

REVIEW LITERATUR: ADAPTASI FISILOGIS TERHADAP LATIHAN BLOOD FLOW RESTRICTION PADA INDIVIDU DENGAN KNEE OSTEOARTHRITIS

A A I Ayesa Febrinia Adyasputri^{1*}, Ni Nyoman Melani Karang², Putu Ayu Meka Raini

^{1,2)} Program Studi Fisioterapi Program Sarjana, Fakultas Ilmu Kesehatan, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta, Jl. RS Fatmawati No.1, Jakarta, 12450, Indonesia

³⁾ Program Studi Fisioterapi, Fakultas Kesehatan, Universitas Hindu Indonesia, Jl. Sangalangit, Bali, 80238, Indonesia

*corresponding author, e-mail: nnmelanikarang@upnvj.ac.id

Diterima 8 Agustus 2025/Disetujui 20 Oktober 2025

ABSTRAK

Osteoarthritis (OA) merupakan salah satu gangguan muskuloskeletal yang paling sering dijumpai, terutama pada populasi usia lanjut, ditandai dengan kerusakan struktural sendi dan penurunan fungsi fisik. Terdapat latihan *blood flow restriction* yang dapat digunakan sebagai alternatif latihan dengan pendekatan latihan beban rendah yang tetap memberikan efek terhadap adaptasi otot. Metode yang digunakan dalam studi ini yaitu *review literature* yang mencakup proses pencarian dan analisis berbagai referensi yang relevan dengan topik melalui basis data. Berdasarkan studi sebelumnya, pemberian latihan *blood flow restriction* dapat memberikan adaptasi fisiologis pada peningkatan kekuatan dan massa otot, aktivasi serat otot tipe II, peningkatan hormon anabolik, serta perbaikan fungsi sendi dan penurunan nyeri sehingga latihan *blood flow restriction* metode intervensi yang efektif dan aman bagi individu dengan *knee osteoarthritis* (OA), terutama pada populasi lanjut usia.

Kata kunci: adaptasi otot, *blood flow restriction*, osteoarthritis

ABSTRACT

Osteoarthritis (OA) is one the most common musculoskeletal disorders, particularly among the elderly population. It is characterized by structural joint damage and a decline in physical function. Blood flow restriction training has emerged as an alternative low-load resistance training method that can still elicit significant muscle adaptations. This study employed a literature review approach, which involves the process of searching for and analyzing various references relevant to the topic through database sources. Previous studies have shown that blood flow restriction training can lead to physiological adaptations, including increased muscle strength and mass, activation of type II muscle fibers, elevated levels of anabolic hormones, improved joint function, and pain reduction. Therefore, blood flow restriction training is considered an effective and safe intervention method for individuals with knee osteoarthritis, especially among the elderly population.

Keywords: muscle adaptation, *blood flow restriction*, osteoarthritis

PENDAHULUAN

Osteoarthritis merupakan salah satu penyakit muskuloskeletal yang paling umum terjadi pada usia 50 tahun keatas. Osteoarthritis merupakan kondisi patologis yang melibatkan seluruh sendi, ditandai dengan kerusakan tulang rawan, perubahan struktur tulang, pembentukan osteofit, serta peradangan pada jaringan synovial (Kolasinski et al., 2020). Penyakit ini dengan seiring berjalannya waktu jumlah penderita yang mengalaih osteoarthritis pun semakin meningkat. Hal ini diakibatkan oleh meningkatnya usia lanjut

dan tingkat obesitas di populasi global (O'Neill et al., 2018). Secara global, sekitar 16% populasi mengalami knee osteoarthritis, dengan angka kejadian sebesar 203 kasus per 10.000 orang setiap tahunnya (Cui et al., 2020).

