

УДК 612.13

DOI: 10.31651/2076-5835-2018-1-2025-2-31-37

**Станіслав Олександрович Коваленко**

Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького

[kovstas@ukr.net](mailto:kovstas@ukr.net)ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4631-0464>**Іван Сергійович Дзюник**

Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького

[ivandzunik@gmail.com](mailto:ivandzunik@gmail.com)ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-7491-4116>**Ігор Олександрович Сич**

Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького

[sych.igor924@vu.cdu.edu.ua](mailto:sych.igor924@vu.cdu.edu.ua)ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-2897-5187>**Роман Анатолійович Циганник**

Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького

[roma.tsygannyk@gmail.com](mailto:roma.tsygannyk@gmail.com)ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7955-7343>

## ВАРІАБЕЛЬНІСТЬ СЕРЦЕВОГО РИТМУ ПРИ ТИМЧАСОВІЙ ОКЛЮЗІЇ НИЖНІХ КІНЦІВОК У АТЛЕТІВ

**Анотація.** Тимчасова оклюзія нижніх кінцівок є доступною моделлю короткочасної ішемії, що дозволяє відтворити контрольований фізіологічний стрес без суттєвого ризику для здоров'я. Вона супроводжується активацією периферичних та центральних механізмів регуляції кровообігу, змінює тонус судин і впливає на роботу серцево-судинної системи. Вивчення реакції варіабельності серцевого ритму на такі зміни відкриває можливість глибше зрозуміти механізми її адаптації до короткочасних ішемічних впливів.

Вимірювання здійснювали на 30 чоловіках віком 18-25 років - студентах фізкультурно-спортивних спеціалізацій. Оклюзійні впливи виконували на стегнах манжетом для вимірювання артеріального тиску шириною 200 мм упродовж 3 хвилин. Інтенсивність першого впливу складала рівень діастолічного тиску + 50 мм рт.ст.; другого - рівень систолічного тиску + 50 мм рт.ст. Показники варіабельності серцевого ритму реєстрували та розраховували в програмі Polar Protrainer 5.0.

Венозна оклюзія не спричиняла суттєвих зрушень часових показників варіабельності серцевого ритму, а артеріальна викликала їх рівня з 1-ї по 10- хвилини відновлення. Найбільшим було зростання rMSSD як маркера збільшення тонусу парасимпатичного відділу вегетативної нервової системи. Аналіз коефіцієнтів варіації реактивності показників ВСР показав, що їх рівень був вірогідно вищим на 1-й та 10-й хвилинах впливу після венозної оклюзії ніж у відповідні періоди часу після артеріальної. Це може свідчити про наявність більш виражених індивідуальних пристосувань регуляції серцевого ритму при венозній оклюзії у порівнянні з артеріальною. Аналіз змін спектральних показників ВСР показав суттєве збільшення парасимпатичних впливів на діяльність серця при артеріальній оклюзії.

**Ключові слова:** варіабельність серцевого ритму, оклюзія нижніх кінцівок, функціональний стан, атлети

**Постановка питання.** Варіабельність серцевого ритму (ВСР) є одним із провідних неінвазивних методів оцінки стану вегетативної регуляції серцево-судинної системи як у чоловіків так і у жінок [1]. Аналіз показників ВСР дає змогу виявити особливості взаємодії симпатичної та парасимпатичної ланок нервової системи, оцінити адаптаційні

можливості організму та рівень його функціональної напруги. Саме тому вивчення змін ВСР під впливом різних фізіологічних і стресових чинників має важливе наукове й практичне значення.

Тимчасова оклюзія нижніх кінцівок є доступною моделлю короткочасної ішемії, що дозволяє відтворити контрольований фізіологічний стрес без суттєвого ризику для здоров'я. Вона супроводжується активацією периферичних та центральних механізмів регуляції кровообігу, змінює тонус судин і впливає на роботу серцево-судинної системи [2]. Вивчення реакції варіабельності серцевого ритму на такі зміни відкриває можливість глибше зрозуміти механізми її адаптації до короткочасних ішемічних впливів.

