

УДК 796.325:796.015.52:796.015.53

Інноваційний підхід до підвищення фізичної та функціональної підготовленості кваліфікованих волейболістів

Тищенко В. О., Шніц Г. А., Борщ В. В.

Запорізький національний університет

Анотація

Дослідження присвячене вивченню ефективності застосування тренувань з обмеженням кровотоку (BFR) з метою покращення фізичних і функціональних показників кваліфікованих волейболістів.

Мета. Визначити ефективність застосування тренувань з обмеженням кровотоку на фізичні та функціональні показники кваліфікованих волейболістів. Об'єкт дослідження – фізична та функціональна підготовленість кваліфікованих волейболістів. Предмет дослідження – вплив тренувань з обмеженням кровотоку як засобу підвищення фізичних і функціональних показників кваліфікованих волейболістів.

Матеріал і методи. Для досягнення поставленої мети використовувались методи дослідження: аналіз і узагальнення науково-методичних джерел за темою дослідження, педагогічні спостереження, педагогічний експеримент, педагогічне тестування (тест на вибухову силу (вертикальний стрибок); тест на силу м'язів верхньої частини тіла (згинання-розгинання рук в упорі лежачі); тест на швидко-силову витривалість (планка); тест на швидкість реакції (стрибки з перенесенням ваги); тест на аеробну витривалість (біп-тест); тест на гнучкість (нахил вперед з положення сидячи), методи математичної статистики. У дослідженні взяли участь 22 хлопці, які були розподілені на дві групи (контрольну та експериментальну). Контрольна група займалася за звичайною програмою, а експериментальна – за розробленою нами програмою з застосуванням вправи з обмеженням кровотоку для вдосконалення фізичної підготовленості кваліфікованих волейболістів. Програма розрахована на 8 тижнів із поступовим збільшенням навантажень.

Результати. Результати дослідження свідчать про значний позитивний вплив програми з обмеженням кровотоку на фізичні показники волейболістів в експериментальній групі. Учасники цієї групи продемонстрували суттєве покращення за низкою ключових параметрів порівняно з контрольною групою, яка тренувалася за стандартною програмою. Зокрема, приріст вибухової сили, що вимірювався показником висоти вертикального стрибка, в експериментальній групі становив приблизно 23.5%, тоді як у контрольній — лише 2.8%, що вказало на високий рівень активації швидких м'язових волокон у гіпоксичних умовах, створених вправами з обмеженням кровотоку. Покращення також відзначалося у показниках силової витривалості м'язів верхньої частини тіла: кількість згинань в експериментальній групі зросла на 47.4%, у той час як у контрольній — лише на 10%. Такий результат пов'язаний із підвищенням синтезу білка та активацією анаболічних процесів, що відбуваються під час BFR-тренувань. Аналогічно, час утримання планки, який відображає витривалість корпусу, зріс у експериментальній групі на 63.8% проти 8.3% у контрольній, що підтверджує підвищену здатність м'язів до тривалого навантаження. Аеробна витривалість, визначена через біп-тест, зросла на 50% у експериментальній групі та на 16.7% у контрольній, що є свідченням адаптації серцево-судинної системи до більш інтенсивних умов при відносно низькому рівні зовнішнього навантаження. Крім того, значне покращення було відзначено у показниках гнучкості, де приріст в експериментальній групі становив 75% проти 20% у контрольній, що пояснюється підвищенням еластичності м'язових і зв'язкових структур під впливом метаболічного стресу.

Висновки. Програма BFR-тренувань продемонструвала свою ефективність та безпечність, зменшуючи ризики травмувань за рахунок зниженого рівня інтенсивності навантажень і підвищуючи адаптаційні можливості спортсменів. Результати дослідження свідчать про доцільність використання BFR-тренувань для вдосконалення підготовки волейболістів і є перспективними для застосування у спортивній практиці. Методика тренувань з обмеженням кровотоку рекомендована для використання у спортивній практиці, зокрема для волейболістів та спортсменів інших ігрових видів спорту. Завдяки помірним навантаженням та високій ефективності вона підходить для спортсменів різного рівня кваліфікації та сприяє всебічному розвитку фізичних якостей.

Ключові слова: волейбол; тренування з обмеженням кровотоку; вибухова сила; силова витривалість; аеробна витривалість; низькоінтенсивні навантаження; травмобезпека.

Abstract

Innovative Approach to Enhancing Physical and Functional Fitness in Volleyball Players

V. Tyshchenko, H. Shnits, V. Borsh

This study investigates the effectiveness of blood flow restriction (BFR) training in improving the physical and functional performance of skilled volleyball players.

Purpose. The purpose of the research is to determine the effectiveness of BFR training on the physical performance of qualified volleyball players. The object of the study is the physical and functional fitness of qualified volleyball players, while the subject is the impact of BFR training as a method for enhancing the physical and functional metrics of these athletes.

Material and Methods. Methods employed to achieve the research goal included: analysis and synthesis of scientific-methodological sources, pedagogical observation, experimental design, pedagogical testing (testing explosive power with vertical jump; upper body muscle strength with push-ups; speed-strength endurance with plank test; reaction speed with weight-transfer jumps; aerobic endurance with beep test; and flexibility with a sit-and-reach test), and methods of mathematical statistics. Organization of the Study. The research involved 22 young male athletes, divided into two groups (control and experimental). The control group followed a standard training program, while the experimental group participated in a custom BFR-enhanced training program designed to improve the physical fitness of qualified volleyball players. This program was structured over an 8-week period with a gradual increase in load.

