середніми, так і за абсолютними значеннями) притаманний саме представникам лижних перегонів. Так, найбільші значення  $\dot{V}_{O_2}$  зареєстровані саме у представників лижних перегонів, які становлять  $65-95$  мл·кг<sup>-1</sup>·хв<sup>-1</sup> для чоловіків та  $60-75$  мл·кг<sup>-1</sup>·хв<sup>-1</sup> для жінок [1].



Таблиця 1

**Середні величини ( $X \pm m$ ) показників м'язового кровообігу  
у представників циклічних видів спорту (n=86)**

Гемодинамічний показник		Легка атлетика (n=38)		Лижні перегони (n=48)	
		Ч	Ж	Ч	Ж
Питоме кровонаповнення, %	П*	0,118 $\pm 0,003$	0,085 $\pm 0,003$	0,126 $\pm 0,004$	0,102 $\pm 0,003$
	Л	0,096 $\pm 0,003$	0,081 $\pm 0,004$	0,126 $\pm 0,004$	0,101 $\pm 0,003$
Пульсове кровонаповнення, мл	П	7,1 $\pm 0,3$	6,2 $\pm 0,2$	9,2 $\pm 0,4$	7,1 $\pm 0,3$
	Л	7,0 $\pm 0,4$	5,9 $\pm 0,3$	9,2 $\pm 0,4$	7,1 $\pm 0,2$
Хвилине кровонаповнення, $\text{мм}^3 \cdot \text{хв}^{-1}$	П	416,2 $\pm 14,5$	391,1 $\pm 17,1$	498,9 $\pm 16,8$	438,6 $\pm 20,4$
	Л	406,1 $\pm 16,0$	377,1 $\pm 13,9$	5,6 $\pm 15,5$	435 $\pm 18,9$
Тонус артерій великого діаметру, у.о.	П	0,75 $\pm 0,03$	0,79 $\pm 0,04$	0,76 $\pm 0,03$	0,8 $\pm 0,04$
	Л	0,76 $\pm 0,02$	0,79 $\pm 0,03$	0,77 $\pm 0,03$	0,8 $\pm 0,05$
Тонус артерій середнього діаметру, у.о.	П	0,5 $\pm 0,02$	0,45 $\pm 0,04$	0,64 $\pm 0,03$	0,56 $\pm 0,05$
	Л	0,5 $\pm 0,02$	0,46 $\pm 0,02$	0,64 $\pm 0,04$	0,55 $\pm 0,04$
Дикротичний індекс, %	П	13,4 $\pm 2,8$	16,0 $\pm 3,5$	21,9 $\pm 5,0$	29,6 $\pm 2,5$
	Л	9,5 $\pm 3,0$	12,0 $\pm 4,4$	24,3 $\pm 4,2$	24,0 $\pm 3,0$
Діастолічний індекс, %	П	41,6 $\pm 4,0$	50,8 $\pm 3,8$	35,3 $\pm 3,2$	40,6 $\pm 4,5$
	Л	31,0 $\pm 5,2$	48,0 $\pm 4,8$	38,4 $\pm 3,3$	33,2 $\pm 2,9$
Частота серцевих скорочень, $\text{уд} \cdot \text{хв}^{-1}$ *		56,2 $\pm 3,1$	61,3 $\pm 3,3$	55,0 $\pm 2,9$	56,6 $\pm 2,6$

Примітки:

1. П – права нижня кінцівка,
2. Л – ліва нижня кінцівка.

У результаті проведеного дослідження виявлені вірогідні ( $p \leq 0,05$ ) відмінності кровопостачання м'язів нижніх кінцівок в залежності від статі, так середні значення пульсового об'єму крові, що надходить до м'язів правої та лівої гомілок відповідно становить  $6,6 \pm 0,4 - 6,2 \pm 0,3 \text{ мм}^3$  у жінок та  $7,8 \pm 0,3 - 7,7 \pm 0,3 \text{ мм}^3$  у чоловіків. Слід зазначити, що об'єм гомілок у чоловіків вірогідно ( $p \leq 0,05$ ) більший ніж у жінок ( $36,4 \pm 34,8 \text{ см}$ , відповідно).

Також виявлені вірогідні відмінності ( $p \leq 0,05$ ) величин ряду показників кровообігу м'язів гомілок у представників лижних перегонів в залежності від рівня спортивної кваліфікації. Для більш кваліфікованих спортсменів (майстри спорту та майстри спорту міжнародного класу) характерним є *більший рівень* кровопостачання м'язів гомілок в порівнянні з кандидатами у майстри спорту. Так, величини пульсового об'єму крові (ПОК, мл) що надходить до м'язів гомілок у більш кваліфікованих спортсменів вірогідно перевищує

цих показників у кандидатів у майстри спорту ( $8,7 \pm 0,4$  –  $8,5 \pm 0,4$  мл – у майстрів спорту міжнародного класу та майстрів спорту та  $7,1 \pm 0,6$  –  $7,1 \pm 0,6$  мл – у кандидатів у майстри спорту). Збільшення пульсового об'єму крові супроводжується збільшенням хвилиного об'єму крові ( $484,0 \pm 18,9$  –  $473,0 \pm 18,2$  мл·хв<sup>-1</sup> – у майстрів спорту міжнародного класу та майстрів спорту та  $433,0 \pm 28,9$  –  $437,0 \pm 27,6$  мл·хв<sup>-1</sup> – у кандидатів у майстри спорту).

