

EFEKTIVITAS PENERAPAN *BLOOD FLOW RESTRICTION* TERHADAP PENINGKATAN KAPASITAS AEROBIK ATLET TAEKWONDO

Rifqi Naufal Permadi¹, Alen Rismayadi², Geraldi Novian³

¹Program Studi Kepeleatihan Fisik Olahraga, Universitas Pendidikan Indonesia, Fakultas
Pendidikan Olahraga dan Kesehatan, Bandung, Indonesia

Email: rifqipermadi17@upi.edu, rismayadialen@upi.edu, geraldi.novian@upi.edu

ABSTRAK

Kapasitas aerobik (VO₂Max) merupakan komponen vital bagi atlet taekwondo untuk menunjang proses pemulihan antar ronde dan menjaga stabilitas performa, namun keterbatasan waktu latihan sering menjadi kendala dalam pengembangannya. Penelitian ini bertujuan untuk menguji efektivitas metode latihan Blood Flow Restriction (BFR) terhadap peningkatan VO₂Max atlet taekwondo. Penelitian ini menggunakan desain eksperimen *Two Group Pretest-Posttest Design*. Sebanyak 30 atlet taekwondo dibagi menjadi dua kelompok, yaitu kelompok eksperimen (BFR, n = 15) dan kelompok kontrol (non-BFR, n = 15). Kelompok eksperimen menjalani program latihan menggunakan BFR pada bagian proksimal paha, sementara kelompok kontrol menjalankan program yang sama tanpa BFR. VO₂Max diukur sebelum dan sesudah perlakuan menggunakan Multi Stage Fitness Test, kemudian dianalisis menggunakan SPSS Versi 29. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kedua kelompok mengalami peningkatan, dengan kelompok BFR memiliki nilai signifikansi yang lebih tinggi dibandingkan dengan kelompok non-BFR. Metode BFR terbukti lebih efektif dalam meningkatkan kapasitas aerobik atlet taekwondo dibandingkan latihan konvensional. Metode ini direkomendasikan sebagai strategi latihan yang efisien waktu dan minim beban mekanis untuk optimalisasi kondisi fisik atlet.

Keywords: *Blood Flow Restriction, Taekwondo, Kapasitas Aerobik, VO₂Max*

PENDAHULUAN

Taekwondo merupakan cabang olahraga bela diri berintensitas tinggi yang menuntut atlet untuk memiliki kombinasi seluruh komponen fisik agar dapat menampilkan performa terbaiknya. Kemampuan menjaga intensitas serangan secara konsisten selama pertandingan merupakan salah satu faktor penentu kemenangan bagi atlet taekwondo (Akhilufni et al., 2021). Oleh karena itu, kapasitas aerobik (VO₂Max) dapat didefinisikan sebagai volume oksigen maksimum yang dapat diserap tubuh per satuan waktu, memegang peran vital sebagai fondasi performa atlet (Souza et al., 2018; Wicaksono & Pradipta, 2023). Meskipun taekwondo secara dominan merupakan cabang olahraga anaerobik yang mengandalkan sistem energi ATP-PC sebagai bahan bakar utama, kapasitas aerobik sesungguhnya tetap menjadi dasar untuk menunjang kapasitas anaerobik tersebut (Gillen et al., 2016; Rocha et al., 2016). Dapat menjalani pertandingan dengan durasi yang panjang, mempercepat proses pemulihan antar ronde, serta meminimalkan risiko kelelahan untuk menjaga efektivitas selama pertandingan merupakan manfaat yang dapat dimiliki oleh atlet taekwondo dengan kapasitas aerobik yang optimal (Mumtaz & Pahlawi, 2025).