Дослідження впливу тимчасової оклюзії на ВСР є актуальним у контексті пошуку нових підходів до діагностики та профілактики серцево-судинних захворювань, оцінки ефективності тренувального процесу у спортсменів, а також удосконалення реабілітаційних програм для осіб із порушеннями серцево-судинної регуляції. Крім того, сучасні експериментальні роботи свідчать про потенційний позитивний ефект короткочасної ішемії (так званий «прекондиціонуючий» ефект) у підвищенні стійкості серцево-судинної системи до стресових впливів [3].

Таким чином, дослідження впливу тимчасової оклюзії нижніх кінцівок на варіабельність серцевого ритму є актуальним, оскільки воно сприяє розширенню знань про механізми автономної регуляції серця, має практичне значення для спортивної, клінічної та відновної медицини, а також може стати основою для розробки ефективних засобів оптимізації функціонального стану організму.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Реактивна гіперемія широко використовується для дослідження макросудинної - розширення, опосередковане потоком та мікросудинної - тест на оклюзію судин за допомогою ближньої інфрачервоної спектроскопії функції. Rasica L. e.a. [4] отримані суперечливі результати щодо відмінностей у результатах реактивної гіперемії, пов'язаних з рівнем фізичної підготовки та статтю. Втім в дослідженні Giovanna M. e.a. [5] показано, що пікова аеробна потужність, тривалість вправ, максимальний накопичений дефіцит кисню та споживання кисню покращилися під час вправ з надмаксимальною постійною інтенсивністю після шести сеансів оклюзії нижніх кінцівок. Однак комбінований гіпоксичний стрес або часткове оклюзія не призвели до подальшого збільшення пікової аеробної потужності. Метаналіз літератури [6] також надав помірні докази того, що ішемічне preconditionування не покращує аеробну здатність здорових дорослих, але сприяє збільшенню часу до виснаження під час аеробних вправ. Результати оклюзії нижніх кінцівок у спортсменів залежали не тільки від її параметрів, а і від ширини оклюзійної манжети [7]. Отже результати впливу оклюзії нижніх кінцівок у спортсменів залежать від багатьох факторів і не завжди односпрямовані.

Разом з цим показано, що ішемічне preconditionування може суттєво вплинути на сприйняття болю та підвищити збудливість кортикоспінального тракту під час довільних скорочень [8]. Це може вказувати не тільки на вплив цього тесту на кровообіг, але й на діяльність вегетативної нервової системи. Втім знайдене тільки одне дослідження [9] в котрому у дослідах на мишах доведено, що оклюзія кінцівок пов'язана зі змінами активності вегетативної нервової системи (частота серцевих скорочень, кровотік, ВСР) та легким ішемічним стресом міокарда, що сприяє кардіопротекції.

Тому актуальним є дослідження впливу тимчасової оклюзії нижніх кінцівок на показники варіабельності серцевого ритму які відображають не тільки особливості функціонування серцево-судинної системи, але і зміни тонусу вегетативної нервової системи.

**Мета.** З'ясувати особливості показників варіабельності серцевого ритму при різних рівнях тимчасової оклюзії нижніх кінцівок у студентів фізкультурно-спортивних спеціальностей.

**Огляд основного матеріалу дослідження.**

**Методика.** Вимірювання здійснювали на 30 чоловіках віком 18-25 років - студентах фізкультурно-спортивних спеціалізацій Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького з дотриманням основних біоетичних положень Конвенції Ради Європи про права людини та біомедицину, Гельсінської декларації Всесвітньої медичної асоціації про етичні принципи проведення наукових медичних досліджень за участю людини (1994-2008 рр.), а також наказу МОЗ України № 690 від 23 вересня 2009 року.

Всі вони за даними медичного обстеження були здорові, не мали гострих та хронічних захворювань.

Спочатку на кінцівки та грудну клітку обстежуваного датчик Polar WearLink w.i.n.d. (Polar electro OY, Finland), вимірювали артеріальний тиск. Після відпочинку в положенні лежачи горизонтально упродовж 5-10 хвилин здійснювали двохвилинну реєстрацію пульсограми за допомогою програми Polar Protrainer 5.0 (Polar Electro OY, Finland) [10]. Вимірювання повторювали з 1-ї, 10-ї та 20-ї хвилини після припинення оклюзійних впливів.

