

О БЕЗОПАСНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТРЕНИРОВОК С ОГРАНИЧЕНИЕМ КРОВОТОКА (зонтичный обзор систематических обзоров)

**Ф.А. КОЛОСКОВ,
А.Б. МИРОШНИКОВ, А.В. МЕШТЕЛЬ,
РУС «ГЦОЛИФК», г. Москва**

Аннотация

Эффективность тренировок с ограничением кровотока по сравнению с другими формами тренировок, такими как тренировки с отягощениями, оценивалась по данным литературы в клинических и неклинических группах населения. Однако безопасность этого вмешательства остается под вопросом. Целью исследования стало проведение систематического поиска и обобщение систематических обзоров и/или метаанализов по безопасности применения окклюзионного тренинга. Систематический поиск публикаций был проведен в PubMed, Cochrane Library, Epistemonikos, MedNar, ResearchGate и Google Scholar за период с 20.06.2003 г. по 20.06.2023 г. Было включено и проанализировано 16 систематических обзоров. Авторы 11 (69%) систематических обзоров пришли к мнению о безопасности применения окклюзионных тренировок, особенно для мышц нижних конечностей.

Ключевые слова: тренировки с ограничением кровотока, KAATSU тренировка, сосудистая окклюзия, тренировки с отягощениями.

ON THE SAFETY OF THE USE OF BLOOD FLOW RESTRICTION TRAINING (an umbrella review of systematic reviews)

**F.A. KOLOSKOV,
A.B. MIROSHNIKOV, A.V. MESHTEL,
RUS "GTSOLIFK", Moscow city**

Abstract

The effectiveness of blood flow restriction training compared to other forms of training such as resistance training has been evaluated in the literature in clinical and non-clinical populations. However, the safety of this intervention remains questionable. The purpose of the study was to conduct a systematic search and synthesis of systematic reviews and/or meta-analyses on the safety of occlusal training. A systematic search of publications was carried out in PubMed, Cochrane Library, Epistemonikos, MedNar, ResearchGate and Google Scholar since 20.06.2003 to 06.20.2023. 16 systematic reviews were included and analyzed. The authors of 11 (69%) systematic reviews concluded that occlusal training is safe to use, especially for the muscles of the lower extremities.

Keywords: blood flow restriction training, KAATSU training, vascular occlusion, resistance training.

Актуальность исследования

Тренировки с ограничением кровотока (Blood flow restriction (BFR)) привлекли повышенное внимание в последние годы из-за появления данных о том, что люди могут достичь большей степени субъективного мышечного напряжения и физиологических изменений при более низком объеме тренировочных нагрузок с отягощениями [1]. Однако безопасность применения BFR-тренинга оставалась долго в тени научного дискурса. Согласно опросу, проведенному в 2006 г. Nakajima и соавторами [2], частота побочных эффектов при BFR-тренинге была

следующей: венозный тромб (0,055%), легочная эмболия (0,008%) и рабдомиолиз (0,008%). Авторы сделали выводы, что данная методика является безопасной и перспективной тренировкой для спортсменов и здоровых людей, а также может применяться у лиц с различными физическими отклонениями. Через 10 лет тот же коллектив авторов повторил данный опрос и отметил следующие специфические симптомы от применения BFR-тренинга: головокружение, подкожные кровоизлияния, сонливость, онемение, тошнота и зуд. Авторы не обнаружили серьез-



ных побочных эффектов, таких как инсульт головного мозга, тромбоз или рабдомиолиз [3].

Тем не менее неизвестно, перевешивают ли долгосрочные преимущества упражнений с BFR в отношении силы и гипертрофии мышц потенциальные краткосрочные и долгосрочные осложнения для здоровья сердечно-сосудистой системы (повышенная реакция артериального давления (АД), тромболитические явления и поврежденные сосудистой системы [4, 5]), а также реакции перцептивного типа (обмороки, онемение, боль, дискомфорт, синяки, головокружение и судороги [6]), отсроченную мышечную болезненность, повреждение мышц [7, 8] и глаз [9].