Namun, upaya peningkatan kapasitas aerobik sering kali berbenturan dengan kendala efisiensi waktu dan aspek psikologis dalam periodisasi latihan. Volume latihan teknik serta taktik yang sudah tinggi sering kali membuat pelatih kesulitan menyelipkan sesi latihan aerobik konvensional, seperti *Long Slow Distance Run* dengan tanpa memicu kejenuhan atau kelelahan psikologis pada atlet taekwondo (Wu et al., 2024). Penambahan durasi latihan fisik yang berlebihan beresiko menurunkan motivasi dan fokus atlet pada pertandingan atau kompetisi mendatang (Sabato et al., 2016). Dalam situasi seperti ini, *Blood Flow Restriction* dapat digunakan sebagai opsi metode latihan yang potensial untuk meningkatkan kapasitas aerobik atlet taekwondo.

Blood Flow Restriction (BFR) adalah teknik latihan yang menggunakan manset atau *tourniquet* di bagian proksimal ekstremitas untuk membatasi aliran balik vena (*venous return*) sambil tetap mempertahankan aliran masuk arteri (Wortman et al., 2021). Mekanisme ini menciptakan lingkungan hipoksia dan stress metabolik di dalam otot yang membuat terjadinya akumulasi laktat dan penurunan pH sehingga mampu merangsang adaptasi otot serupa dengan latihan intensitas tinggi, meskipun hanya menggunakan beban latihan yang ringan (Lorenz et al., 2021). Karena menggunakan beban rendah, BFR memungkinkan atlet mendapatkan hasil setara latihan menggunakan beban tinggi namun dengan rasa lelah yang lebih rendah.

Studi terdahulu telah mengkaji penerapan BFR pada atlet taekwondo dengan fokus kajian yang berbeda-beda, seperti studi mengkaji *circuit training* dikombinasikan dengan BFR selama 4 minggu terbukti mampu meningkatkan *explosive power*, kemampuan melompat, dan kecepatan menendang secara signifikan, serta memicu pergeseran karakteristik serat otot ke arah tipe II atau *fast-twitch* (Li et al., 2024). Ditemukan juga bahwa penggunaan BFR yang dikombinasikan dengan *plyometric* dapat meningkatkan *dynamic balance* dengan lebih baik dibandingkan dengan latihan *plyometric* saja (Akin & Kesilmiş, 2020). Namun terdapat juga studi yang menemukan bahwa latihan BFR dengan *plyometric* tidak menghasilkan perbedaan yang signifikan terhadap *power (vertical jump)* jika dibandingkan dengan penggunaan metode *plyometric konvensional* (Boobani & Lıcis, 2019).

Mayoritas dari studi terdahulu berfokus pada pengaruh BFR terhadap status otot, *power*, dan keseimbangan. Padahal dalam semua cabang olahraga kapasitas aerobik adalah komponen fundamental agar atlet dapat menampilkan performa terbaiknya (Souza et al., 2018). Sehingga penting bagi semua atlet cabang olahraga, termasuk atlet taekwondo untuk memiliki kapasitas aerobik yang optimal walau di lapangan masih sering terjadi benturan jadwal dengan latihan teknik dan taktik serta kejenuhan yang sering dialami oleh atlet selama pelatihan kapasitas aerobik. Oleh karena itu, kebaruan dari studi ini terletak pada penelitian yang spesifik mengenai penerapan *Blood Flow Restriction* (BFR) terhadap peningkatan kapasitas aerobik pada atlet taekwondo.

METODE

Studi ini menggunakan metode eksperimen dengan *two group pretest-posttest design*. Populasi pada studi ini yaitu 30 atlet taekwondo Universitas Pendidikan Indonesia dengan rentang usia 18-22 tahun dan lama latihan 5-10 tahun. Teknik pengambilan sampel pada studi ini yaitu *total sampling*, sehingga seluruh populasi digunakan sebagai sampel penelitian. *Multi Stage Fitness Test* digunakan sebagai instrument untuk mengukur *VO2Max* atlet taekwondo (Mayorga-Vega et al., 2015), yang dilakukan pengukuran sebanyak dua kali pada saat sebelum dan setelah perlakuan. Sampel yang telah diberikan informasi lengkap mengenai tujuan penelitian dan sukarela menjalankan seluruh prosedur penelitian melakukan tes awal untuk mengetahui kondisi awal *VO2Max*, kemudian sampel dibagi rata menjadi dua kelompok kedalam *experimental group* dan *control group*. Perlakuan berupa pelatihan menggunakan BFR dan non-BFR dilakukan selama 4 minggu dengan 3 sesi di setiap minggunya (Rachmat & Umar, 2018).