Beberapa faktor risiko telah diidentifikasi berkontribusi terhadap perkembangan knee osteoarthritis, termasuk usia, jenis kelamin, obesitas, dan kondisi sendi. Namun, hubungan antara faktor-faktor tersebut masih belum sepenuhnya dipahami (Giorgino et al., 2023). Kelemahan otot, khususnya pada otot quadriceps,

telah diakui juga sebagai faktor risiko yang signifikan dan dapat dimodifikasi dengan terjadinya knee osteoarthritis. Beberapa studi menunjukkan bahwa kelemahan otot berhubungan erat dengan insidensi dan progresi knee osteoarthritis, serta berdampak pada fungsi fisik dan tingkat nyeri lutut pada individu. Selain itu, massa otot pada tungkai bawah dapat mempengaruhi derajat keparahan gejala yang dialami pasien (Tagaki et al., 2018).

Terdapat salah satu jenis latihan yang dapat diterapkan untuk mengatasi permasalahan yang muncul pada knee osteoarthritis yaitu resistance training. Latihan ini merupakan elemen utama dalam program intervensi fisik bagi individu dengan knee osteoarthritis. Tujuan utama dari latihan ini adalah untuk meningkatkan kekuatan otot serta merangsang terjadinya hipertrofi otot, yang keduanya berperan penting dalam mendukung stabilitas sendi dan mengurangi gejala klinis knee osteoarthritis. Peningkatan kekuatan otot melalui resistance training juga diyakini dapat memperbaiki fungsi fisik, mengurangi nyeri, serta memperlambat progresi penyakit (Segal et al., 2015).

Menurut rekomendasi dari American College of Sports Medicine, intensitas latihan ketahanan sebesar 60–80% dari satu repetisi maksimum (1RM) diperlukan untuk merangsang hipertrofi dan meningkatkan kekuatan otot (Hong et al., 2024). Namun demikian, pelaksanaan latihan ketahanan dengan beban tinggi (High-Load Resistance Training/HLRT) dapat memperburuk nyeri serta mempercepat kerusakan sendi pada pasien tertentu, (Rodrigues et al., 2020). Sebagai alternatif, resistance training dengan intensitas rendah yang dikombinasikan dengan blood flow restriction dapat menjadi pendekatan inovatif bagi kelompok populasi tertentu. Latihan ini diaplikasikan penggunaan manset yang dipasang pada bagian proksimal tungkai atas atau bawah untuk membatasi aliran darah (Cerqueira et al., 2019)

Pilihan latihan yang dapat diberikan untuk mengatasi hal tersebut yaitu dengan pemberian blood flow restriction. Meskipun beberapa studi telah menunjukkan bahwa latihan blood flow restriction (BFR) dapat meningkatkan kekuatan otot dan fungsi sendi pada individu dengan knee osteoarthritis, namun masih sedikit penelitian

yang mengevaluasi adaptasi fisiologis secara menyeluruh sebagai respons terhadap intervensi ini. Oleh karena itu, tujuan dilakukan studi ini untuk mengkaji secara sistematis yang dapat merangkum bukti mengenai perubahan fisiologis, seperti adaptasi otot, sirkulasi lokal, dan respon hormonal yang terjadi sebagai respon terhadap aplikasi latihan blood flow restriction pada individu dengan knee osteoarthritis dan kajian ini penting untuk memberikan pemahaman komprehensif mengenai efektivitas dan mekanisme kerja BFR pada populasi ini.