На основании анализа проблемной ситуации, данных современной научной литературы и запросов спортивных врачей, физиологов и тренеров была сформулирована **цель исследования:** провести систематический поиск и обобщение систематических обзоров и/или метаанализов по безопасности применения окклюзионного тренинга (тренировка с применением жгутов, обвязываемых вокруг конечностей на время выполнения упражнений).

Материал и методы исследования

Протокол. Исследование проходило на кафедре спортивной медицины РУС «ГЦОЛИФК». Оно было проведено в соответствии с рекомендациями по предоставлению необходимых данных в систематических обзорах и метаанализах (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA)) [9] и анализу в обзорах систематических обзоров (Preferred Reporting Items for Overviews of Reviews (PRIOR)) [10]. Протокол исследования был составлен до начала поиска и не менялся ни во время, ни после его окончания; был зарегистрирован в международной базе OSF (<https://doi.org/10.17605/OSF.IO/XHUPF>). До начала поиска было определено, что в обзор войдут только систематические обзоры и/или метаанализы рандомизированных контролируемых исследований (РКИ) и обсервационных исследований, т.к. этот вид исследований является «золотым стандартом» доказательной медицины и дает исчерпывающую картину пользы и вреда, связанных с вмешательством.

Источники информации и стратегии поиска. Поиск литературы производился в базах данных PubMed, Cochrane Library, Epistemonikos, MedNar и ResearchGate по следующим ключевым словам: “Blood Flow Restriction AND (safety concerns OR vascular health)”, “KAATSU AND (safety concerns OR vascular health)”, “blood flow occlusion AND safety”, “blood flow restriction AND resting blood pressure”, “occlusion training AND safety”, “blood flow restriction AND safety”, «KAATSU AND blood flow restriction (safety concerns OR vascular health OR systematic review OR meta-analysis)”. Временные рамки поиска составили 20 лет (с 20.06.2003 по 20.06.2023 г.). Исключение систематических обзоров, опубликованных до 2003 г., было основано на методологических, статистических и протокольных ограничениях предыдущих работ по сравнению с сегодняшней доказательной базой. Чтобы еще больше улучшить наш поиск, мы провели поиск «серой» литературы в Интернете, базе Google Scholar. Затем

списки ссылок в найденных исследованиях были подвешены ручному поиску, чтобы выявить потенциально подходящие исследования, не охваченные электронным поиском. Чтобы исследование вошло в обзор, оно должно было соответствовать следующим критериям включения, основанным на системе PICOS (Population, Intervention, Comparison, Outcomes, Study) [11]. *P* – мужчины и женщины старше 18 лет; *I* – тренировка с ограничением кровотока; *C* – сравнение с контрольной группой или началом вмешательства; *O* – в систематических обзорах оценивалась безопасность и побочные эффекты; *S* – систематические обзоры и/или метаанализы с широким спектром протоколов исследований, включая РКИ как с группами, не выполняющими упражнения, так и контрольными группами, выполняющими фиктивные упражнения, а также с экспериментальными вмешательствами с использованием физических упражнений без контрольных групп.

Отбор исследований. Первоначально два автора обзора (Колосков Ф.А. и Мештель А.В.) параллельно, независимо друг от друга, проверяли заголовки статей, абстракты и, при необходимости, полные тексты из записей базы данных в соответствии с критериями приемлемости. Дубликаты и статьи, не соответствующие критериям, удалялись. Любые несоответствия разрешались путем консенсусного обсуждения, а любые разногласия разрешались другим рецензентом (Мирошников А.Б.). При отборе исследований не было ограничений по языку статьи. Затем два автора обзора (Колосков Ф.А. и Мештель А.В.) параллельно, независимо друг от друга, извлекали полнотекстовые статьи.