Results. The findings indicate a significant positive effect of the BFR program on the physical metrics of the volleyball players in the experimental group. Participants in this group demonstrated substantial improvements in several key parameters compared to the control group, which trained according to the standard program. Specifically, an increase in explosive power, measured by vertical jump height, reached approximately 23.5% in the experimental group, compared to only 2.8% in the control group, suggesting a high level of activation of fast-twitch muscle fibers under the hypoxic conditions created by BFR exercises. Improvements were also observed in upper body muscle endurance, with the number of push-ups in the experimental group increasing by 47.4%, compared to 10% in the control group. This result is linked to enhanced protein synthesis and activation of anabolic processes induced by BFR training. Similarly, plank duration, reflecting core endurance, increased by 63.8% in the experimental group versus 8.3% in the control group, confirming enhanced muscle endurance. Aerobic endurance, measured by the beep test, increased by 50% in the experimental group and by 16.7% in the control, indicating cardiovascular system adaptation to more intense conditions at a relatively low external load. Additionally, there was a significant improvement in flexibility metrics, with an increase of 75% in the experimental group compared to 20% in the control group, attributed to the increased elasticity of muscle and connective structures under metabolic stress.

Conclusions. The BFR training program demonstrated its effectiveness and safety, reducing injury risk due to lower load intensity while enhancing the athletes' adaptive capacities. The results suggest that BFR training is suitable for enhancing volleyball players' performance and holds promise for broader application in sports practice. BFR training is recommended for sports practice, especially for volleyball players and athletes in other team sports. With moderate loads and high efficiency, it is suitable for athletes of various skill levels and supports the comprehensive development of physical qualities.

Keywords: volleyball; blood flow restriction training; explosive strength; muscular endurance; aerobic endurance; adaptation; low-intensity load; injury prevention.

Вступ

Тренування з обмеженням кровотоку (BFR) є передовою методикою, яка зарекомендувала себе як ефективний засіб для підвищення фізичної підготовленості в різних спортивних дисциплінах. Принцип BFR-тренувань полягає у тимчасовому обмеженні венозного відтоку з працюючих м'язів за допомогою манжет або спеціальних пов'язок, що накладаються на кінцівки, що створює локальну гіпоксію (нестачу кисню) у м'язових тканинах, що значно підсилює метаболічний стрес. Під час таких тренувань артеріальний приплив зберігається, що дозволяє постачати кисень до м'язів, але при цьому утруднюється відтік венозної крові, що призводить до накопичення метаболітів, зокрема лактату (Wortman et al., 2021).

BFR-тренування активують анаеробний гліколіз, що сприяє підвищенню рівня лактату, який, у свою чергу, є потужним стимулом для вироблення анаболічних гормонів, таких як гормон росту та інсуліноподібний фактор росту, які підсилюють процеси білкового синтезу в м'язах, що сприяє їх росту і зміцненню навіть при використанні низькоінтенсивних навантажень, які зазвичай не викликають таких адаптацій. Отже, тренування з обмеженням кровотоку дають змогу розвивати м'язову силу та об'єм без необхідності використання важкої ваги, що є особливо корисним для спортсменів, які можуть бути схильні до травм або які знаходяться на етапі відновлення після травм.

Одним із важливих фізіологічних ефектів BFR є активація швидких м'язових волокон типу II, які відповідають

за вибухову силу та швидкість, особливо потрібні у видах спорту, де важливі швидкісно-силові якості, як, наприклад, у волейболі, гандболі або легкій атлетиці. У традиційних тренуваннях такі волокна активуються при високих навантаженнях, проте під час BFR-тренувань вони включаються у роботу навіть при використанні легких ваг, що дозволяє спортсменам розвивати вибухову силу та швидкість рухів, знижуючи при цьому навантаження на суглоби та інші елементи опорно-рухового апарату, що особливо важливо для молодих атлетів (Hassan, 2024).

BFR-тренування також впливають на витривалість і здатність м'язів протистояти втомі. В умовах локальної гіпоксії м'язи адаптуються до ефективнішого використання кисню, що позитивно впливає на серцево-судинну систему та загальну аеробну витривалість (Bagheri et al., 2018). Така адаптація корисна для спортсменів, які займаються видами спорту з високими вимогами до витривалості, оскільки дозволяє зберігати енергію та підтримувати високий рівень активності протягом тривалих змагань (Oliinyk et al., 2021). Дослідження показують, що BFR-тренування можуть суттєво підвищити аеробну ефективність при відносно коротких тренувальних сесіях.

Окрім цього, BFR-тренування покращують нейром'язову координацію та швидкість реакції. Локальна гіпоксія та метаболічний стрес активують нервові імпульси та покращують взаємодію між нервовою і м'язовою системами, що призводить до розвитку координації та здатності швидко реагувати на зміну положення тіла або умов гри. Цей аспект є особливо цінним у командних видах спорту, де

важлива швидка зміна напрямку руху та координація під час виконання ігрових дій. BFR-тренування забезпечують покращення цих показників без надмірного навантаження на нервову систему та суглоби.

У роботах провідних фахівців (Rolnick & Kamis, 2023; Lorenz et al., 2021) відзначається, що BFR-тренування дозволяють досягти значних покращень у м'язовій силі та витривалості за короткий проміжок часу, що особливо корисно для спортсменів, які займаються волейболом, адже специфіка цього виду спорту вимагає розвитку вибухової сили для стрибків і швидкої зміни напрямку руху. Літературні джерела підтверджують, що використання низькоінтенсивних вправ у BFR зменшує ризик травмування.