Оклюзійні впливи виконували на стегнах манжетою для вимірювання артеріального тиску шириною 200 мм упродовж 3 хвилин. Інтенсивність першого впливу (венозна оклюзія – В) складала рівень діастолічного тиску ( $AT_{діаст}$ ) + 50 мм рт.ст.; другого (артеріальна оклюзія – А) - рівень систолічного тиску ( $AT_{сист}$ ) + 50 мм рт.ст.

В програмі Polar Protrainer 5.0 (Polar Electro OY, Finland) розраховували показники варіабельності серцевого ритму. Оцінювали наступні часові показники BCP: RR – середнє значення масиву кардіоінтервалів, SDNN – середньоквадратичне відхилення масиву кардіоінтервалів, rMSSD – середньоквадратичне відхилення різниць між сусідніми кардіоінтервалами, pNN<sub>50</sub> – відсоток різниць між сусідніми кардіоінтервалами більше ніж 50 мс. Також аналізували спектральні показники BCP: LF – потужність хвиль інтервалів RR в діапазоні 0,04-0,15 Гц, HF – потужність хвиль інтервалів RR в діапазоні 0,15-0,4 Гц, HF<sub>norm</sub> – як відсоткове відношення HF до суми LF та HF. Всі вимірювання мали частоту дихання більше, ніж 8 циклів за хвилину. Таким чином її вплив на показник HF<sub>norm</sub> усувався [11].

Статистичний аналіз даних здійснювали за допомогою таблиць Excel-2003 та програми Statistica for Windows 12 (Statsoft Inc., Tulsa, USA), Polar Protrainer 5.0 (Polar Electro OY, Finland). Перевірку нормальності розподілу досліджуваних показників проводили за критерієм  $\chi^2$ . Для параметричної статистики розраховували середнє арифметичне (M), стандартну похибку вибіркового середнього (m). Для непараметричної – медіану, межі 25 та 75 перцентилів. Вірогідність відмінностей оцінювали за F-критерієм Fisher та критерієм Вілкоксона.

**Результати та їх обговорення.** Часові показники варіабельності серцевого ритму в стані спокої лежачи у вимірюваних відповідали віковим нормам для здорових молодих чоловіків [1] (табл. 1).

Таблиця 1

**Часові показники BCP ( $M \pm m$ ) у студентів фізкультурно-спортивних спеціальностей після тимчасової оклюзії нижніх кінцівок**

**(В – інтенсивність  $AT_{діаст} + 50$  мм рт.ст.; А -  $AT_{сист} + 50$  мм рт.ст.)**

| Умови   | t-RR, мс          | SDNN, мс        | rMSSD, мс       | pNN <sub>50</sub> , % |
|---------|-------------------|-----------------|-----------------|-----------------------|
| Спокій  | 886,7 $\pm$ 20,8  | 72,8 $\pm$ 5,1  | 63,1 $\pm$ 6,9  | 14,1 $\pm$ 1,7        |
| В 1 хв  | 902,3 $\pm$ 20,1  | 79,1 $\pm$ 5,8  | 70,0 $\pm$ 6,6  | 16,6 $\pm$ 1,8        |
| В 10 хв | 927,4 $\pm$ 21,1  | 79,5 $\pm$ 5,2  | 77,3 $\pm$ 8,2  | 17,1 $\pm$ 1,9        |
| В 20 хв | 938,1 $\pm$ 20,1* | 83,6 $\pm$ 5,8  | 79,9 $\pm$ 8,0* | 17,3 $\pm$ 1,7        |
| А 1 хв  | 963,6 $\pm$ 19,7* | 87,0 $\pm$ 5,9* | 91,3 $\pm$ 9,1* | 19,5 $\pm$ 1,6*       |
| А 10 хв | 960,6 $\pm$ 19,7* | 89,2 $\pm$ 6,3* | 93,1 $\pm$ 9,4* | 19,6 $\pm$ 1,7*       |
| А 20 хв | 960,3 $\pm$ 19,5* | 91,1 $\pm$ 5,9* | 91,2 $\pm$ 9,0* | 19,3 $\pm$ 1,7*       |