Качество исследований и извлечения данных. Методологическое качество включенных статей оценивалось с помощью инструмента «Оценка методологического качества систематических обзоров» (A MeaSurement Tool to Assess systematic Reviews (AMSTAR-2)) [12], состоящего из 16 пунктов. Качество каждой подходящей статьи было независимо друг от друга проанализировано двумя исследователями (Колосковым Ф.А. и Мештелем А.В.). Всякий раз, когда возникали разногласия между оценками двух исследователей, консенсус достигался либо путем обсуждения, либо с помощью третьего рецензента (Мирошникова А.Б.). Объективность оценки (каппа-тест) варьировалась от 0,58 (слабое) до 1,00 (почти идеальное), как рекомендует McHugh [13]. В этом обзоре были выделены критические вопросы, которые могут существенно повлиять на достоверность обзора и его выводов, как это было предложено Shea и соавторами [12]. Поскольку в этом исследовании данные были представлены описательно, статистический анализ не проводился.

Результаты исследования

Поиск, отбор и включение публикаций. Всего в базах данных было выявлено 70 563 упоминания. Затем эти данные были экспортированы, и любые дубликаты или статьи, не соответствующие критериям включения, были удалены вручную. На рис.1 изображена блок-схема процесса отбора исследований PRISMA для обзора. Из 16



статей, включенных в этот комплексный обзор, 7 статей были систематическими обзорами, а 9 – метаанализами. Хронологический анализ статей, рассмотренных в этом обзоре, свидетельствует о последних достижениях в этой области исследований, подчеркивая, что 100% систематических обзоров были опубликованы в течение последних 6 лет (с 2017 по 2023 г.), а самый ранний – в 2017 г. Тринадцать обзоров [14–26] были посвящены оценке безопасности применения BFR-тренинга для сердечно-сосудистой системы (табл. 1 и 2); один метаанализ [27] оце-

нивал величину окислительного стресса при применении BFR-тренинга (табл. 3) и два метаанализа [28, 29] оценивали безопасность применения BFR-тренинга у людей с нарушениями опорно-двигательного аппарата (табл. 3).

Качество обзоров. Общее методологическое качество 16 включенных обзоров резюмировано в табл. 1. На основании оценки общей достоверности, полученной с помощью AMSTAR-2 [12], общая достоверность результатов 11 (68,8%) обзоров была оценена как «чрезвычайно низкая».