Perlakuan yang diberikan kepada kelompok eksperimen (BFR) dan kelompok kontrol (non-BFR) terdiri dari *easy run* pada minggu pertama selama 40 menit dengan intensitas 50% sebagai latihan yang efektif untuk pengembangan aerobik dasar atlet (Chen et al., 2021; Litleskare et al., 2020; Lorenz et al., 2021). Kemudian diberikan juga latihan kekuatan yang bertujuan untuk meningkatkan kapasitas aerobik menggunakan *circuit training* dengan 10 item selama 30 detik dalam 6 set, serta 15 detik istirahat antar item dan 60 detik istirahat antar setnya (Muñoz-Martínez et al., 2017; Wilke et al., 2016). Juga *complex training* dengan 3 item gerakan beban internal sebanyak 6 repetisi dan 3 gerakan *plyometric* sebanyak 8 repetisi yang

dilakukan dalam 3 set dengan istirahat 180 sampai 300 detik item dan setnya secara berturut-turut. Serta latihan interval intensif 10 set dengan intensitas 90% serta istirahat selama 180 detik pada setiap set sebagai program lanjutan untuk meningkatkan kapasitas aerobik (Arazi et al., 2017; Knowles et al., 2015; MacInnis & Gibala, 2017). Selama perlakuan dilakukan kelompok eksperimen akan menggunakan BFR berukuran 95 cm x 5 cm pada pangkal paha sebagai usaha penerapan metode *Blood Flow Restriction*, sedangkan kelompok kontrol akan menjalankan semua perlakuan tanpa BFR. Tekanan BFR yang digunakan pada setiap sesinya berbeda-beda sesuai dengan beban latihan pada saat itu. Pada sesi latihan easy run dan circuit training, BFR akan dipasangkan dengan tekanan 7/10, kemudian saat sesi interval intensive BFR digunakan ketika istirahat antar set dengan tekanan 7/10 (Lorenz et al., 2021). Serta saat sesi complex training menggunakan tekanan 5/10 dikarenakan melakukan gerakan yang eksplosif serta adanya penggunaan beban eksternal (Boobani & L̄icis, 2019).

HASIL

Tabel 1. Deskripsi Statistik

Kelompok	Tes	Mean	Std. Deviation
BFR	Awal	39,267	3,7869
	Akhir	43,613	3,2474
Non-BFR	Awal	38,993	2,5728
	Akhir	40,633	2,2225

Berdasarkan Tabel 1, terlihat karakteristik kemampuan VO2Max kedua kelompok. Pada kelompok eksperimen (BFR), diperoleh nilai rata-rata awal sebesar 39,267 dengan standar deviasi 3,7869, yang kemudian meningkat di akhir menjadi 43,613 dengan standar deviasi 3,2474. Sementara itu, pada kelompok kontrol (non-BFR) nilai rata-rata awal adalah 38,993 dengan standar deviasi 2,5728 dan meningkat di akhir menjadi 40,633 dengan standar deviasi 2,2225. Secara deskriptif, kedua kelompok sama-sama mengalami peningkatan setelah diberikan *treatment*. Selanjutnya, hasil uji normalitas dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Uji Normalitas

Kelompok		Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.
BFR	Pretest	0,957	15	0,642
	Posttest	0,970	15	0,860
Non-BFR	Pretest	0,894	15	0,078
	Posttest	0,959	15	0,680

Berdasarkan Tabel 2, diperoleh nilai signifikansi (Sig.) untuk data awal dan akhir kelompok BFR masing-masing sebesar 0,642 dan 0,860. Sedangkan untuk kelompok non-BFR diperoleh nilai signifikansi sebesar 0,078 dan 0,680. Karena seluruh nilai signifikansi yang diperoleh $\geq 0,05$ maka dapat disimpulkan bahwa seluruh data hasil pengukuran VO2Max berdistribusi normal, sehingga penulis dapat menggunakan pendekatan parametrik dalam pengujian hipotesis. Hasil uji homogenitas dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Uji Homogenitas