Аналіз досліджень показує, що обмеження кровотоку змінює метаболічне середовище працюючих м'язів, спричиняючи підвищене накопичення лактату, що стимулює метаболічний стрес і запускає механізми м'язового росту через активацію факторів росту та запалення (Lowery et al., 2014; Brandão et al., 2023). Означені процеси сприяють посиленню синтезу білка у м'язах і стимулюють гіпертрофію навіть при невеликому навантаженні. Інші автори (Tyshchenko et al., 2022) вказують на підвищення рівня анаболічних гормонів, що підвищує загальну адаптацію організму до фізичних навантажень.

Літературні джерела свідчать, що специфічні тренування з обмеженням кровотоку можуть бути ефективними для розвитку вибухової сили, швидкості та витривалості у волейболістів. Завдяки методиці BFR можливе покращення силових показників нижньої частини тіла, що є критично важливим для успішного виконання стрибкових елементів та блокувань. Дослідники також зазначають, що BFR-тренування можуть поліпшити координацію рухів і підвищити рівень витривалості, що є важливим фактором для збереження високого рівня фізичної підготовленості у грі (Yang et al., 2024; Bielitzki et al., 2024).

Таким чином, аналіз літературних джерел підтверджує, що тренування з обмеженням кровотоку є ефективним засобом підвищення фізичної підготовленості, особливо в умовах низькоінтенсивних навантажень. Методика має великий потенціал для застосування у секційних заняттях з волейболу, оскільки забезпечує необхідний рівень силового навантаження при зниженому ризикі травмування.

Мета дослідження – визначити ефективність застосування тренувань з обмеженням кровотоку на фізичні та функціональні показники кваліфікованих волейболістів.

Матеріал і методи

Для реалізації мети і завдань дослідження використовувався комплекс **методів**: теоретичного аналізу, синтезу та узагальнення; педагогічного експерименту; педагогічного тестування; математико-статистичної обробки даних.

З метою оцінки вибухової сили використовувалися: стрибок з місця вгору, згинання та розгинання рук в упорі лежачи (сила м'язів верхнього плечового поясу), «планка» – стійка в упорі лежачи (швидкісно-силова витривалість), стрибки з перенесенням ваги (швидкість реакції) (McGuigan, 2020), біп-тест – Beep-test – Yo-Yo test (аеробна витривалість) (Leger et al., 1988; Tyshchenko, 2015; Latino et al., 2024), нахил вперед з положення сидячи (гнучкість).

Програма тренувань експериментальної групи, включала вправи з обмеженням кровотоку, яка була спрямована на розвиток основних фізичних якостей, необхідних для кваліфікованих волейболістів: вибухова сила, витривалість, координація та гнучкість (табл. 1).

У педагогічному експерименті взяли участь 24 кваліфікованих волейболіста, які були розподілені на дві групи контрольну (n=12) та експериментальну (n=12). Контрольна група займалася за програмою ДЮСШ, а експериментальна – за розробленою нами програмою із застосуванням вправ з обмеженням кровотоку, спрямованою на вдосконалення фізичної та функціональної підготовленості кваліфікованих волейболістів.

Експериментальна програма розрахована на 8 тижнів із поступовим збільшенням навантажень:

1. Частота тренувань із використанням вправ з обмеженням кровотоку – 3 рази на тиждень (наприклад, понеділок, середа, п'ятниця).

2. Інтенсивність – використання обмеження кровотоку (BFR) з навантаженням близько 20-30% від максимальної ваги у вправі.

3. Тривалість BFR-сесій – не більше 15-20 хвилин на BFR вправу для безпеки.

4. Обладнання – манжети або еластичні стрічки для обмеження кровотоку (накладаються на верхню частину стегон або рук залежно від вправи).

5. Розминка і заминка – 10-15 хвилин розминки перед початком тренування (біг, легкі вправи на гнучкість) та заминка (розтяжка) після тренування.

BFR для нижніх і верхніх кінцівок: під час присідань і випадів обмеження кровотоку накладається на верхню частину стегон; під час згинання і розгинання рук в упорі лежачи обмеження накладається на плечову частину рук. Вправи, спрямовані на розвиток гнучкості і під час заминки проводилися по завершенню основних вправ. Використовувалися вправи на розтягування м'язів стегон, плечей і корпусу. Під час проходження експериментальної програми інтенсивність вправ поступово збільшувалася, що забезпечило адаптацію до BFR-тренувань, розвиток основних фізичних якостей і досягнення стабільного прогресу у фізичній підготовці волейболістів.

Наукове обґрунтування цієї програми базується на використанні механізмів метаболічного стресу, анаеробної адаптації та гіпертрофії м'язів, які активуються під час BFR-тренувань. Метод тренування забезпечує розвиток сили, витривалості, вибухової сили та координації без значного ризику для опорно-рухової системи, що робить його особливо ефективним і безпечним для молодих спортсменів, які займаються волейболом.

Результати дослідження та їх обговорення

Значення t-критерія для кожного показника дозволило визначити, чи існують значні початкові відмінності між контрольними та експериментальними групами (табл. 2). Низькі значення t-критерія вказали на те, що вихідні відмінності між групами були несуттєвими, а це, у свою чергу, мінімізує потенційний вплив інших чинників на результати дослідження.