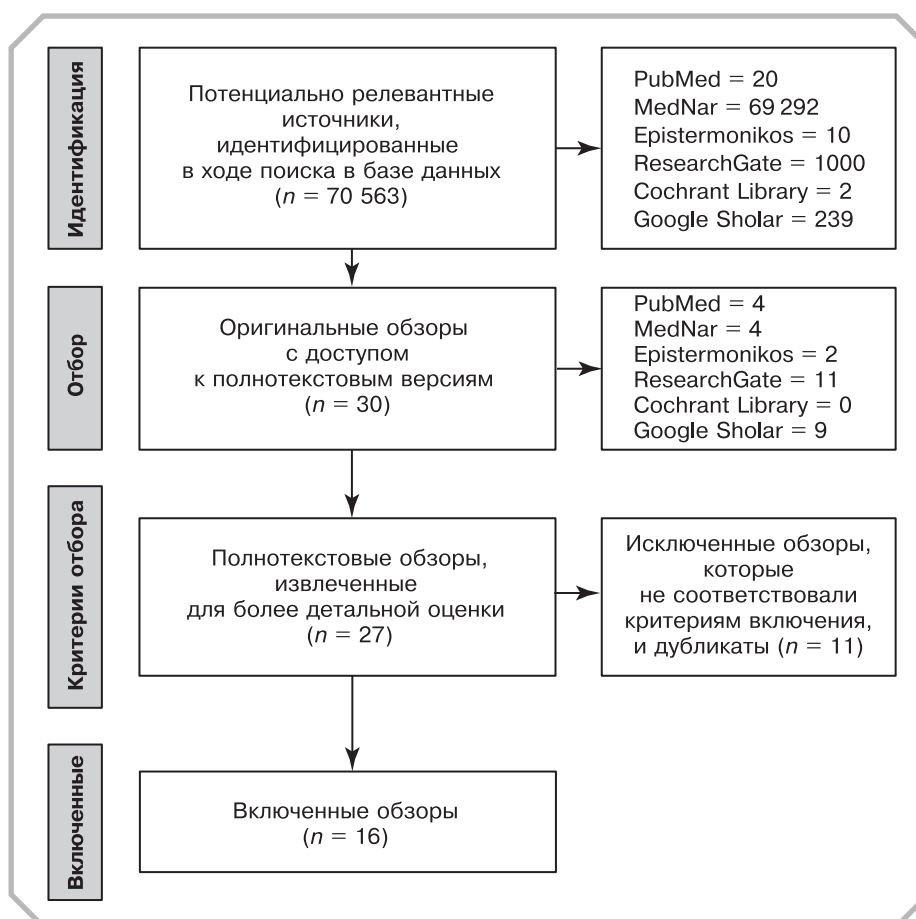


Рис. 1. Блок-схема PRISMA

Кроме того, достоверность одного обзора была оценена как «умеренная» (6,3%), 4 обзора – как «низкая» (25%). Так как систематические обзоры и метаанализы являются недавним методом исследований в области кардиореабилитации и спортивной медицины, мы не ис-

ключали ни одно из исследований из дальнейшего анализа на основе оценки качества. Количество исследований, включенных в эти обзоры, варьировалось от 3 [24] до 38 [19]. Многие обзоры часто комбинировали РКИ и не-РКИ.

Обсуждение исследования

Объединяя выводы систематических обзоров с «чрезвычайно низкой и низкой достоверностью», можно сказать следующее:

- 1) шесть обзоров [14, 18, 19, 20, 22, 26] находят положительную связь между тренировками с BFR и срочным улучшением сосудистых функций у здоровых пожилых людей;
- 2) два обзора [15, 16] указывают на противоречивые исходы. В обзоре Amorim и коллег [15] авторы отмечают положительное влияние окклюзионных тренировок

мышц нижних конечностей на косвенные маркеры артериальной жесткости, а также срочное повышение центрального АД и скорости пульсовой волны у здоровых молодых людей при тренировке мышц верхних конечностей. Обзор Cardozo и соавторов [16] находит дозозависимую связь между ограничением кровотока, вызванным BFR, и срочным снижением эндотелиальной функции у здоровых и активных молодых людей, но не у пожилых);



3) два обзора [17, 21] не могут сделать выводы о безопасности применения тренировок с BFR из-за слабого методологического дизайна включенных исследований;

4) три обзора [23, 24, 25] изучали реакцию АД при применении тренировок с BFR ([23, 24] показали, что упражнения с BFR являются безопасными для пациентов с артериальной гипертензией, при этом метаанализ Wong и соавторов [25] показал, что тренировки с BFR могут вызывать повышение систолического АД в состоянии покоя);

5) два обзора [28, 29] показывают, что тренировки с отягощениями и BFR являются безопасным вмеша-

тельством, особенно при использовании в соответствии с рекомендациями пациентам с нарушениями опорно-двигательного аппарата. Авторы метаанализа с «умеренной достоверностью» [27] пришли к выводу, что упражнения с отягощениями с небольшим объемом нагрузки и BFR способствуют меньшему окислительному стрессу, чем упражнения с отягощением с большими объемами без BFR. Но нет различий в уровнях биомаркеров окислительного повреждения и эндогенных антиоксидантов в сравнении с упражнениями с низкой нагрузкой и без BFR.

Таблица 1

Включенные систематические обзоры, оценивающие безопасность применения окклюзионных тренировок