Таким чином, пристосувальні перебудови кровообігу м'язів нижніх кінцівок у представників циклічних видів спорту супроводжуються зменшенням тонуусу артерій великого діаметру, що, в свою чергу, призводить до збільшення об'єму крові, що надходить до м'язів гомілок відбувається за рахунок збільшення пульсового об'єму крові. Збільшенням рівню спортивної кваліфікації спортсменів, які спеціалізуються в лижних видах, збільшується кровопостачання м'язів гомілок.

### Висновки

Довгострокові адаптаційні зміни кровообігу м'язів нижніх кінцівок у представників циклічних видів спорту супроводжуються зменшенням тонуусу артерій великого діаметру, збільшенням пульсового об'єму крові, що надходить до даної судинної ділянки.

Кровопостачання м'язів кінцівок у представників циклічних видів спорту відображає залежність від рівня спортивної кваліфікації: величини пульсового (ПОК, мл) та хвилиного об'єму крові (ХОК, мл·хв<sup>-1</sup>), що надходять до м'язів гомілок, у більш високих спортсменів (майстри спорту та майстри міжнародного класу) вірогідно вище, ніж у кандидатів у майстри спорту.

Кровопостачання м'язів нижніх кінцівок у чоловіків вірогідно більше ніж у жінок: пульсовий об'єм крові, що надходить до м'язів нижніх кінцівок у чоловіків становить  $8,8 \pm 0,8$  мл, у жінок –  $6,7 \pm 0,8$  мл).

Функціональний стан м'язового кровообігу є інформативним критерієм для діагностики коротко-, середньо- та довгострокових адаптаційних перебудов та може бути використаний для етапного та поточного контролю з метою підвищення ефективності підготовки спортсменів високої кваліфікації, які спеціалізуються в циклічних видах спорту.

### Список літератури

1. Дж. Х. Уилмор, Д. Л. Костилл Физиология спорта и двигательной активности. – К.: Олимпийская литература. – 1997. – 502 с.
2. Карпман В. Л. Сердечно-сосудистая система и транспорт кислорода при физической работе. // Клинико-физиологические характеристики сердечно-сосудистой системы у спортсменов Юбилейный сборник. – М.: Валери. – 1994. – С. 12-41.
3. Радченко А. С., Борилкевич В. Е., Зорин А. И. Оценка эффективности адаптивной тренировки при циклической мышечной работе // Теория и практика физической культуры. – 2006. – № 2. – С. 5-9.
4. Горевский В. И. Влияние композиции трехглавой мышцы голени на изменение кровоснабжения и капилляризации, произошедшие в результате аэробной тренировки // Горевский В. И., Беляев Ф. П., Шенкман Б. С. // Физиология мышечной деятельности: Тез. докл. Междунар. конф. – М.: 2000 – С. 151-152.
5. Горевский В. И., Литвак А. Л. Взаимосвязь между потреблением O<sub>2</sub> и кровоснабжением сокращающихся мышц при работе разной мощности у лиц, тренирующихся аэробную выносливость // Теория и практика физической культуры. 2006. – № 4. – С. 49-54.
6. Richard L. Macsh, David J. Ellerby Partitioning locomotors energy use among and between muscles. Muscle blood flow as a measure of muscle oxygen consumption // Journal of Experimental Biology. – 2006. – V. 209. – P. 2385-2394.
7. Robert A. Augustyniak and other. Cardiovascular responses to exercise and muscle metabolic activation during the recovery from pacing-induced heart failure // J Appl Physiol. – 2006. – № 1. – P. 14-22.



## КРОВосНАБЖЕНИЕ МЫШЦ НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ В ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ ЦИКЛИЧЕСКИХ ВИДОВ СПОРТА

О. МАЙДАНИУК, Л. КОЛОДЯЖНА

*Государственный научно-исследовательский институт физической культуры и спорта*

**Аннотация.** Кровоснабжение мышц нижних конечностей у представителей циклических видов спорта. Государственный научно-исследовательский институт физической культуры и спорта.

Исследование долгосрочных адаптационных перестроек кровообращения мышц представителей циклических видов спорта (бег на средние и длинные дистанции, лыжные гонки) выявило достоверные ( $p \leq 0,05$ ) отличия кровоснабжения мышц нижних конечностей в зависимости от пола, специализации и уровня квалификации.

**Ключевые слова:** адаптация, половые различия, кровоснабжение мышц, бег на средние и длинные дистанции, лыжные гонки.

## MUSCLE BLOOD SUPPLY OF THE LOWER LIMBS OF THE ATHLETES PRACTICING CYCLE RING OF SPORT

O. MAIDANIUK, L. KOLODIAZHNA

*State Research Institute of Physical Culture and Sport*

**Abstract.** A considerable distinctions ( $p \leq 0,05$ ) was revealed in muscle blood supply of lower extremities of the athletes who specialize in cycle kinds of sport (middle and long distance running, skiing) depending on the sex, specialization and qualification of the athletes.

**Key words:** adaptation, sex dimorphism, muscular blood supply, middle and long distance running, skiing.