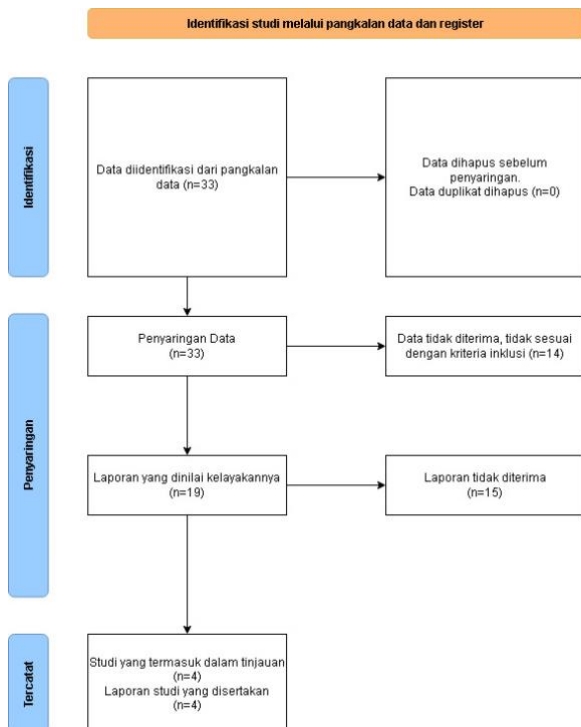
METODE

Metodologi dalam artikel ini berupa studi tinjauan literatur, dengan mengumpulkan dan mereview berbagai publikasi ilmiah yang diperoleh dari basis data seperti Google Scholar, PEDro, dan PubMed. Strategi pencarian menggunakan kombinasi Medical Subject Headings dan kata kunci bebas misal (“knee osteoarthritis” OR “knee OA”) and (“blood flow restriction” OR “BFR”). Kriteria inklusi dalam studi ini mencakup artikel yang sesuai dengan judul dan topik kajian, menggunakan kata kunci seperti knee osteoarthritis, resistance training, blood flow restriction, exercise, rehabilitation dan penggunaan blood flow restriction pada knee osteoarthritis dengan tipe penelitian seperti, randomized control trial, prospective study, dan cohort study. Artikel yang dipilih berasal dari jurnal nasional maupun internasional yang diterbitkan dalam rentang waktu lima hingga sepuluh tahun terakhir. Kriteria eksklusi dalam studi ini mencakup artikel yang diterbitkan sebelum tahun 2015 serta studi-studi yang menyertakan partisipan dengan riwayat penyakit kardiovaskular, diagnosis aktif kondisi tersebut, atau memiliki kontraindikasi terhadap penggunaan *tourniquet*, tidak dimasukkan dalam tinjauan ini. Dari total 33 artikel yang ditemukan pada pencarian awal, sebanyak 19 artikel diseleksi untuk penilaian kelayakan teks lengkap, dan 4 diantaranya memenuhi seluruh kriteria inklusi untuk dimasukkan dalam tinjauan akhir.

Proses seleksi, ekstraksi, dan verifikasi studi dilakukan secara mandiri oleh peneliti. Variabel data yang diekstrak meliputi karakteristik studi, karakteristik partisipan, protocol intervensi BFR dan variable hasil (outcome). Penilaian risiko bias

dilakukan menggunakan *Cochrane Risk of Bias Tool* dan risiko bias akibat hasil yang hilang dinilai melalui *domain attrition bias* dan *selective reporting bias*. Pada studi ini, ukuran efek yang digunakan untuk sintesis yaitu *standardized mean difference* atau *mean difference* dengan 95% CI serta kepastian bukti untuk setiap *outcome* yang disintesis dinilai menggunakan sistem *grading recommendations assessment, development and evaluation* yang dimulai dari tingkat tinggi dan diturunkan berdasarkan adanya risiko bias, inkonsistensi, ketidaktepatan atau bias publikasi yang serius.

HASIL DAN PEMBAHASAN



Osteoarthritis kondisi yang dapat mengakibatkan adanya rasa nyeri. Nyeri yang dialami oleh individu dengan OA tidak hanya menimbulkan ketidaknyamanan, tetapi juga secara langsung membatasi kemampuan dalam melakukan aktivitas fisik, baik ringan maupun berat. Ketidakaktifan ini berdampak pada menurunnya massa dan kekuatan otot, terutama di sekitar sendi yang terdampak (Pazit et al., 2018). Seiring waktu, kelemahan otot tersebut mengurangi stabilitas sendi dan memperburuk nyeri yang dirasakan. Akibatnya, individu dengan OA cenderung semakin menghindari gerakan

atau aktivitas, yang akan mempercepat penurunan fungsi otot dan sendi (Park et al., 2022).