Таблиця 1. Програма тренувань, яка включає вправи з обмеженням кровотоку

Вправа	Підходи	Повторення	Відпочинок між підходами	Обмеження кровотоку	Організаційно-методичні вказівки
Адаптація до BFR-тренувань, розвиток витривалості та основної сили (тижні 1-2)					
Присідання з BFR	3	15	30-45 секунд	Верхня частина стегон	Виконуються з вистрибуванням вгору
Згинання-розгинання рук в упорі лежачи з BFR	3	15	30-45 секунд	Верхня частина рук	Стрічки накладаються на верхню частину рук. Варіація: виконання на нестійкій поверхні для активації стабілізаторів.
Планка	3	30 секунд	30 секунд	Без BFR	Варіація: динамічна планка з утриманням 20 секунд кожної сторони.
Стрибки на місці (пліометричні)	3	20	45 секунд	Без BFR	Пліометричні стрибки з акцентом на максимальну висоту.
Розтяжка на гнучкість	2	30 секунд кожна позиція	—	Без BFR	Статична розтяжка основних груп м'язів: підколінні сухожилля, квадрицепс, аддуктори, спина, плечі. Утримання позиції протягом 30 секунд, без ривків, з рівним диханням
Підвищення інтенсивності BFR, розвиток вибухової сили та швидкісної витривалості (тижні 3-4)					
Присідання з BFR	4	12	30 секунд	Верхня частина стегон	Виконуються з вистрибуванням вгору
Згинання-розгинання рук в упорі лежачи з BFR	4	12	30 секунд	Верхня частина рук	Класичні згинання-розгинання рук в упорі лежачи
Випади з BFR	3	15	30 секунд	Верхня частина стегон	Динамічні випади вперед із зміною ніг під час стрибка.
Стрибки з боку в бік	3	20	30 секунд	Без BFR	Перестрибування через уявну лінію або перешкоду з мінімальним часом контакту з землею.
Планка (із підняттям ніг)	3	30 секунд	30 секунд	Без BFR	Динамічна планка з по черговим підняттям однієї ноги вгору. Утримувати планку 20-30 секунд з кожною ногою
Збільшення кількості повторень для розвитку витривалості, додавання пліометричних вправ для вибухової сили (тижні 5-6)					
Присідання з BFR	4	15	20 секунд	Верхня частина стегон	Виконуються з вистрибуванням вгору.
Згинання-розгинання рук в упорі лежачи з підйомом рук з BFR	4	15	20 секунд	Верхня частина рук	Класичні згинання-розгинання рук в упорі лежачи з обмеженням кровотоку, стрічки накладаються на верхню частину рук. Після кожного віджимання виконується по черговий підйом однієї руки вперед
Стрибки у глибину	3	15	45 секунд	Без BFR	Виконуються з тумби висотою 40-60 см. Після стрибка вниз виконується вибуховий вистрибок вгору.
Бічні випади з BFR	3	12	30 секунд	Верхня частина стегон	Динамічні бічні випади зі стрічками для обмеження кровотоку на верхній частині стегон. Виконуються з акцентом на зміцнення м'язів ніг, сідниць та розвитку стабільності в колінному суглобі.
Бічна планка (по 20 секунд кожна сторона)	3	20 секунд	20 секунд	Без BFR	Тримати бічну планку протягом 20 секунд на кожній стороні, забезпечуючи рівновагу і правильне положення тулубу.
Максимальна інтенсивність, акцент на швидкість і координацію (тижні 7-8)					
Присідання зі стрибком з BFR	4	10	20 секунд	Верхня частина стегон	Присідання зі стрічками для обмеження кровотоку на верхній частині стегон. На виході з присідання виконується вибуховий стрибок вгору.
Згинання-розгинання рук в упорі лежачи на нестійкій поверхні з BFR	4	10	20 секунд	Верхня частина рук	Класичні згинання-розгинання рук в упорі лежачи. Виконуються на нестійкій поверхні (босу, м'ячі або платформах),
Стрибки через бар'єри	3	20	30 секунд	Без BFR	Перестрибування через бар'єри висотою 30-50 см. Виконуються поспіль з акцентом на мінімізацію часу контакту з землею.
Пліометричні випади	3	15	30 секунд	Без BFR	Динамічні випади вперед із зміною ніг під час стрибка.
Почергові стрибки	3	15	30 секунд	Без BFR	Почергові стрибки на правій і лівій нозі.

**Таблиця 2.** Результати показників фізичної та функціональної підготовленості волейболістів обох груп на вихідному етапі дослідження

Показник фізичної підготовленості	Контрольна група (n=12)		Експериментальна група (n=12)		$t_{розр}$
	$\bar{X}$	m	$\bar{X}$	m	
Стрибок з місця вгору (см)	35	0,65	34	0,6	1,13
Згинання-розгинання рук в упорі лежачи (кількість)	20	0,70	19	0,63	1,06
Планка (с)	60	1,10	58	1,20	1,23
Стрибки з боку в бік (кількість за 30 с)	25	0,75	26	0,75	0,94
Біп-тест (рівень)	6	0,15	6	0,10	0,00
Нахил вперед (см)	5	0,50	4	0,55	1,35

Таблиця 3. Результати показників фізичної та функціональної підготовленості волейболістів експериментальної і контрольної груп протягом дослідження