Kelompok		Levene's Test for Equality of Variances	
		F	Sig.
BFR	Awal	0,109	0,744
	Akhir		
Non-BFR	Awal		
	Akhir		

Berdasarkan Tabel 3, diperoleh nilai signifikansi sebesar 0,744. Nilai tersebut $> 0,05$, yang menunjukkan bahwa varians data antara kelompok BFR dan non-BFR adalah homogen. Selanjutnya, hasil uji hipotesis berupa pengaruh pada setiap kelompok dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Uji Pengaruh Pada Setiap Kelompok

Kelompok	Paired Samples Test		
	t	df	Sig. (2-tailed)
BFR	9,505	14	0,000
Non-BFR	3,868	14	0,002

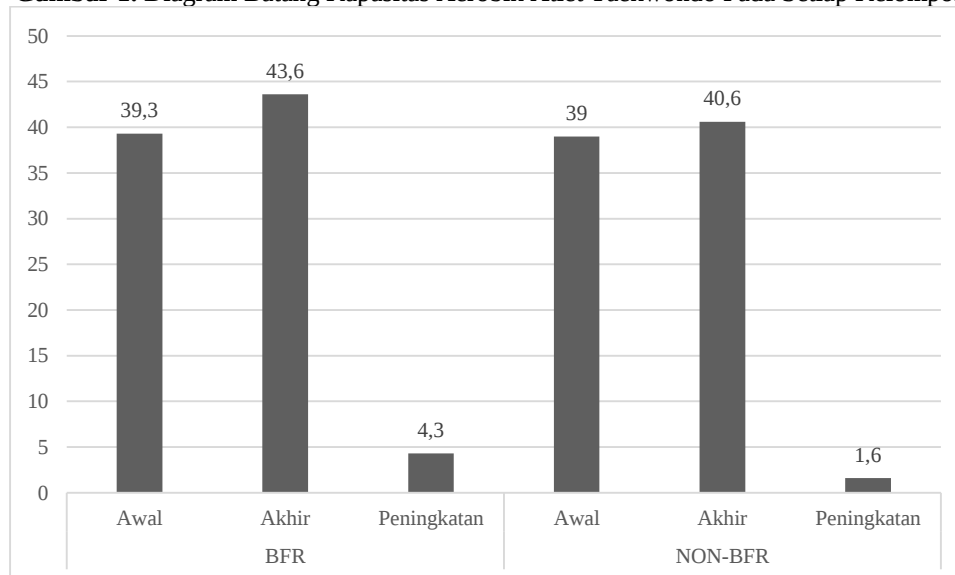
Berdasarkan Tabel 4, hasil *Paired Samples T-Test* pada kelompok BFR menunjukkan nilai signifikansi 0,000 ($p < 0,05$), dengan makna terdapat pengaruh yang signifikan dari latihan *Blood Flow Restriction* terhadap peningkatan VO2Max. Hal serupa juga terjadi pada kelompok non-BFR, dimana diperoleh nilai signifikansi sebesar 0,002 ($p < 0,05$) yang menunjukkan bahwa latihan konvensional (non-BFR) juga memberikan pengaruh signifikan terhadap peningkatan VO2Max walau tidak lebih signifikan dibanding latihan menggunakan BFR. Selanjutnya, hasil uji hipotesis berupa perbedaan pengaruh pada setiap kelompok dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Uji Perbedaan Pengaruh antara Kelompok BFR dan Non-BFR

t	df	Sig. (2-tailed)
4,340	28	0,000

Berdasarkan Tabel 5, hasil *Independent Samples Test* menunjukkan nilai signifikansi (*Sig. 2-tailed*) sebesar $0,000 < 0,05$. Sehingga dapat disimpulkan terdapat perbedaan yang signifikan antara kelompok BFR dengan kelompok non-BFR. Selanjutnya, diagram batang kapasitas aerobik atlet taekwondo pada setiap kelompok dapat dilihat pada Gambar 1.