Rasa nyeri dan penurunan fungsi otot pada OA dapat diberikan dengan pemberian latihan. Latihan yang dapat dilakukan yaitu berupa latihan resistance training yang dikombinasikan dengan latihan *blood flow restriction training*. Latihan ini membantu untuk mengurangi nyeri dan meningkatkan fungsi otot terutama pada otot ekstremitas bawah. Latihan BFR merupakan metode latihan yang dapat diaplikasikan dalam membantu mengatasi permasalahan fungsi dan gerak pada kondisi OA (Hu et al., 2023). Latihan ini diaplikasikan dengan cara mengaplikasikan tekanan menggunakan manset pada area paha yang dilakukan bersamaan dengan resistance training dengan beban yang relatif sekitar 20-40 % 1RM (Sorensen et al., 2023). Tekanan yang diberikan bertujuan untuk membatasi aliran darah vena tanpa sepenuhnya menghentikan aliran darah arteri, sehingga menciptakan kondisi hipoksia lokal pada otot yang dilatih. Kondisi ini merangsangnya adaptasi dari otot yang mengalami penurunan fungsi (Jardim et al., 2022).

Pada penelitian yang dilakukan oleh Ferraz et al (2018), menyatakan bahwa penurunan kekuatan atau volume otot quadriceps terkait kasus OA untuk mencegah tingkat keparahan yang akan semakin meningkat.

Hal ini terlihat dari hasil penelitian yang menunjukkan terjadinya peningkatan pada kategori kekuatan otot dan massa otot setelah diberikan intervensi BFR yang diukur menggunakan *time-stands test* (TST). Temuan dalam studi ini menunjukkan efektivitas yang kuat dari BFR sebagai pendekatan intervensi dalam kasus *knee* OA. Peningkatan fungsional yang terjadi juga menunjukkan keunggulan dalam aspek pengurangan nyeri sendi. Meskipun peningkatan skor fungsi fisik dalam WOMAC tercatat secara signifikan pada kedua kelompok (BFRT dan HI-RT), namun perubahan tersebut lebih signifikan pada kelompok BFRT. Hal ini menunjukkan bahwa BFRT dapat memberikan manfaat ganda yaitu meningkatkan kapasitas fungsional disertai dengan penurunan beban mekanis pada sendi, yang pada akhirnya berkontribusi terhadap penurunan nyeri.

Penelitian lain yang dilakukan oleh Harper et al (2019), menunjukkan bahwa pemberian latihan BFR menjadi pendekatan latihan yang aman dan layak diterapkan pada populasi lanjut usia dengan *knee OA*. Hal ini terlihat dari hasil penelitian dengan adanya perubahan pada kekuatan *knee extensor*, kecepatan berjalan, fungsi ekstremitas bawah, serta penurunan nyeri. Hasil ini juga sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Kim et al (2024) yang menyatakan bahwa pasca mengaplikasikan latihan BFR menyebabkan terjadinya penurunan nyeri yang signifikan, peningkatan pada skor WOMAC dan peningkatan yang signifikan pada ketebalan otot paha. Perubahan yang terjadi dikarenakan latihan BFR memfasilitasi aktivasi jalur sinyal dari protein otot serta merangsang proliferasi sel satelit melalui mekanisme stress metabolic yang diinduksi oleh pembatasan aliran darah. Kondisi inilah yang mendorong peningkatan perekrutan serat otot tipe II, serta memicu respon inflamasi dan endokrin yang adaptif (Murphy, 2025). Selain itu, latihan BFR juga berkontribusi terhadap pembengkakan sel otot dan akumulasi fosfat anorganik intramuscular, yang secara kolektif mendukung terjadinya proses hipertrofi dan adaptasi otot rangka (Hedt et al., 2022).