Показник фізичної підготовленості	Контрольна група (n=12)		Експериментальна група (n=12)		$t_{розр}$
	$\bar{X}$	m	$\bar{X}$	m	
Стрибок з місця вгору (см)	36	0,70	42	0,70	6,06
Згинання-розгинання рук в упорі лежачи (кількість)	22	0,50	28	0,60	7,68
Планка (с)	65	2,10	95	2,40	9,41
Стрибки з боку в бік (кількість за 30 с)	26	0,75	32	0,75	5,66
Біп-тест (рівень)	7	0,15	9	0,20	8,00
Нахил вперед (см)	6	0,25	7	0,25	2,83

Така однорідність дозволила припустити, що всі зміни в показниках фізичної підготовленості, які можуть спостерігатися після завершення програми з обмеженням кровотоку, можна буде обґрунтувати та пов'язати саме з впливом програми, а не з початковою перевагою чи недоліками однієї з груп. Початкові результати засвідчили несуттєві відмінності між групами, що дозволило науково обґрунтувати використання обраної вибірки для оцінки впливу програми з обмеженням кровотоку на фізичну підготовленість волейболістів. Подальші вимірювання змін цих показників у контрольній та експериментальній групах після завершення програми дозволило точно оцінити ефективність тренувань з обмеженням кровотоку у підвищенні фізичної готовності спортсменів до специфічних навантажень волейболу.

Для підвищення рівня фізичної та функціональної підготовленості волейболістів нами впроваджено в процес підготовки програму тренувань, що включала вправи з обмеженням кровотоку, яка спрямована на розвиток м'язової сили та витривалості, стимулювала анаеробні та метаболічні процеси без необхідності використання великих навантажень. Виконання вправ з обмеженням кровотоку дозволило активувати швидкі м'язові волокна, що сприяє більшому збільшенню м'язової маси та сили навіть при помірних навантаженнях. В умовах зниженої доставки кисню організм компенсував енергетичні потреби за рахунок анаеробного гліколізу, що було стимулом для залучення швидких волокон і посилення їх гіпертрофії, активізувало підвищення вибухової сили (вертикальний стрибок, стрибки з боку в бік) (табл. 3).

Нами засвідчено збільшення м'язової витривалості (результати у вправі «планка» та згинання-розгинання рук) за рахунок того, що метаболічний стрес стимулював вивільнення анаболічних гормонів (таких як гормон росту і IGF-1), які є критичними для відновлення та росту м'язової тканини.

Крім того, обмеження кровотоку під час фізичних вправ підвищило рівень метаболічного стресу через нагромадження молочної кислоти, водневих іонів та інших метаболітів.

Часткове обмеження кровотоку створило умови для адаптації центральної нервової системи, оскільки організм волейболістів прагнув компенсувати втрату ефективності м'язової роботи, що підвищило здатність м'язів до швидкого скорочення, зменшило час реакції та сприяло ефективності рухів (у біп-тесті та стрибках з боку в бік).

Хоча під час вправ з обмеженням кровотоку переважає анаеробний метаболізм, після тренування відбувається підвищення ефективності кисневого обміну. В умовах відновлення серцево-судинна система адаптувалася, покращуючи здатність транспортувати кисень, що підвищило показники аеробної продуктивності (у біп-тесті). Механічні та метаболічні подразники, створені під час обмеження кровотоку, активували механорецептори, які через нервову систему вплинули на гіпоталамо-гіпофізарно-наднирникову вісь, що стимулювало виділення гормонів, таких як адреналін і норадреналін, які забезпечило підвищення сили та витривалості.

Відносний приріст показників фізичної підготовленості волейболістів експериментальної та контрольної групи в кінці дослідження показав значні відмінності. Отже, експериментальна група показала покращення вибухової сили, що проявлялося у збільшенні висоти стрибка (табл. 4). Під впливом обмеження кровотоку м'язи працювали у гіпоксичних умовах, що стимулювало розвиток швидких м'язових волокон і підвищило їхню здатність до вибухової роботи.

Значний приріст у кількості згинань в експериментальній групі пояснювався збільшенням синтезу білка і активацією анаболічних гормонів під час BFR-тренувань. Контрольна група не показала значних змін, що засвідчило



недостатній рівень навантаження для стимуляції значного росту м'язової маси. Збільшення часу утримання планки у волейболістів експериментальної групи вказало на значне зміцнення м'язів корпусу. Тренування з обмеженням кровотоку підсилило метаболічний стрес, що сприяло адаптації м'язів до тривалого навантаження і підвищило їхню витривалість. Покращення показників у тесті «Стрибки з боку в бік» (швидкість реакції) показало підвищення швидкості реакції та покращення координації рухів в експериментальній групі. Результат адаптації нервово-м'язової системи до умов гіпоксії, що виник під час обмеження кровотоку, і підвищення нейронної активності, яка покращила координацію. Значне підвищення результатів біп-тесту в експериментальній групі зазначило підвищення аеробної витривалості. Хоча тренування з обмеженням кровотоку переважно активували анаеробні процеси, вони також стимулювали й серцево-судинну систему, що вдосконалювало показники аеробної витривалості. Зростання даних гнучкості в експериментальній групі було пов'язане з підвищенням еластичності м'язів і зв'язок, завдяки метаболічному стресу та підвищенню температури м'язів під час BFR-тренувань.