Примітка. \* –  $p < 0,05$  в порівнянні з рівнем у спокої

Після першого оклюзійного впливу у перші 10 хвилин не відбувалось їх зрушення у порівнянні з фоном і тільки на 20-й хвилині відновлення спостерігали вірогідне збільшення  $t$ -RR та  $rMSSD$ . Після другого впливу, що супроводжувався пережиманням артерій, упродовж всіх 20 хвилин реєстрації відбувалось як збільшення по відношенню до фону як  $t$ -RR, так і  $SDNN$ ,  $rMSSD$  та  $pNN_{50}$ .

Аналіз реактивності цих показників виявив, що у найбільшому ступені збільшувався  $rMSSD$ , особливо після другого впливу (рис. 1).

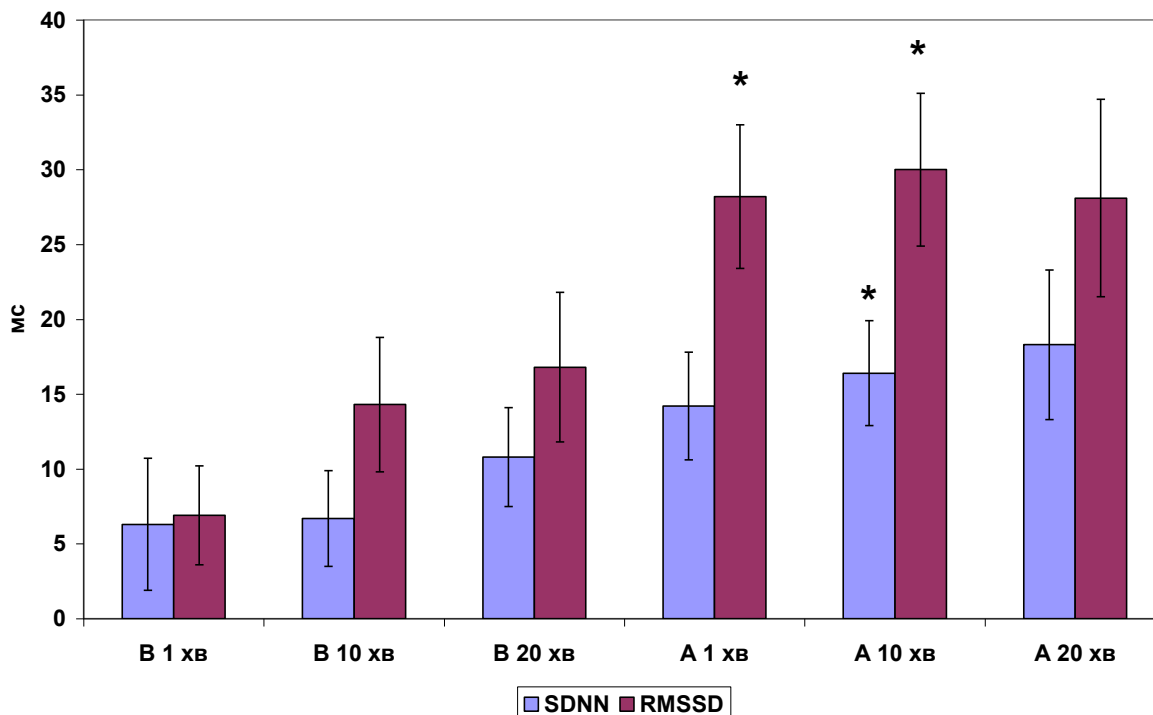


Рис. 1. Реактивність  $SDNN$  та  $rMSSD$  ( $M \pm m$ ) у студентів фізкультурно-спортивних спеціальностей після тимчасової оклюзії нижніх кінцівок (В – інтенсивність  $AT_{\text{діаст}} + 50$  мм рт.ст.; А –  $AT_{\text{сист}} + 50$  мм рт.ст.). \* –  $p < 0,05$  в порівнянні зі значеннями показника у відповідний період відновлення після першого впливу