Peningkatan kadar GH, IGF-1, dan testosterone juga mengalami peningkatan setelah latihan BFR dibandingkan pada kelompok CON yang dinyatakan oleh penelitian Chen et al (2022). Kadar GH yang mengalami peningkatan disebabkan oleh adanya peningkatan akumulasi metabolit dan merangsang sekresi hormone GH.

Latihan *high resistance training* dan *low resistance training* bila dikombinasikan dengan BFR menghasilkan akumulasi metabolit tubuh yang lebih besar dibandingkan dengan *resistance training* tanpa BFR. Peningkatan sekresi GH ini berkontribusi terhadap proses biosintesis yang berperan dalam adaptasi otot, terutama melalui jalur *insulin-like growth factor 1* (IGF-1) (Zhang et al., 2022). Oleh karena itu, peningkatan kadar GH yang diinduksi oleh BFR berpotensi mempengaruhi kadar IGF-1 dalam tubuh, yang kemudian juga dapat dikaitkan dengan peningkatan *testosterone*. Hasil ini mengindikasikan bahwa latihan BFR dapat berkontribusi terhadap perbaikan gejala klinis dan fungsi fisik individu dengan *knee osteoarthritis*. Selain itu, BFR juga terbukti efektif dalam meningkatkan massa otot dan kekuatan otot secara keseluruhan (Yinghao et al., 2021).

Keterbatasan penelitian ini yaitu jumlah artikel yang masih sangat sedikit yang memenuhi kriteria inklusi akhir. Jumlah yang kecil pada jumlah artikel membatasi kemampuan untuk sintesis dan dapat mengakibatkan hasil tinjauan menjadi kurang kuat atau representatif dibandingkan dengan tinjauan basis data studi yang lebih luas.

Tabel 1. Ringkasan Review Artikel

Penulis/ Tahun/	Tipe Studi dan Besar Sampel	Tujuan	Intervensi	Alat Ukur	Hasil
Ferraz et al, 2021	<i>Randomized controlled trial</i> dengan sampel penelitian 48 orang	Untuk membandingkan efek BFRT dengan RT yang lebih tradisional terhadap kekuatan dan massa otot tungkai bawah, fungsional, nyeri, dan kualitas hidup pada wanita penderita OA	<i>Resistance training</i> dengan penambahan BFR 20% 1 RM dan 30 % 1 RM, 50% 1 RM dan 80% 1 RM Dosis latihan sebanyak 4 set, 15 repetisi. Pada minggu ke-5 dosis latihan menjadi 5 set, 15 repetisi	1. <i>Timed-stands</i> dan tes TUG 2. <i>Quadriceps cross-sectional area</i> 3. WOMAC	1. Peningkatan pada kategori <i>leg press, knee extension</i> , dan <i>cross-sectional area</i> pada BFRT dan HI-RT ($p<0,0001$) 2. Fungsi fisik WOMAC pada BFRT dan HI-RT mengalami peningkatan ($p<0,05$).

Penulis/ Tahun/	Tipe Studi dan Besar Sampel	Tujuan	Intervensi	Alat Ukur	Hasil
			dengan frekuensi 2x/seminggu		
Harper <i>et al</i> , 2019.	<i>Randomized controlled trial</i> dengan sampel penelitian 27 orang	Untuk menilai keamanan dan efektivitas latihan BFR serta membandingkan dengan <i>moderate resistance training</i> pada orang dewasa dengan <i>knee osteoarthritis</i>	Latihan <i>moderate intensity training</i> diberikan latihan <i>leg press, leg extension, calf flexion, leg curl</i> pada 60% 1 RM dan low-load BFR diberikan latihan resistance exercise dan tambahan load lewat perhitungan. Dosis latihan diberikan 3x/seminggu.	<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Dynamometer</i> 2. Kecepatan berjalan sepanjang 40 m sebanyak 10x 3. <i>Short Physical Performance Battery (SPPB)</i> 4. WOMAC 	Pada penilaian <i>knee extensor</i> , kecepatan berjalan, <i>short physical performance battery</i> serta WOMAC mengalami perubahan setelah dilakukan latihan, namun telatif dibawah kelompok MIRT.
Chen <i>et al</i> , 2022	<i>Randomized controlled trial</i> dengan sampel penelitian 18 orang	Untuk menyelidiki efek akut dari pembatasan aliran darah (<i>blood flow restriction</i> atau BFR) dengan <i>resistance training</i> beban ringan satu kaki dan latihan <i>resistensi beban</i> berat terhadap kadar serum insulin-like growth factor-1 (IGF-1), growth hormone (GH), dan testosterone	Latihan dengan beban 30% 1RM pada kelompok CON dan BFR dan beban 70% 1RM pada kelompok RES dan melakukan latihan ekstensi dan fleksi lutut dengan kontraksi eksentrik dan konsentrik masing-masing 3 detik, setiap set diulangi 15x dengan 1 menit interval setiap set	Tes darah kadar laktat darah (BLA) dan hormon	Kadar GH, IGF-1 dan testosterone kelompok BFR juga secara signifikan lebih tinggi daripada kelompok CON