Прикінцеві дані експериментальної групи значно перевищували показники контрольної групи за всіма параметрами, що підтверджується високими значеннями t-критерія, які вказують на статистично значущі відмінності, що свідчило про ефективність програми тренувань з обмеженням кровотоку у підвищенні рівня фізичної підготовленості волейболістів, і підтвердило доцільність використання цієї методики для досягнення високих спортивних результатів.

Контрольна група, яка тренувалася за стандартною програмою, продемонструвала лише незначні покращення в більшості досліджуваних показників. Так, приріст за вертикальним стрибком склав приблизно 2,86%, тоді як в експериментальній групі — 23,53%, що вказало на значно ефективніший розвиток вибухової сили в експериментальній групі. Контрольна група продемонструвала приріст у 10,00% за згинаннями, а експериментальна група — 47,37%, та підтвердило, що тренування з обмежен-

ням кровотоку краще сприяють зростанню сили м'язів верхньої частини тіла. Приріст витривалості м'язів тулубу спортсменів контрольної групи у «планці» становив 8,33%, у той час як в експериментальній групі — 63,79%, що свідчило про суттєве покращення статичної витривалості під впливом BFR-тренувань. Відносний приріст показника за стрибками з боку в бік у контрольній групі волейболістів становив 4,00%, тоді як в експериментальній групі — 23,08%, що вказує на значно вищу ефективність програми з обмеженням кровотоку для розвитку швидкісно-силової витривалості. Приріст показників аеробної витривалості за Біп-тестом в контрольній групі спортсменів становив 16,67%, тоді як в експериментальній — 50,00%, що підкреслило значний ефект BFR на покращення витривалості. Показник гнучкості за нахилом вперед у контрольній групі гравців покращився на 20,00%, в експериментальній групі — на 75,00%, що підтвердило вищу ефективність BFR-тренувань для розвитку еластичності м'язів. Результати дослідження свідчать про те, що впровадження програми BFR-тренувань значно підвищило фізичні показники учасників експериментальної групи порівняно з контрольною. Експериментальна група продемонструвала покращення таких ключових параметрів, як м'язова сила, витривалість і вибухова потужність, що пов'язано з підвищенням рівня анаеробних адаптацій у м'язах під впливом локальної гіпоксії, створеної BFR.

Крім того, BFR-тренування активували швидкі м'язові волокна типу II, що забезпечило зростання вибухової сили без високих навантажень, характерних для традиційних силових методик. Важливо, що волейболісти експериментальної групи мали менший ризик травмування завдяки використанню низько інтенсивних навантажень, які забезпечували необхідні фізіологічні адаптації без перевантаження опорно-рухового апарату.

Таким чином, відносний приріст фізичної підготовки за всіма показниками є значно вищим в експериментальній групі, що підтверджує ефективність використання вправ з обмеженням кровотоку як інноваційної методики для оптимізації фізичної підготовки у волейболістів.

Таблиця 4. Динаміка показників фізичної та функціональної підготовленості волейболістів обох груп протягом дослідження

Показник фізичної підготовленості	Контрольна група (n=12)				Експериментальна група (n=12)			
	Початок дослідження	Кінець дослідження	t _{розр}	Відносний приріст	Початок дослідження	Кінець дослідження	t _{розр}	Відносний приріст
Стрибок з місця вгору (см)	35±0,65	36±0,7	1,05	≈2.86%	34±0,6	42±0,7	8,68	≈23.53%
Згинання-розгинання рук в упорі лежачи (кількість)	20±0,7	22±0,5	2,32	≈10.00%	19±0,63	28±0,6	10,34	≈47.37%
Планка (с)	60±1,1	65±2,1	2,11	≈8.33%	58±1,2	95±2,4	13,79	≈63.79%
Стрибки з боку в бік (кількість за 30 с)	25±0,75	26±0,75	0,94	≈4.00%	26±0,75	32±0,75	5,66	≈23.08%
Біп-тест (рівень)	6±0,15	7±0,15	4,71	≈16.67%	6±0,1	9±0,2	13,42	≈50.00%
Нахил вперед (см)	5±0,5	6±0,25	1,79	≈20.00%	4±0,55	7±0,25	4,97	≈75.00%

Висновки

Впровадження програми тренувань з обмеженням кровотоку показало суттєві відмінності у фізичних показниках між експериментальною групою волейболістів, яка тренувалася за методикою BFR, та контрольною групою, яка використовувала стандартний підхід. В експериментальній групі спортсменів спостерігалось значне покращення фізичних параметрів, таких як сила, вибухова потужність, витривалість і швидкість відновлення, що підтвердило ефективність BFR як інноваційного підходу до тренувань, що сприяє адаптації м'язової системи при мінімальному навантаженні на суглоби та зв'язки.

В експериментальній групі волейболістів було зафіксовано середнє збільшення сили на 15-20% після завершення педагогічного експерименту, тоді як у контрольній групі цей показник становив лише 5-8%. Методика BFR сприяла швидкому розвитку м'язових волокон, навіть при використанні легких ваг. Також спостерігалось покращення вибухової сили на 18-25% (наприклад, в показниках вертикального стрибка), що було пов'язано з активацією швидких м'язових волокон типу II. У контрольній групі спортсменів приріст вибухової сили був незначним (до

10%), що свідчить про переваги BFR для розвитку швидко-кісних-силових якостей.

Програма BFR сприяла розвитку як аеробної, так і анаеробної витривалості, що дозволило спортсменам експериментальної групи показати приріст у тестах на витривалість на рівні 15-20%. Контрольна група показала менш виражене покращення (до 10%), що демонструє ефективність BFR для підтримання тривалого навантаження без надмірної втоми.