Реактивність  $rMSSD$  на 1-й та 10-й хвилинах після другого впливу (відповідно  $28,2 \pm 4,8$  мс та  $30,0 \pm 5,1$  мс) була вірогідно вищою ніж реактивність на 1-й та 10-й хвилинах після першого впливу (відповідно  $14,3 \pm 4,5$  мс та  $16,8 \pm 5,0$  мс). Така ж закономірність характерна і для реактивності  $pNN_{50}$ . Для  $SDNN$  реактивність була вищою тільки на 10-й хвилині після другого впливу у порівнянні з 10-ю хвилиною після першого впливу. Реактивність  $t$ -RR була вищою під час всього періоду реєстрації після 2-го впливу.

Таким чином венозна оклюзія не спричиняла суттєвих зрушень часових показників ВСР, а артеріальна викликала збільшення варіабельності з 1-ї по 10- хвилини відновлення. Найбільшим було зростання  $rMSSD$  як маркера збільшення тону парасимпатичного відділу вегетативної нервової системи.

Аналіз коефіцієнтів варіації реактивності показників ВСР на різні оклюзії показав (табл. 2), що їх рівень був вірогідно вищим на 1-й та 10-й хвилинах після 1-го впливу ніж у відповідні періоди часу після 2-го впливу.

Це може свідчити про наявність більш виражених індивідуальних пристосувань регуляції серцевого ритму при венозній оклюзії у порівнянні з артеріальною.

Показники спектрального аналізу ВСР при експериментальних впливах мали наступну динаміку (табл. 3). Відбувалось збільшення в порівнянні з фоном потужності коливань  $t$ -RR у діапазоні 0,04-0,15 Гц на 10-й хвилині після 1-ї оклюзії та упродовж всього періоду реєстрації після 2-ї. Потужність коливань в діапазоні 0,15-0,4 Гц збільшувалась більш

Таблиця 2

**Коефіцієнти варіації часових показників ВСР ( $M \pm m$ ) у студентів фізкультурно-спортивних спеціальностей після тимчасової оклюзії нижніх кінцівок  
(В – інтенсивність АТ<sub>діаст</sub>+50 мм рт.ст.; А - АТ<sub>сист</sub>+50 мм рт.ст.)**

| УМОВИ   | t-RR, %   | SDNN, %   | rMSSD, %  | pNN <sub>50</sub> , % |
|---------|-----------|-----------|-----------|-----------------------|
| В 1 хв  | 48,1±7,5  | 70,5±12,9 | 47,0±7,3  | 36,1±5,2              |
| В 10 хв | 21,3±2,9  | 47,6±7,4  | 31,2±4,4  | 35,3±5,1              |
| В 20 хв | 18,0±2,4  | 30,1±4,2  | 29,8±4,2  | 37,8±5,5              |
| А 1 хв  | 10,3±1,3* | 25,2±3,5* | 17,0±2,3* | 20,7±2,8*             |
| А 10 хв | 12,7±1,7* | 21,2±2,9* | 16,9±2,2* | 22,1±3,0*             |
| А 20 хв | 15,9±2,1  | 27,3±3,8  | 23,3±3,2  | 26,9±3,7              |

Примітка. \* –  $p < 0,05$  в порівнянні з відповідним часовим проміжком після першого впливу

інтенсивно з 10-ї хвилини після 1-го впливу. Тому спостерігали зростання HF<sub>norm</sub> в більшому ступені вираженого з 1-ї по 10-ту хвилини артеріальної оклюзії.

Це може свідчити про наявність більш виражених індивідуальних пристосувань регуляції серцевого ритму при венозній оклюзії у порівнянні з артеріальною.

Показники спектрального аналізу ВСР при експериментальних впливах мали наступну динаміку (табл. 3). Відбувалось збільшення в порівнянні з фоном потужності коливань t-RR у діапазоні 0,04-0,15 Гц на 10-й хвилині після 1-ї оклюзії та упродовж всього періоду реєстрації після 2-ї. Потужність коливань в діапазоні 0,15-0,4 Гц збільшувалась більш інтенсивно з 10-ї хвилини після 1-го впливу. Тому спостерігали зростання HF<sub>norm</sub> в більшому ступені вираженого з 1-ї по 10-ту хвилини артеріальної оклюзії.