Gambar 1. Diagram Batang Kapasitas Aerobik Atlet Taekwondo Pada Setiap Kelompok



Berdasarkan Gambar 1, rata-rata skor awal VO2Max pada kelompok eksperimen (BFR) adalah 39,3 yang kemudian meningkat sebesar 4,3 poin menjadi 43,6 di akhir. Sementara itu, rata-rata skor awal pada kelompok kontrol (non-BFR) adalah 39 yang kemudian meningkat sebesar 1,6 poin menjadi 40,6. Oleh karena itu, latihan menggunakan BFR dapat meningkatkan poin VO2Max dengan persentase yang lebih besar (10%) dibandingkan latihan daya tahan tanpa menggunakan metode BFR (4%). Sehingga penerapan BFR untuk

meningkatkan kapasitas aerobik atlet taekwondo lebih efektif dibandingkan dengan tidak menggunakan BFR dalam pelatihannya.

PEMBAHASAN

Hasil studi ini membuktikan bahwa metode latihan *Blood Flow Restriction* (BFR) memberikan efektivitas yang signifikan terhadap peningkatan kapasitas aerobik (VO₂Max) atlet taekwondo, dibandingkan dengan metode latihan konvensional (non-BFR). Temuan ini mengonfirmasi hipotesis bahwa penambahan tekanan okulasi dapat memberikan stimulus adaptasi fisiologis berlebih terhadap sistem kardiorespirasi. Peningkatan ini menjadi temuan yang sangat penting bagi atlet taekwondo, karena kapasitas aerobik yang tinggi memegang peran vital dalam mempercepat laju pemulihan antar ronde dan menjaga konsistensi performa saat bertanding dalam durasi panjang (Mumtaz & Pahlawi, 2025; Rocha et al., 2016). Hasil ini sejalan dengan studi lain yang menemukan bahwa latihan berjalan maupun berlari dengan BFR secara signifikan meningkatkan fungsi kardipumoner dan VO₂Max pada atlet tanpa memerlukan volume latihan yang tinggi (Chen et al., 2021; Thompson, 2024).

Efektivitas BFR dalam meningkatkan kapasitas aerobik didorong oleh mekanisme stress metabolik (Christiansen & Bishop, 2022). Penerapan BFR membatasi aliran balik vena (*venous return*) yang menyebabkan penumpukan darah di otot, sementara aliran arteri tetap dipertahankan namun berkurang. Kondisi ini menciptakan lingkungan hipoksia lokal (rendah oksigen) dan akumulasi metabolit seperti laktat dan ion hidrogen, meskipun latihan dilakukan dengan intensitas rendah (Corvino et al., 2016; John et al., 2015). Keterbatasan oksigen ini memaksa tubuh mengaktifkan unit motorik serat otot tipe II (*fast-twitch*) lebih awal karena serat otot tipe I (*slow-twitch*) yang bergantung pada oksigen mengalami kelelahan premature (Bennett & Slaterry, 2019). Peningkatan perekrutan serat otot tipe II ini akhirnya merangsang peningkatan konsumsi oksigen maksimal (Wernbom & Aagaard, 2020).

Secara kronis, respon tubuh terhadap hipoksia yang berulang akibat BFR memicu kaskade adaptasi vascular yang mendukung peningkatan VO₂Max. Stres hipoksia menstimulasi pelepasan *Vascular Endothelial Growth Factor* (VEGF), yang merupakan pemicu proses angiogenesis atau pembentukan pembuluh darah kapiler baru (Ferguson et al., 2021). Peningkatan densitas kapiler ini memungkinkan distribusi oksigen ke jaringan otot menjadi lebih efisien. Selain itu, latihan BFR juga dilaporkan meningkatkan biogenesis mitokondria dan aktivitas enzim oksidatif sitrat sintase, yang merupakan indikator utama dari kapasitas aerobik otot (Pignanelli et al., 2025). Bahkan adaptasi ini terjadi secara independent tanpa perubahan signifikan pada volume darah total atau massa hemoglobin, yang menegaskan bahwa peningkatan VO₂Max pada protokol BFR lebih didominasi oleh adaptasi perifer di tingkat otot rangka dibandingkan adaptasi hematologis (Thompson, 2024).