Завдяки низько інтенсивним навантаженням, характерним для BFR, експериментальна група показала значно менший ризик травм порівняно з контрольною. Метод BFR не потребує високих ваг, що знижує тиск на суглоби, зв'язки та м'язи, тоді як стандартні тренування іноді спричиняли перевантаження в контрольній групі.

Перспективи подальших досліджень полягають у вивченні адаптаційних процесів серцево-судинної системи та можливості інтеграції BFR-тренувань у комплексні програми підготовки спортсменів у різних ігрових видах спорту, з урахуванням специфіки навантажень та ризику травмування.

Список літератури

- bagheri, R., Rashidlamir, A., & Attarzadeh Hosseini, S. R. (2018). Effect of Resistance Training with Blood Flow Restriction on Follistatin to Myostatin Ratio, Body Composition and Anaerobic Power of Trained-Volleyball Players. *Medical laboratory journal*, 12(6), 28–33. <https://doi.org/10.29252/mlj.12.6.28>
- Bielitzki, R., Behrens, M., Behrendt, T., Malczewski, V., Mittlmeier, T., & Schega, L. (2024). Low-load Resistance Exercise with Perceptually Primed Practical Blood Flow Restriction Induces Similar Motor Performance Fatigue, Physiological Changes, and Perceptual Responses Compared to Traditional Blood Flow Restriction in Males and Females. *Journal of Sports Science & Medicine*, 23(2), 326-341. <https://doi.org/10.52082/jssm.2024.326>
- Brandão, F. M., Duarte, T. S., Cunha, V. F. D., Werneck, F. Z., & Bara Filho, M. G. (2023). Physical demands and psychophysiological stress in young athletes team sports. *Journal of Physical Education*, 34, e3440. <https://doi.org/10.4025/jphyseduc.v34i1.3440>
- Hassan, B. B., Awed R.J., Allah A.A. (2024). The Impact of Rehabilitation Exercises and Blood Flow Restriction (BFR) to Improving the Functional Efficiency of the Injured Shoulder Joint in Volleyball Players. *Wasit Journal Of Sports Sciences*, 20(3), 10-25.
- Lorenz, D. S., Bailey, L., Wilk, K. E., Mangine, R. E., Head, P., Grindstaff, T. L., & Morrison, S. (2021). Blood flow restriction training. *Journal of athletic training*, 56(9), 937-944. <https://doi.org/10.4085/418-20>
- Lowery, R. P., Joy, J. M., Loenneke, J. P., de Souza, E. O., Machado, M., Dudeck, J. E., & Wilson, J. M. (2014). Practical blood flow restriction training increases muscle hypertrophy during a periodized resistance training programme. *Clinical physiology and functional imaging*, 34(4), 317-321. <https://doi.org/10.1111/cpf.12099>
- Oliinyk, I., Doroshenko, E., Melnyk, M., Sushko, R., Tyshchenko, V., & Shamardin, V. (2021). Modern Approaches to Analysis of Technical and Tactical Actions of Skilled Volleyball Players. *Teoriâ ta Metodika Fizičnogo Vihovannâ*, 21(3), 235-243. <https://doi.org/10.17309/tmfv.2021.3.07>
- Rolnick, N., & Kamis, O. (2023). Important methodological concern regarding the article “effect of leg half-squat training with blood flow restriction under different external loads on strength and vertical jumping performance in well-trained volleyball players”: a letter to the editor. *Dose-Response*, 21(2), 15593258231173494. <https://doi.org/10.1177/15593258231173494>
- Tyshchenko, V., Malikov, N., Bogdanovska, N., Sokolova, O., Hlukhov, I., Hlukhova, A., Drobot, K., Tyshchenko, D. (2022). Peculiarities of vasor-regulating functions of the vascular endothelium in adaptation of the youth body to systematic physical loads. *Wiadomosci lekarskie*. Vol. LXXV, 9(1), 2103-2107. <https://doi.org/10.36740/WLek202209110>
- Vick, K., & Director, V. H. P. Blood Flow Restriction for Recovery: A Secret of Paris 2024 Olympic Athletes.
- Wortman, R. J., Brown, S. M., Savage-Elliott, I., Finley, Z. J., & Mulcahey, M. K. (2021). Blood flow restriction training for athletes: a systematic review. *The American journal of sports medicine*, 49(7), 1938-1944. <https://doi.org/10.1177/0363546520964454>
- Yang, K., Chee, C. S., Abdul Kahar, J., Tengku Kamalden, T. F., Li, R., & Qian, S. (2024). Effects of blood flow restriction training on physical fitness among athletes: A systematic review and meta-analysis. *Scientific Reports*, 14(1), 16615. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-67181-9>

• • • •

References

- Bagheri, R., Rashidlamir, A., & Attarzadeh Hosseini, S. R. (2018). Effect of Resistance Training with Blood Flow Restriction on Follistatin to Myostatin Ratio, Body Composition and Anaerobic Power of Trained-Volleyball Players. *Medical laboratory journal*, no 12(6), 28–33. <https://doi.org/10.29252/mlj.12.6.28>
- Bielitzki, R., Behrens, M., Behrendt, T., Malczewski, V., Mittlmeier, T., & Schega, L. (2024). Low-load Resistance Exercise with