Таблиця 3

**Спектральні показники ВСР (Медіана, межі 25 та 75%) у студентів фізкультурно-спортивних спеціальностей після тимчасової оклюзії нижніх кінцівок  
(В– інтенсивність АТ<sub>діаст</sub>+50 мм рт.ст.; А - АТ<sub>сист</sub>+50 мм рт.ст.)**

| УМОВИ   | LF, мс <sup>2</sup> | HF, мс <sup>2</sup> | HF <sub>norm</sub> , % |
|---------|---------------------|---------------------|------------------------|
| спокій  | 1203 [826; 2234]    | 840 [453; 1850]     | 40,21 [31,17; 53,19]   |
| В 1 хв  | 1507 [1057; 2415]   | 1154 [715; 2757]    | 43,60 [32,76; 56,53]   |
| В 10 хв | 1719 [831; 2389]*   | 1765 [570; 3151]*   | 47,57 [32,46; 56,55]   |
| В 20 хв | 1622 [1056; 2459]   | 1399 [589; 3476]*   | 46,79 [39,23; 59,61]*  |
| А 1 хв  | 1844 [1257; 2522]*  | 1816 [1046; 3734]*  | 50,27 [38,25; 65,11]*  |
| А 10 хв | 2013 [1294; 4000]*  | 2170 [949; 3862]*   | 50,75 [35,61; 62,93]*  |
| А 20 хв | 1649 [1223; 3268]*  | 1689 [976; 4942]*   | 44,31 [32,93; 67,19]*  |

Примітка. \* -  $p < 0,05$  в порівнянні з рівнем у спокої

Знайдено, що реактивність HF була вищою після артеріальної оклюзії в порівнянні з відповідними часовими періодами венозної.

Таким чином аналіз змін спектральних показників ВСР показав суттєве збільшення парасимпатичних впливів на діяльність серця при артеріальній оклюзії.

### Висновки

1. Венозна оклюзія не спричиняла суттєвих зрушень часових показників варіабельності серцевого ритму, а артеріальна викликала їх рівня з 1-ї по 10-хвилини відновлення. Найбільшим було зростання rMSSD як маркера збільшення тону парасимпатичного відділу вегетативної нервової системи.
2. Аналіз коефіцієнтів варіації реактивності показників ВСР показав, що їх рівень був вірогідно вищим на 1-й та 10-й хвилинах впливу після венозної оклюзії ніж у

відповідні періоди часу після артеріальної. Це може свідчити про наявність більш виражених індивідуальних пристосувань регуляції серцевого ритму при венозній оклюзії у порівнянні з артеріальною.

3. Аналіз змін спектральних показників ВСР показав суттєве збільшення парасимпатичних впливів на діяльність серця при артеріальній оклюзії.

**Перспективи подальших досліджень.** Вбачаються у з'ясуванні індивідуальних особливостей реактивності показників варіабельності серцевого ритму за різних градацій оклюзії нижніх кінцівок.