| Авторы обзоров, год издания | Включенные исследования | Основные краткие выводы | AMSTAR-2 |
|---------------------------------------|-------------------------|--|----------|
| Amorim et al., 2019 [14] | 22 | Наши результаты показывают, что добавление BFR к упражнениям даже улучшает функцию сосудов у здоровых пожилых людей | CL |
| Amorim et al., 2021 [15] | 5 | Упражнения с отягощениями низкой интенсивности с BFR, применяемые к верхним и нижним конечностям, могут вызвать острое повышение центрального АД и скорости пульсовой волны у здоровых молодых людей. Тогда как данный вид упражнений для нижних конечностей может вызывать положительные эффекты, связанные с косвенными маркерами артериальной жесткости | CL |
| Cardozo et al., 2023 [16] | 6 | Дозозависимая связь между кровотоком, вызванным BFR, и снижением эндотелиальной функции, по-видимому, имеет место у здоровых и активных молодых людей, но не у пожилых людей | CL |
| da Cunha Nascimento et al., 2020 [17] | 4 | Принимая во внимание ограниченные доступные данные, нельзя дать окончательных рекомендаций по упражнениям с BFR пациентам с артериальной гипертензией из-за слабого методологического дизайна исследований | CL |
| Liu et al., 2021 [18] | 8 | Тренировки с отягощениями и BFR оказывают более положительное влияние на функцию сосудов, чем тренировки с отягощениями без BFR при продолжительности тренировок не более четырех недель | CL |
| Maga et al., 2023 [19] | 38 | Полученные результаты показывают тенденции, указывающие на значительное положительное влияние тренировок с BFR на эндотелиальные функции и ангиогенез | L |
| Pereira-Neto et al., 2021 [20] | 26 | Тренировка с BFR может оказывать положительное влияние на функцию эндотелия. И факторы протокола BFR (например, режим и продолжительность упражнений) связаны с большими размерами эффекта для исходов сосудистой функции | L |
| Nascimento et al., 2019 [21] | 9 | Учитывая ограниченность имеющихся данных, невозможно дать какие-либо четкие рекомендации из-за слабого методологического дизайна исследования | CL |
| Neto et al., 2017 [22] | 21 | Этот метод можно считать безопасным и жизнеспособным для особых групп населения: пожилых людей и кардиологических пациентов, поскольку он способствует увеличению силы и гипертрофии при низкоинтенсивных тренировках без негативного изменения гемодинамических показателей | CL |
| Silveira et al., 2022 [23] | 5 | Тренировки с отягощениями и BFR являются безопасной альтернативой физическим упражнениям для гипертоников, особенно для тех, у кого непереносимость высоких тренировочных нагрузок | CL |
| Wong et al., 2018 [24] | 3 | Результаты показали, что упражнения с BFR являются безопасными для пациентов с артериальной гипертензией | CL |



Окончание табл. 1

| Авторы обзоров, год издания | Включенные исследования | Основные краткие выводы | AMSTAR-2 |
|-----------------------------|-------------------------|---|----------|
| Wong et al., 2022 [25] | 4 | Тренировки с BFR могут вызывать повышение систолического АД в состоянии покоя | CL |
| Zhang et al., 2022 [26] | 12 | Положительный эффект тренировки с низкой нагрузкой и BFR на сосудистую функцию у пожилых людей заключается в улучшении опосредованной потоком вазодилатации, сердечно-лодыжечного сосудистого индекса и лодыжечно-плечевого индекса | CL |
| Ferlito et al., 2023 [27] | 13 | Основываясь на доступных РКИ, обеспечивающих очень низкую или низкую достоверность доказательств, этот обзор демонстрирует, что упражнения с отягощениями с низкой нагрузкой и BFR способствуют меньшему окислительному стрессу по сравнению с упражнениями с отягощением с высокой нагрузкой без BFR, но нет различий в уровнях биомаркеров окислительного повреждения и эндогенных антиоксидантов в сравнении с упражнениями с низкой нагрузкой и без BFR | M |
| Minniti et al., 2020 [28] | 19 | Тренировки с отягощениями и BFR являются безопасным вмешательством, особенно при использовании в соответствии с рекомендациями, основанными на доказательствах пациентов с нарушениями опорно-двигательного аппарата, связанными с коленным суставом | L |
| Wang et al., 2022 [29] | 5 | Тренировки с отягощениями и BFR не имеют более высокого риска нежелательных явлений по сравнению с обычными тренировками с отягощениями | L |

Примечание:

BFR (Blood flow restriction) – ограничение кровотока; АД – артериальное давление; РКИ – рандомизированные контролируемые исследования; CL (Critically low) – чрезвычайно низкая достоверность; L (Low) – низкая достоверность; M (Moderate) – умеренная достоверность.