Penerapan BFR pada cabang olahraga taekwondo tidak hanya terbukti efektif pada aspek aerobik, tetapi juga pada komponen lain yang penting bagi atlet taekwondo. Temuan pada studi ini memperluas bukti empiris yang sebelumnya telah ada bahwa latihan BFR secara signifikan dapat meningkatkan daya ledak dan keseimbangan dinamis pada atlet taekwondo (Akin & Kesilmiş, 2020; Boobani & L̆cis, 2019). Secara keseluruhan, data ini menunjukkan bahwa BFR mampu memberikan stimulus adaptasi fisik seperti daya tahan, kekuatan, dan keseimbangan yang juga memang sangat relevan dengan karakteristik cabang olahraga taekwondo yang memiliki intensitas tinggi (Li et al., 2024).

Sebagaimana dengan adanya tantangan klasik dalam periodisasi latihan taekwondo adalah keterbatasan waktu untuk menyelipkan sesi pengembangan aerobik konvensional di tengah volume latihan teknik dan taktik yang sudah sangat tinggi. Temuan penelitian ini memberikan solusi strategis atas permasalahan tersebut, dimana BFR terbukti mampu meningkatkan kapasitas aerobik secara efektif tanpa memerlukan durasi latihan yang panjang.

Selain itu, BFR juga merupakan metode yang ideal untuk menjaga volume latihan tetap tinggi tanpa meningkatkan risiko cedera *overuse* atau memperparah atlet yang sedang dalam masa pemulihan (Lorenz et al., 2021).

KESIMPULAN

Penerapan *Blood Flow Restriction* (BFR) memberikan peningkatan kapasitas aerobik (VO2Max) yang lebih signifikan pada atlet taekwondo dibandingkan dengan tanpa BFR. Penerapan oklusi vaskular terbukti mampu menciptakan stimulus adaptasi fisiologis berupa stress metabolik dan hipoksia lokal yang memicu peningkatan fungsi kardiorespirasi, meskipun latihan dilakukan dengan durasi dan intensitas yang sama dengan kelompok kontrol. Hal ini membuat BFR dapat direkomendasikan sebagai strategi alternatif latihan yang efisien waktu dan dengan beban yang lebih rendah. Meskipun demikian, mengingat keterbatasan penelitian ini pada penggunaan BFR tradisional dengan penentuan tekanan subjektif yang berpotensi mengurangi presisi stimulus, penelitian selanjutnya sangat disarankan menggunakan alat pneumatik otomatis atau pemantauan doppler guna menstandarisasi tekanan oklusi demi memastikan keamanan dan efektivitas intervensi yang lebih akurat dan terukur secara individual.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami ingin mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah berkontribusi dalam penyelesaian studi ini, terutama kepada Universitas Pendidikan Indonesia yang selalu mendukung kami.

DAFTAR PUSTAKA

- Akhilufni, M., Hasili, A., & Muharram, N. A. (2021). Survey Tingkat VO2Maks Pada Atlet Taekwondo Puslatkot Kota Kediri Tahun 2020. *Indonesian Journal of Kinanthropology (IJOK) Open*, 1(1), 66–69. <https://doi.org/10.26740/ijok.v1n1.p66-69>
- Akin, M., & Kesilmiş, İ. (2020). The Effect of Blood Flow Restriction and Plyometric Training Methods on Dynamic Balance of Taekwondo Athletes. *PEDAGOGY of Physical Culture and Sports*, 24(4), 157–162. <https://doi.org/10.15561/26649837.2020.0401>
- Arazi, H., Keihaniyan, A., Eatemadyboroujeni, A., Oftade, A., Takhsha, S., Asadi, A., & Ramirez-Campillo, R. (2017). Effects of Heart Rate Vs. Speed-Based High Intensity Interval Training on Aerobic and Anaerobic Capacity of Female Soccer Players. *Sports*, 5(3), 3–10. <https://doi.org/10.3390/sports5030057>
- Bennett, H., & Slattery, F. (2019). Effects of Blood Flow Restriction Training on Aerobic Capacity and Performance: A Systematic Review. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 33(2), 572–583. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002963>
- Boobani, B., & Līcis, R. (2019). Effectiveness Of Plyometric Training With Blood Flow Restriction On Explosive Power. *LASE Journal of Sport Science*, 10(2), 69–80. <https://doi.org/10.2478/ljss-2018-0027>
- Chen, Y., Hsieh, Y., Ho, J., Lin, T., & Lin, J. (2021). Running Training Combined with Blood Flow Restriction Increases Cardiopulmonary Function and Muscle Strength in Endurance Athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 36(5), 1228–1237. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000003938>
- Christiansen, D., & Bishop, D. J. (2022). Interval Exercise With Blood Flow Restriction Potentiates Early Markers of Metabolic Health In Man. *Acta Physiol (Oxf)*, 36(5), 1–