#### Список використаної літератури

1. Kovalenko S.O., Kudij L.I., Lutsenko O.I. Peculiarities of male and female heart rate variability // Science and Education a New Dimension: Natural and Technical Sciences. 2013. – Issue 15. – P.17-20
2. Martin PM, Bart RM, Ashley RL, Velasco T, Wise SR. An Overview of Blood Flow Restriction Physiology and Clinical Considerations. Curr Sports Med Rep. 2022 Apr 1;21(4):123-128. doi: 10.1249/JSR.0000000000000948.
3. French C, Robbins D, Gernigon M, Gordon D. The effects of lower limb ischaemic preconditioning: a systematic review. Front Physiol. 2024 Jan 11;14:1323310. doi: 10.3389/fphys.2023.1323310.
4. Rasica L, Inglis EC, Iannetta D, Soares RN, Murias JM. Fitness Level- and Sex-Related Differences in Macrovascular and Microvascular Responses during Reactive Hyperemia. Med Sci Sports Exerc. 2022 Mar 1;54(3):497-506. doi: 10.1249/MSS.0000000000002806.
5. Giovanna M, Solsona R, Sanchez AMJ, Borrani F. Effects of short-term repeated sprint training in hypoxia or with blood flow restriction on response to exercise. J Physiol Anthropol. 2022 Sep 3;41(1):32. doi: 10.1186/s40101-022-00304-1.
6. Zhou L, Gan J, Tan Y, Zhang Y, Bao D, Zhou J. Can lower limb ischemic preconditioning improve aerobic capacity in healthy adults? A systematic review and meta-analysis. Appl Physiol Nutr Metab. 2025 Jan 1;50:1-18. doi: 10.1139/apnm-2024-0456.
7. Brown H, Binnie MJ, Dawson B, Bullock N, Scott BR, Peeling P. Factors affecting occlusion pressure and ischemic preconditioning. Eur J Sport Sci. 2018 Apr;18(3):387-396. doi: 10.1080/17461391.2017.1421712.
8. Norbury R, Grant I, Woodhead A, Patterson SD. Acute hypoalgesic and neurophysiological responses to lower-limb ischaemic preconditioning. Exp Brain Res. 2025 Jan 8;243(1):41. doi: 10.1007/s00221-024-06985-7.
9. Abdul-Ghani S, Fleishman AN, Khaliulin I, Meloni M, Angelini GD, Suleiman MS. Remote ischemic preconditioning triggers changes in autonomic nervous system activity: implications for cardioprotection. Physiol Rep. 2017 Feb;5(3):e13085. doi: 10.14814/phy2.13085. PMID: 28193783; PMCID: PMC5309573.
10. Andrade GN, Rodrigues T, Takada JY, Braga LM, Umeda IIK, Nascimento JA, Pereira-Filho HG, Grupi CJ, Salemi VMC, Jacob-Filho W, Cahalin LP, Mansur AP, Bocchi EA, Nakagawa NK. Prolonged heart rate recovery time after 6-minute walk test is an independent risk factor for cardiac events in heart failure: A prospective cohort study. Physiotherapy. 2022 Mar;114:77-84. doi: 10.1016/j.physio.2021.03.012.
11. Kovalenko, S.A., Kudij, L.I. Heart rate variability in subjects with different respiratory rates. Hum Physiol (2006) 32: 742. doi:10.1134/S036211970606020X

#### References

1. Kovalenko, S. O., Kudij, L. I., & Lutsenko, O. I. (2013). Peculiarities of male and female heart rate variability. Science and Education a New Dimension: Natural and Technical Sciences, (15), 17–20.
2. Martin, P. M., Bart, R. M., Ashley, R. L., Velasco, T., & Wise, S. R. (2022). An overview of blood flow restriction physiology and clinical considerations. Current Sports Medicine Reports, 21(4), 123–128. <https://doi.org/10.1249/JSR.0000000000000948>
3. French, C., Robbins, D., Gernigon, M., & Gordon, D. (2024). The effects of lower limb ischaemic preconditioning: A systematic review. Frontiers in Physiology, 14, 1323310. <https://doi.org/10.3389/fphys.2023.1323310>
4. Rasica, L., Inglis, E. C., Iannetta, D., Soares, R. N., & Murias, J. M. (2022). Fitness level- and sex-related differences in macrovascular and microvascular responses during reactive hyperemia. Medicine & Science in Sports & Exercise, 54(3), 497–506. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000002806>
5. Giovanna, M., Solsona, R., Sanchez, A. M. J., & Borrani, F. (2022). Effects of short-term repeated sprint training in hypoxia or with blood flow restriction on response to exercise. Journal of Physiological Anthropology, 41(1), 32. <https://doi.org/10.1186/s40101-022-00304-1>
6. Zhou, L., Gan, J., Tan, Y., Zhang, Y., Bao, D., & Zhou, J. (2025). Can lower limb ischemic preconditioning improve aerobic capacity in healthy adults? A systematic review and meta-analysis. Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism, 50, 1–18. <https://doi.org/10.1139/apnm-2024-0456>
7. Brown, H., Binnie, M. J., Dawson, B., Bullock, N., Scott, B. R., & Peeling, P. (2018). Factors affecting occlusion pressure and ischemic preconditioning. European Journal of Sport Science, 18(3), 387–396. <https://doi.org/10.1080/17461391.2017.1421712>