Заключение

Данный зонтичный обзор систематических обзоров и метаанализов по оценке безопасности применения тренировок с BFR был проведен для выявления недостатка эмпирической информации и их теоретического анализа. Исследования по оценке безопасности применения тренировок с BFR вызывают растущий интерес в течение последних 10 лет. Однако значительное количество (100% в данном зонтичном обзоре) систематических обзоров и метаанализов было опубликовано в последние 6 лет (2017–2023 гг.). В дополнение к потенциальным недостаткам (например, малый размер выборки, отсутствие правил рандомизации и проч.), выявленным в оригинальных исследованиях, наш обзор показал общее критически низкое методологическое качество, что свидетельствует о необходимости значительного улучшения методологических процедур в систематических обзорах.

Авторы 11 (69%) систематических обзоров, вошедших в данный зонтичный обзор, пришли к мнению о безопасном применении тренировок с BFR, особенно для мышц нижних конечностей. Вопреки многим положительным результатам и перспективам применения тренировок с BFR, следует отметить, что некоторые риски всё еще остаются в области безопасности этого метода при трени-

ровках мышц верхних конечностей. Учитывая ограниченность имеющихся данных, невозможно дать какие-либо четкие рекомендации из-за слабого методологического качества самих оригинальных исследований и метаанализов, включенных в обзор. Для полного и безопасного внедрения тренировок с BFR в клиническую и спортивную практику необходимы дальнейшие качественные РКИ в этих областях, которые позволят убедиться в эффективности и безопасности данного метода.

Источник финансирования работы

Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования и подготовке публикации.

Конфликт интересов

Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с проведенным исследованием и публикацией настоящей статьи.

Участие авторов

Концепция, дизайн исследования и написание текста – Ф.А. Колосков; сбор материала – Ф.А. Колосков, А.В. Мештель; редактирование – А.Б. Мирошников.