19. <https://doi.org/10.1111/apha.13769>
- Corvino, R. B., Rossiter, H. B., Loch, T., Martins, J. C., & Caputo, F. (2016). Physiological Responses to Interval Endurance Exercise at Different Levels Of Blood Flow. *European Journal of Applied Physiology*, 117(1), 39–52. <https://doi.org/10.1007/s00421-016-3497-5>
- Ferguson, R. A., Christiansen, D., Mitchell, E. A., Taylor, C. W., & Bishop, D. J. (2021). Blood-Flow-Restricted Exercise : Strategies for Enhancing Muscle Adaptation and Performance in The Endurance-Trained Athlete. *Experimental Physiology*, 106(4), 837–860. <https://doi.org/10.1113/EP089280>
- Gillen, Z. M., Wyatt, F. B., Winchester, J. B., Smith, D. A., & Ghetia, V. (2016). The Relationship Between Aerobic and Anaerobic Performance in Recreational Runners. *International Journal of Exercise Science*, 9(5), 625–634. <https://doi.org/10.70252/kfop9214>
- John, S., Syed, P., & Hussain, R. (2015). A Review on the Mechanisms of Blood-Flow Restriction Resistance Training-Induced Muscle Hypertrophy. *Sports Med.*, 45(2). <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0264-9>
- Knowles, A. M., Herbert, P., Easton, C., Sculthorpe, N., & Grace, F. M. (2015). Impact of Low-Volume, High-Intensity Interval Training on Maximal Aerobic Capacity, Health-Related Quality of Life And Motivation to Exercise in Ageing Men. *Age*, 37(2), 1–12. <https://doi.org/10.1007/s11357-015-9763-3>
- Li, W., Gao, Z., Liu, Y., & Wang, J. (2024). Effects of 4-Week Circuit Strength Combined With Blood Flow Restriction Training on Muscle Status and Performance in Taekwondo Athletes. *Journal of Human Sport and Exercise*, 19(2), 483–498. <https://doi.org/10.55860/ad6rd932>
- Litleskare, S., Enoksen, E., Sandvei, M., Støen, L., Stensrud, T., Johansen, E., & Jensen, J. (2020). Sprint Interval Running and Continuous Running Produce Training Specific Adaptations, Despite A Similar Improvement of Aerobic Endurance Capacity—A Randomized Trial of Healthy Adults. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(11), 1–12. <https://doi.org/10.3390/ijerph17113865>
- Lorenz, D. S., Bailey, L., Wilk, K. E., Mangine, R. E., Head, P., Grindstaff, T. L., & Morrison, S. (2021). *Blood Flow Restriction Training*. 56(9), 937–944. <https://doi.org/10.4085/418-20>
- MacInnis, M. J., & Gibala, M. J. (2017). Physiological Adaptations to Interval Training and The Role Of Exercise Intensity. *Journal of Physiology*, 595(9), 2915–2930. <https://doi.org/10.1113/JP273196>
- Mayorga-Vega, D., Aguilar-Soto, P., & Viciana, J. (2015). Criterion-Related Validity of The 20-M Shuttle Run Test for Estimating Cardiorespiratory Fitness: A Meta-Analysis. *Journal of Sports Science and Medicine*, 14(3), 536–547. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4541117/>
- Mumtaz, N. K., & Pahlawi. (2025). Hubungan Kapasitas Aerobik terhadap Performa Atlet Taekwondo: Sebuah Systematic Literature Review (SLR). *Jurnal Dunia Pendidikan*, 6(1), 1–10. <https://doi.org/doi.org/10.55081/jurdip.v6i1.3879>
- Muñoz-Martínez, F. A., Rubio-Arias, J., Ramos-Campo, D. J., & Alcaraz, P. E. (2017). Effectiveness of Resistance Circuit-Based Training for Maximum Oxygen Uptake and Upper-Body One-Repetition Maximum Improvements: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine*, 47(12), 2553–2568. <https://doi.org/10.1007/s40279->