8. Norbury, R., Grant, I., Woodhead, A., & Patterson, S. D. (2025). Acute hypoalgesic and neurophysiological responses to lower-limb ischaemic preconditioning. *Experimental Brain Research*, 243(1), 41. <https://doi.org/10.1007/s00221-024-06985-7>
9. Abdul-Ghani, S., Fleishman, A. N., Khaliulin, I., Meloni, M., Angelini, G. D., & Suleiman, M. S. (2017). Remote ischemic preconditioning triggers changes in autonomic nervous system activity: Implications for cardioprotection. *Physiological Reports*, 5(3), e13085. <https://doi.org/10.14814/phy2.13085>
10. Andrade, G. N., Rodrigues, T., Takada, J. Y., Braga, L. M., Umeda, I. I. K., Nascimento, J. A., Pereira-Filho, H. G., Grupi, C. J., Salemi, V. M. C., Jacob-Filho, W., Cahalin, L. P., Mansur, A. P., Bocchi, E. A., & Nakagawa, N. K. (2022). Prolonged heart rate recovery time after 6-minute walk test is an independent risk factor for cardiac events in heart failure: A prospective cohort study. *Physiotherapy*, 114, 77–84. <https://doi.org/10.1016/j.physio.2021.03.012>
11. Kovalenko, S. A., & Kudii, L. I. (2006). Heart rate variability in subjects with different respiratory rates. *Human Physiology*, 32, 742. <https://doi.org/10.1134/S036211970606020X>

**Kovalenko S., Dziunyk I., Sych I., Tsyhannyk R..**

## **HEART RATE VARIABILITY DURING TEMPORARY OCCLUSION OF THE LOWER EXTREMITIES IN ATHLETES**

**Introduction.** *Temporary occlusion of the lower extremities is an accessible model of short-term ischemia that allows controlled physiological stress to be reproduced without significant health risks. It is accompanied by the activation of peripheral and central mechanisms of blood circulation regulation, changes in vascular tone, and affects the functioning of the cardiovascular system. Studying the response of heart rate variability to such changes provides an opportunity to gain a deeper understanding of the mechanisms of its adaptation to short-term ischemic influences.*

**Objective.** *To determine the characteristics of heart rate variability indicators at different levels of temporary occlusion of the lower extremities in students majoring in physical education and sports..*

**Methods of the study.** *Measurements were taken on 30 men aged 18-25 years - students of physical education and sports specialties. Occlusive effects were performed on the thighs with a 200 mm wide blood pressure cuff for 3 minutes. The intensity of the first impact was the level of diastolic pressure + 50 mm Hg; the second was the level of systolic pressure + 50 mm Hg. Heart rate variability indicators were recorded and calculated using the Polar Protrainer 5.0 program.*

**Main results of the study.** *Venous occlusion did not cause significant changes in the time indicators of heart rate variability, while arterial occlusion caused changes in these indicators from the 1st to the 10th minute of recovery. The greatest increase was in rMSSD as a marker of increased tone of the parasympathetic division of the autonomic nervous system. Analysis of the coefficients of variation in HRV reactivity showed that their level was significantly higher at 1 and 10 minutes after venous occlusion than in the corresponding periods after arterial occlusion. This may indicate the presence of more pronounced individual adaptations of heart rate regulation during venous occlusion compared to arterial occlusion. Analysis of changes in HRV spectral indicators showed a significant increase in parasympathetic influences on heart activity during arterial occlusion.*

**Scientific novelty of the study results.** *For the first time, a comparative analysis of the effects of short-term venous and arterial occlusion on heart rate variability in healthy individuals - students majoring in physical education and sports - was conducted.*

**Conclusions and specific suggestions of the author.** *The study opens up new opportunities for the differentiated impact of lower limb occlusion on the functional state of individuals engaged in physical culture and sports.*

**Keywords:** *heart rate variability, lower limb occlusion, functional status, athletes*

Надійшла до редакції / Received: 11.11.2025

Схвалено до друку / Accepted: 16.12.2025