Penulis/ Tahun/	Tipe Studi dan Besar Sampel	Tujuan	Intervensi	Alat Ukur	Hasil
		pada pasien dengan osteoarthritis (OA) lutut unilateral.			
Kim <i>et al</i> , 2024	<i>Prospective study</i> dengan sampel penelitian 15 orang	Untuk menyelidiki dampak langsung dari latihan intensitas rendah dengan pembatasan aliran darah (<i>blood flow restriction</i> atau BFR) pada lansia dengan osteoarthritis lutut (KOA)	Pemberian latihan <i>leg press, leg curls</i> , dan <i>ankle pumps</i> menggunakan kursi dan <i>elastic band</i> serta penggunaan BFR 30% 1 RM yang dilakukan sebanyak 3x/seminggu	1. STS dan tes TUG 2. <i>Ultrasonographic</i> 3. <i>Dynamometer</i> 4. <i>Bioelectric impedance analysis</i> 5. <i>Hand-held dynamometer</i>	1. Terdapat penurunan nyeri yang signifikan setelah latihan 2. Skor WOMAC menunjukkan peningkatan 3. Lingkar <i>quadriceps</i> dan <i>gastroc</i> serta ketebalan otot paha meningkat secara signifikan 4. Kekuatan lutut isokinetik tidak menunjukkan perubahan yang signifikan

SIMPULAN

Latihan *blood flow restriction* (BFR) menjadi salah satu metode intervensi yang efektif dan aman bagi individu dengan *knee osteoarthritis* (OA), terutama pada populasi lanjut usia. BFR yang dikombinasikan dengan *resistance training* dapat memberikan manfaat fisiologis yang signifikan tanpa membebani sendi secara berlebihan. Latihan ini berkontribusi terhadap pengurangan nyeri, peningkatan kekuatan dan massa otot, serta perbaikan fungsi ekstremitas bawah. Oleh karena itu, latihan BFR dapat berimplikasi klinis untuk dipertimbangkan bagian dari program rehabilitasi untuk mengatasi adanya kelemahan otot dan nyeri dan meningkatkan fungsi fisik pada *knee osteoarthritis* (OA).

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan selama proses penulisan tinjauan literatur ini.

CONFLICT OF INTEREST

Para penulis menyatakan bahwa tidak ada konflik kepentingan dalam penelitian ini.

ETHICAL CONSIDERATION

Studi ini meninjau literatur sebelumnya. Oleh karena itu, studi ini tidak memerlukan persetujuan etik.