017-0773-4

- Pignanelli, C., Christiansen, D., & Burr, J. F. (2025). Blood Flow Restriction Training and The High-Performance Athlete : Science to Application. *Journal of Applied Physiology*, 130(4), 1163–1170. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00982.2020>
- Rachmat, M., & Umar, D. (2018). The Periodization of 4 and 6 Weeks Circuit Training and Age to Improve the Aerobic Endurance of Basketball Beginner Athletes. *Atlantis Press*, 278, 640–646. <https://doi.org/10.2991/yishpess-cois-18.2018.166>
- Rocha, F., Louro, H., Matias, R., & Costa, A. (2016). Anaerobic Fitness Assessment in Taekwondo Athletes . A New Perspective. *Network of Scientific Journals from Latin America, the Caribbean, Spain and Portuga*, 12(2), 127–139. <https://doi.org/10.6063/motricidade.8954>
- Sabato, T. M., Walch, T. J., & Caine, D. J. (2016). Physical and Emotional Health The Elite Young Athlete : Strategies To Ensure Physical and Emotional Health. *Open Access Journal of Sports Medicine*, 2016(7), 99–113. <https://doi.org/10.2147/OAJSM.S96821>
- Souza, F. de B., Ferreira, R. C. A., Fernandes, W. S., Ribeiro, W., & Lazo-Orsorio, R. A. (2018). Comparison of Aerobic Power and Capacity Between Athletes from Different Sports. *Revista Brasileira de Medicina Do Esporte*, 24(6), 432–435. <https://doi.org/10.1590/1517-869220182406101651>
- Thompson, K. M. A. (2024). Low- and High-Volume Blood-Flow Restriction Treadmill Walking Both Improve Maximal Aerobic Capacity Independently of Blood Volume. *Wiley*, 34(1), 1–11. <https://doi.org/10.1111/sms.14534>
- Wernbom, M., & Aagaard, P. (2020). Muscle Fibre Activation and Fatigue With Low-Load Blood Flow Restricted Resistance Exercise. *Acta Physiologica*, 228(1). <https://doi.org/10.1111/apha.13302>
- Wicaksono, A., & Pradipta, G. D. (2023). Pengaruh Latihan Circuit Training Terhadap Daya Tahan Aerobik (VO2MAX) Pada. *Jurnal Spirit Edukasia*, 03(02), 403–411.
- Wilke, C. F., Ramos, G. P., Pacheco, D. A. S., Wesley H.M. Santos, Diniz, M. S. L., Goncalves, G. G. P., Marins, J. C. B., Wanner, S. P., & Silami-Garcia, E. (2016). Metabolic Demand and Internal Training Load in Technical-Tactical Training Sessions of Professional Futsal Player. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(8), 2330–2340. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001321>
- 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 America Journal of Sports Medicine*, 49(7), 1938–1944. <https://doi.org/10.1177/0363546520964454>
- Wu, C., Zhao, Y., Yin, F., Yi, Y., Geng, L., & Xu, X. (2024). Mental Fatigue and Sports Performance of Athletes : Theoretical Explanation , Influencing Factors , and Intervention Methods. *Behavioral Sciences*, 14(12), 1–16. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/bs14121125>