Литература/References

1. Wortman, R.J., Brown, S.M., Savage-Elliott, I., Finley, Z.J. and Mulcahey, M.K. (2021), Blood Flow Restriction Training for Athletes: A Systematic Review, *Am J Sports Med*, no. 49 (7), pp. 1938–1944, doi: 10.1177/0363546520964454
2. Nakajima, T., Kurano, M., Iida, H., Takano, H., Oonuma, H., Morita, T. and Nagata, T. (2006), Use and safety of KAATSU training: results of a national survey, *International Journal of KAATSU Training Research*, no. 2 (1), pp. 5–13, doi: 10.3806/ijktr.2.5
3. Yasuda, T., Meguro, M., Sato, Y. and Nakajima, T. (2017), Use and safety of KAATSU training: results of a national survey in 2016, *International Journal of KAATSU Training Research*, no. 13 (1), pp. 1–9, doi:10.3806/ijktr.13.1
4. da Cunha Nascimento, D., Schoenfeld, B.J. and Prestes, J. (2020), Potential Implications of Blood Flow Restriction Exercise on Vascular Health: A Brief Review, *Sports Med.*, no. 50 (1), pp. 73–81, doi: 10.1007/s40279-019-01196-5
5. Cristina-Oliveira, M., Meireles, K., Spranger, M.D., O'Leary, D.S., Roschel, H. and Peçanha, T. (2020), Clinical safety of blood flow-restricted training? A comprehensive review of altered muscle metaboreflex in cardiovascular disease during ischemic exercise, *Am J Physiol Heart Circ Physiol.*, no. 318 (1), H90–H109, doi: 10.1152/ajpheart.00468.2019
6. Cuffe, M., Novak, J., Saithna, A., Strohmeyer, H.S. and Slaven, E. (2022), Current Trends in Blood Flow Restriction, *Front Physiol.*, no. 13, 882472, doi: 10.3389/fphys.2022.882472
7. Brandner, C.R., May, A.K., Clarkson, M.J. and Warmington, S.A. (2018), Reported side-effects and safety considerations for the use of blood flow restriction during exercise in practice and research, *Techniques in Orthopaedics*, no. 33 (2), pp. 114–121, doi:doi:10.1097/BTO.0000000000000259
8. Wernbom, M., Schoenfeld, B.J., Paulsen, G., Bjørnsen, T., Cumming, K.T., Aagaard, P., Clark, B.C. and Raastad, T. (2020), Commentary: Can Blood Flow Restricted Exercise Cause Muscle Damage? Commentary on Blood Flow Restriction Exercise: Considerations of Methodology, Application, and Safety. *Front Physiol.*, no. 11, p. 243, doi: 10.3389/fphys.2020.00243
9. Krzysztofik, M., Zygadło, D., Trybek, P., Jarosz, J., Zając, A., Rolnick, N. and Wilk, M. (2022), Resistance Training with Blood Flow Restriction and Ocular Health: A Brief Review, *J Clin. Med.*, no. 11 (16), p. 4881, doi: 10.3390/jcm11164881
10. Gates, M., Gates, A., Pieper, D., Fernandes, R.M., Tricco, A.C., Moher, D., Brennan, S.E., Li, T., Pollock, M., Lunny, C., Sepúlveda, D., McKenzie, J.E., Scott, S.D., Robinson, K.A., Matthias, K., Bougioukas, K.I., Fusar-Poli, P., Whiting, P., Moss, S.J. and Hartling, L. (2022), Reporting guideline for overviews of reviews of healthcare interventions: development of the PRIOR statement, *BMJ*, no. 378, e070849, doi: 10.1136/bmj-2022-070849
11. Kolaski, K., Logan, L.R. and Ioannidis, J.P.A. (2023), Guidance to best tools and practices for systematic reviews, *Syst Rev.*, no. 12 (1), p. 96, doi: 10.1186/s13643-023-02255-9
12. Shea, B.J., Reeves, B.C., Wells, G., Thuku, M., Hamel, C., Moran, J., Moher, D., Tugwell, P., Welch, V., Kristjansson, E. and Henry, D.A. (2017), AMSTAR 2: a critical appraisal tool for systematic reviews that include randomised or non-randomised studies of healthcare interventions, or both, *BMJ*, no. 358, j4008, doi: 10.1136/bmj.j4008
13. McHugh, M.L. (2012), Interrater reliability: the kappa statistic, *Biochem Med (Zagreb)*, no. 22 (3), pp. 276–282, doi: 10.11613/BM.2012.031
14. Amorim, S., Gaspar, A.P., Degens, H. and De Matos, L.D. (2019), The effects of blood flow restriction exercise on vascular function in the elderly: a systematic review, *Intergr Clin Med*, no. 3 (1), pp. 1–6, doi: 10.15761/ICM.1000140
15. Amorim, S., Rolnick, N., Schoenfeld, B.J. and Aagaard, P. (2021), Low-intensity resistance exercise with blood flow restriction and arterial stiffness in humans: A systematic review, *Scand J Med Sci Sports*, no. 31 (3), pp. 498–509, doi: 10.1111/sms.13902
16. Cardozo, G.G., Lopes, K.G., Bottino, D.A., Souza, M.D.G.C.D., Bouskela, E., Farinatti, P. and Oliveira, R.B.D. (2023), Acute effects of exercise with blood flow restriction on endothelial function in healthy young and older populations: a systematic review, *Geriatrics, Gerontology and Aging*, no. 17, pp. 1–8, doi:10.53886/gga.e0230006
17. da Cunha Nascimento, D., Petriz, B., Prego, L., de Souza, S.A. and Prestes, J. (2020), Effects of blood flow restriction exercise on hemodynamic and cardiovascular response in hypertensive subjects: a systematic review, *Journal of Health Sciences*, no. 22 (1), pp. 61–71, doi:10.17921/2447-8938.2020v22n1p61-71
18. Liu, Y., Jiang, N., Pang, F. and Chen T. (2021), Resistance Training with Blood Flow Restriction on Vascular Function: A Meta-analysis, *Int J Sports Med.*, no. 42 (7), pp. 577–587, doi: 10.1055/a-1386-4846
19. Maga, M., Wachsmann-Maga, A., Batko, K., Włodarczyk, A., Kłapacz, P., Krezel, J., Szopa, N. and Sliwka, A. (2023), Impact of Blood-Flow-Restricted Training on Arterial Functions and Angiogenesis: A Systematic Review with Meta-Analysis, *Biomedicines*, no. 11, p. 1601, doi:10.3390/biomedicines11061601
20. Pereira-Neto, E.A., Lewthwaite, H., Boyle, T., Johnston, K., Bennett, H. and Williams, M.T. (2021), Effects of exercise training with blood flow restriction on vascular function in adults: a systematic review and meta-analysis, *Peer J.*, no. 9, e11554, doi: 10.7717/peerj.11554
21. Nascimento, D.D.C., Petriz, B., Oliveira, S.D.C., Vieira, D.C.L., Funghetto, S.S., Silva, A.O. and Prestes, J. (2019), Effects of blood flow restriction exercise on hemostasis: a systematic review of randomized and non-randomized trials, *Int J Gen Med.*, no. 12, pp. 91–100, doi: 10.2147/IJGM.S194883
22. Neto, G.R., Novaes, J.S., Dias, I., Brown, A., Vianna, J. and Cirilo-Sousa, M.S. (2017), Effects of resistance training with blood flow restriction on haemodynamics: a systematic review, *Clin Physiol Funct Imaging.*, no. 37 (6), pp. 567–574, doi: 10.1111/cpf.12368