FUNDING

Tidak ada

DAFTAR PUSTAKA

- Cerqueira, M. S., & de Brito Vieira, W. H. (2019). Effects of blood flow restriction exercise with very low load and low volume in patients with knee osteoarthritis: Protocol for a randomized trial. *Trials*, 20(1). <https://doi.org/10.1186/s13063-019-3238-2>
- Chen, Y., Wang, J., Li, S., & Li, Y. (2022). Acute effects of low load resistance training with blood flow restriction on serum

- growth hormone, insulin-like growth factor-1, and testosterone in patients with mild to moderate unilateral knee osteoarthritis. *Heliyon*, 8(10). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e11051>
- Cui, A., Li, H., Wang, D., Zhong, J., Chen, Y., & Lu, H. (2020). Global, regional prevalence, incidence and risk factors of knee osteoarthritis in population-based studies. *EClinicalMedicine*, 29–30. <https://doi.org/10.1016/j.eclinm.2020.100587>
- Ferraz, R. B., Gualano, B., Rodrigues, R., Kurimori, C. O., Fuller, R., Lima, F. R., de Sá-Pinto, A. L., & Roschel, H. (2018). Benefits of Resistance Training with Blood Flow Restriction in Knee Osteoarthritis. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 50(5), 897–905. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001530>
- Giorgino, R., Albano, D., Fusco, S., Peretti, G. M., Mangiavini, L., & Messina, C. (2023). Knee Osteoarthritis: Epidemiology, Pathogenesis, and Mesenchymal Stem Cells: What Else Is New? An Update. In *International Journal of Molecular Sciences* (Vol. 24, Issue 7). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/ijms24076405>
- Harper, S. A., Roberts, L. M., Layne, A. S., Jaeger, B. C., Gardner, A. K., Sibille, K. T., Wu, S. S., Vincent, K. R., Fillingim, R. B., Manini, T. M., & Buford, T. W. (2019). Blood-flow restriction resistance exercise for older adults with knee osteoarthritis: A pilot randomized clinical trial. *Journal of Clinical Medicine*, 8(2). <https://doi.org/10.3390/jcm8020265>
- Hedt, C., McCulloch, P. C., Harris, J. D., & Lambert, B. S. (2022). Blood Flow Restriction Enhances Rehabilitation and Return to Sport: The Paradox of Proximal Performance. *Arthroscopy, Sports Medicine, and Rehabilitation*, 4(1), e51–e63. <https://doi.org/10.1016/j.asmr.2021.09.024>
- Hong, Q. M., Wang, H. N., Liu, X. H., Zhou, W. Q., & Luo, X. B. (2024). Intermittent blood flow restriction with low-load resistance training for older adults with knee osteoarthritis: a randomized, controlled, non-inferiority trial protocol. *Trials*, 25(1). <https://doi.org/10.1186/s13063-024-08203-9>
- Hu, C., Zhu, B., Wang, Y., Yang, F., Zhang, J., Zhong, W., Lu, S., & Luo, C. (2023). Effectiveness of blood flow restriction versus traditional weight-bearing training in rehabilitation of knee osteoarthritis patients with MASLD: a multicenter randomized controlled trial. *Frontiers in Endocrinology*, 14. <https://doi.org/10.3389/fendo.2023.1220758>
- Jardim, R. A. C., de Sousa, T. S., dos Santos, W. N. N., Matos, A. P., & Iosimuta, N. C. R. (2022). Blood flow restriction with different load levels in patients with knee osteoarthritis: protocol of a randomized controlled trial. *Trials*, 23(1). <https://doi.org/10.1186/s13063-022-05998-3>
- Kim, K. H., Kang, S. H., Kim, N., Choi, J., & Kang, S. (2024). Short-Term Impact of Low-Intensity Exercise with Blood Flow Restriction on Mild Knee Osteoarthritis in Older Adults: A Pilot Study. *Healthcare (Switzerland)*, 12(3). <https://doi.org/10.3390/healthcare12030308>
- Kolasinski, S. L., Neogi, T., Hochberg, M. C., Oatis, C., Guyatt, G., Block, J., Callahan, L., Copenhaver, C., Dodge, C., Felson, D., Gellar, K., Harvey, W. F., Hawker, G., Herzig, E., Kwoh, C. K., Nelson, A. E., Samuels, J., Scanzello, C., White, D., ... Reston, J. (2020). 2019 American College of Rheumatology/Arthritis Foundation Guideline for the Management of Osteoarthritis of the Hand, Hip, and Knee. *Arthritis Care and Research*, 72(2), 149–162. <https://doi.org/10.1002/acr.24131>
- Murphy, M. (2025). Blood Flow Restriction Training: A Tool to Enhance Rehabilitation and Build Athlete