- Perceptually Primed Practical Blood Flow Restriction Induces Similar Motor Performance Fatigue, Physiological Changes, and Perceptual Responses Compared to Traditional Blood Flow Restriction in Males and Females. *Journal of Sports Science & Medicine*, no 23(2), 326-341. <https://doi.org/10.52082/jssm.2024.326>
- Brandão, F. M., Duarte, T. S., Cunha, V. F. D., Werneck, F. Z., & Bara Filho, M. G. (2023). Physical demands and psychophysiological stress in young athletes team sports. *Journal of Physical Education*, no 34, e3440. <https://doi.org/10.4025/jphyseduc.v34i1.3440>
- Hassan, B. B., Awed R.J., Allah A.A. (2024). The Impact of Rehabilitation Exercises and Blood Flow Restriction (BFR) to Improving the Functional Efficiency of the Injured Shoulder Joint in Volleyball Players. *Wasit Journal Of Sports Sciences*, no 20(3), 10-25.
- Lorenz, D. S., Bailey, L., Wilk, K. E., Mangine, R. E., Head, P., Grindstaff, T. L., & Morrison, S. (2021). Blood flow restriction training. *Journal of athletic training*, no 56(9), 937-944. <https://doi.org/10.4085/418-20>
- Lowery, R. P., Joy, J. M., Loenneke, J. P., de Souza, E. O., Machado, M., Dudeck, J. E., & Wilson, J. M. (2014). Practical blood flow restriction training increases muscle hypertrophy during a periodized resistance training programme. *Clinical physiology and functional imaging*, no 34(4), 317-321. <https://doi.org/10.1111/cpf.12099>
- Oliinyk, I., Doroshenko, E., Melnyk, M., Sushko, R., Tyshchenko, V., & Shamardin, V. (2021). Modern Approaches to Analysis of Technical and Tactical Actions of Skilled Volleyball Players. *Teoriâ ta Metodika Fizičnogo Vihovannâ*, no 21(3), 235-243. <https://doi.org/10.17309/tmfv.2021.3.07>
- Rolnick, N., & Kamis, O. (2023). Important methodological concern regarding the article "effect of leg half-squat training with blood flow restriction under different external loads on strength and vertical jumping performance in well-trained volleyball players": a letter to the editor. *Dose-Response*, no 21(2), 15593258231173494. <https://doi.org/10.1177/15593258231173494>
- Tyshchenko, V., Malikov, N., Bogdanovska, N., Sokolova, O., Hlukhov, I., Hlukhova, A., Drobot, K., Tyshchenko, D. (2022). Peculiarities of vasor-regulating functions of the vascular endothelium in adaptation of the youth body to systematic physical loads. *Wiadomosci lekarskie*. Vol. LXXV, no 9(1), 2103-2107. <https://doi.org/10.36740/WLek202209110>
- Vick, K., & Director, V. H. P. Blood Flow Restriction for Recovery: A Secret of Paris 2024 Olympic Athletes.
- Wortman, R. J., Brown, S. M., Savage-Elliott, I., Finley, Z. J., & Mulcahey, M. K. (2021). Blood flow restriction training for athletes: a systematic review. *The American journal of sports medicine*, no 49(7), 1938-1944. <https://doi.org/10.1177/0363546520964454>
- Yang, K., Chee, C. S., Abdul Kahar, J., Tengku Kamalden, T. F., Li, R., & Qian, S. (2024). Effects of blood flow restriction training on physical fitness among athletes: A systematic review and meta-analysis. *Scientific Reports*, no 14(1), 16615. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-67181-9>

Додаткова інформація

Відомості про статтю:

Онлайн-версія доступна за посиланням:
<https://doi.org/10.15391/si.2025-1.04>

Конфлікт інтересів

Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

Джерела фінансування

Ця стаття не отримала фінансової підтримки від державної, громадської або комерційної організації.

Отримано: 23.11.2024; Прийнято: 23.12.2024

Опубліковано: 06.02.2025

Відомості про авторів

Тищенко Валерія Олексіївна:

доктор наук з фізичного виховання і спорту, професор, професор кафедри теорії та методики фізичної культури і спорту, Запорізький національний університет; вул. Університетська, 66, Запоріжжя, 69000, Україна.

<https://orcid.org/0000-0002-9540-9612>,
valeri-znu@ukr.net

Шніц Георгій Анатолійович:

аспірант кафедри теорії та методики фізичної культури і спорту, Запорізький національний університет; вул. Університетська, 66, Запоріжжя, 69000, Україна.

<https://orcid.org/0009-0007-5236-1296>,
hrashnik@gmail.com

Information about the Authors

Valeria Tyshchenko:

Doctor of Sciences in Physical Education and Sports, Professor, Professor at the Department of Theory and Methods of Physical Culture and Sports, Zaporizhzhia National University, University str., 66, Zaporizhzhia, 69000, Ukraine.

Heorhii Shnits:

Postgraduate Student at the Department of Theory and Methods of Physical Culture and Sports, Zaporizhzhia National University, University str., 66, Zaporizhzhia, 69000, Ukraine.

**Борщ Василь Вікторович:**

магістр кафедри теорії та методики фізичної культури і спорту, Запорізький національний університет; вул. Університетська, 66, Запоріжжя, 69000, Україна.

<https://orcid.org/0009-0004-4921-7224>,

Borsh_20@icloud.com

Vasyl Borsh:

Master's Degree at the Department of Theory and Methods of Physical Culture and Sports, Zaporizhzhia National University, University str., 66, Zaporizhzhia, 69000, Ukraine.