23. Silveira, A.L.B., de Carvalho, L.M., Di Masi, F., Pio, T.W. and Bentes, C.M. (2022), Blood flow restriction training on hypertensive subjects: a systematic review, *Arch Med Deporte*, no. 39 (2), pp. 101–107, doi: 10.18176/archmeddeporte.00080
24. Wong, M.L., Formiga, M.F., Owens, J., Asken, T. and Cahalin, L.P. (2018), Safety of blood flow restricted exercise in hypertension: a meta-analysis and systematic review with potential applications in orthopedic care, *Techniques in Orthopaedics*, no. 33 (2), pp. 80–88, doi:10.1097/BTO.0000000000000288
25. Wong, V., Song, J.S., Bell, Z.W., Yamada, Y., Spitz, R.W., Abe, T. and Loenneke J.P. (2022), Blood flow restriction training on resting blood pressure and heart rate: a meta-analysis of the available literature, *J Hum Hypertens*, no. 36 (8), pp. 738–743, doi: 10.1038/s41371-021-00561-0
26. Zhang, T., Tian, G. and Wang, X. (2022), Effects of Low-Load Blood Flow Restriction Training on Hemodynamic Responses and Vascular Function in Older Adults: A Meta-Analysis, *Int J Environ Res Public Health*, no. 19 (11), p. 6750, doi: 10.3390/ijerph19116750
27. Ferlito, J.V., Rolnick, N., Ferlito, M.V., De Marchi, T., Deminice, R. and Salvador, M. (2023), Acute effect of low-load resistance exercise with blood flow restriction on oxidative stress biomarkers: A systematic review and meta-analysis. *PLoS One*, no. 18 (4), e0283237, doi: 10.1371/journal.pone.0283237
28. Minniti, M.C., Statkevich, A.P., Kelly, R.L., Riggsby, V.P., Exline, M.M., Rhon, D.I. and Clewley, D. (2020), The Safety of Blood Flow Restriction Training as a Therapeutic Intervention for Patients With Musculoskeletal Disorders: A Systematic Review, *Am J Sports Med.*, no. 48 (7), pp. 1773–1785, doi: 10.1177/0363546519882652
29. Wang, H.N., Chen, Y., Cheng, L., Cai, Y.H., Li, W. and Ni, G.X. (2022), Efficacy and Safety of Blood Flow Restriction Training in Patients With Knee Osteoarthritis: A Systematic Review and Meta-Analysis, *Arthritis Care Res (Hoboken)*, no. 74 (1), pp. 89–98, doi: 10.1002/acr.24787