- Resiliency. *Arthroscopy, Sports Medicine, and Rehabilitation*, 7(2).
<https://doi.org/10.1016/j.asmr.2024.101022>
- O'Neill, T. W., McCabe, P. S., & McBeth, J. (2018). Update on the epidemiology, risk factors and disease outcomes of osteoarthritis. In *Best Practice and Research: Clinical Rheumatology* (Vol. 32, Issue 2, pp. 312–326). Bailliere Tindall Ltd.
<https://doi.org/10.1016/j.berh.2018.10.007>
- Park, H. S., Song, J. S., & Kim, E. K. (2022). Effects of low-intensity resistance exercise with blood flow restriction after high tibial osteotomy in middle-aged women. *Medicine (United States)*, 101(51).
<https://doi.org/10.1097/MD.00000000000032294>
- Pazit, L., Jeremy, D., Nancy, B., Michael, B., George, E., & Hill, K. D. (2018). Safety and feasibility of high speed resistance training with and without balance exercises for knee osteoarthritis: A pilot randomised controlled trial. *Physical Therapy in Sport*, 34, 154–163.
<https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2018.10.001>
- Rodrigues, R., Ferraz, R. B., Kurimori, C. O., Guedes, L. K., Lima, F. R., de Sá-Pinto, A. L., Gualano, B., & Roschel, H. (2020). Low-Load Resistance Training With Blood-Flow Restriction in Relation to Muscle Function, Mass, and Functionality in Women With Rheumatoid Arthritis. *Arthritis Care and Research*, 72(6), 787–797.
<https://doi.org/10.1002/acr.23911>
- Segal, N., Davis, M. D., & Mikesky, A. E. (2015). Efficacy of Blood Flow-Restricted Low-Load Resistance Training For Quadriceps Strengthening in Men at Risk of Symptomatic Knee Osteoarthritis. *Geriatric Orthopaedic Surgery and Rehabilitation*, 6(3), 160–167.
<https://doi.org/10.1177/2151458515583088>
- Sørensen, B., Aagaard, P., Hjortshøj, M. H., Hansen, S. K., Suetta, C., Couppe, C., Magnusson, S. P., & Johannsen, F. E. (2023). Physiological and clinical effects of lowintensity blood-flow restricted resistance exercise compared to standard rehabilitation in adults with knee osteoarthritis-Protocol for a randomized controlled trial. *PLoS ONE*, 18(12 December).
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0295666>
- Takagi, S., Omori, G., Koga, H., Endo, K., Koga, Y., Nawata, A., & Endo, N. (2018). Quadriceps muscle weakness is related to increased risk of radiographic knee OA but not its progression in both women and men: the Matsudai Knee Osteoarthritis Survey. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 26(9), 2607–2614.
<https://doi.org/10.1007/s00167-017-4551-5>
- Yinghao, L., Jing, Y., Yongqi, W., Jianming, Z., Zeng, G., Yiting, T., & Shuoqi, L. (2021). Effects of a blood flow restriction exercise under different pressures on testosterone, growth hormone, and insulin-like growth factor levels. *Journal of International Medical Research*, 49(9).
<https://doi.org/10.1177/03000605211039564>
- Zhang, X. Z., Xie, W. Q., Chen, L., Xu, G. D., Wu, L., Li, Y. S., & Wu, Y. X. (2022). Blood Flow Restriction Training for the Intervention of Sarcopenia: Current Stage and Future Perspective. In *Frontiers in Medicine* (Vol. 9). Frontiers Media S.A.
<https://doi.org/10.3389/fmed.2022.894996>