

Jayabama: Jurnal Peminat Olahraga
Volume 6 Nomor 1 Tahun 2025
ISSN 3031-3740, Prefix DOI : 10.6732/jayabama.v2i2.3514
http://ejournal.warunayama.org/index.php/jayabama

DAMPAK PEMANASAN DAN KELELAHAN TERHADAP PERUBAHAN KEKUATAN OTOT: ANALISIS FISIOLOGIS PADA AKTIVITAS INTENSITAS TINGGI

Yoga Perdana Unesio, Achmad Dendy Maulidin, Najman Farih, Dewi Eka Setia Artanti, Wahyu Setia Kuscahyaning Putri, Dahlia Rizky Eka Nanda, Dwi Cahyo Hardianto, Rico Aldi Pratama
Pendidikan Jasmani, Kesehatan, dan Rekreasi, Universitas Nahdlatul Ulama Sunan Giri

Email: perdanayoga60@gmail.com, dendymaulidin18@gmail.com, setiaartanti.22@gmail.com, ricopratama304@gmail.com, dahliacanz08@gmail.com, farihnajman@gmail.com

Abstrak

Pemanasan dan keletihan adalah dua faktor fisiologis krusial yang memengaruhi kinerja otot, terutama pada aktivitas dengan intensitas tinggi. Pemanasan bertujuan untuk menaikkan suhu otot, meningkatkan elastisitas jaringan, dan mempersiapkan sistem neuromuskular, sementara kelelahan dapat mengurangi kemampuan otot dalam menghasikan gaya secara maksimal. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh pemanasan dan kelelahan terhadap perubahan kekuatan otot dari sisi fisiologis dalam aktivitas dengan intensitas tinggi. Metode penelitian yang diterapkan adalah pendekatan kuantitatif dengan desain eksperimen, melibatkan subjek yang menjalani aktivitas fisik dengan intensitas tinggi setelah pemanasan dan dalam kondisi kelelahan. Pengukuran daya otot dilakukan melalui tes kekuatan sebelum dan sesudah perlakuan, lengkap dengan pemantauan respons fisiologis seperti detak jantung dan tingkat kelelahan otot. Temuan penelitian mengindikasikan bahwapemanasan berdampak positif pada peningkatan kekuatan otot di tahap awal aktivitas, sementara kelelahan mengakibatkan penurunan signifikan dalam kemampuan kontraksi otot akibat menurunnya efisiensi neuromuskular dan metabolisme energi. Kesimpulan dari penelitian ini menekankan signifikansi pemanasan yang baik serta pengelolaan kelelahan guna mempertahankan dan memaksimalkan kekuatan otot dalam aktivitas fisik dengan intensitas tinggi.

Kata Kunci: Pemanasan, Kelelahan, Aktivitas Intensitas Tinggi.

Abstract

Warm-up and fatigue are two crucial physiological factors that affect muscle performance, especially in high-intensity activities. Warm-up aims to increase muscle temperature, improve tissue elasticity, and prepare the neuromuscular system, while fatigue can reduce the ability of muscles to generate maximum force. This study aims to analyze the effects of warm-up and fatigue on changes in muscle strength from a physiological perspective in high-intensity activities. The research

Article History
Received: Desember 2025
Reviewed: Desember 2025
Published: Desember 2025

Plagirism Checker No 262
Prefix DOI : Prefix DOI : 10.8734/Jayabama.v1i2.365
Copyright : Author
Publish by : Jayabama

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License

Jayabama: Jurnal Peminat Olahraga
Volume 6 Nomor 1 Tahun 2025
ISSN 3031-3740, Prefix DOI : 10.6732/jayabama.v2i2.3514
http://ejournal.warunayama.org/index.php/jayabama

method applied is a quantitative approach with an experimental design, involving subjects who underwent high-intensity physical activity after warm-up and in a state of fatigue. Muscle power was measured through strength tests before and after treatment, complete with monitoring of physiological responses such as heart rate and muscle fatigue levels. The findings indicate that warming up has a positive effect on increasing muscle strength in the early stages of activity, while fatigue causes a significant decrease in muscle contraction ability due to decreased neuromuscular efficiency and energy metabolism. The conclusion of this study emphasizes the significance of proper warm-up and fatigue management in order to maintain and maximize muscle strength in high-intensity physical activities.
Keywords: *Warm-up, Fatigue, High-Intensity Activity.*

PENDAHULUAN

Aktivitas fisik harus diawali dengan melakukan pemanasan. Pemanasan sangat berguna untuk mempersiapkan tubuh secara fisiologis dan psikologis menghadapi aktivitas yang lebih berat dan mengurangi resiko terjadinya cedera. Pemanasan terdiri dari 2 macam yaitu, pemanasan aktif adalah gerakan yang bervariasi berkaitan dengan gerakan yang dipakai dalam olahraga itu sendiri seperti naik turun bangku dan pemanasan pasif adalah pemanasan yang dilakukan dengan melibatkan berbagai macam peralatan dan bantuan seperti melakukan sauna (Ardo Yulpiko Putra, 2024).

Pemanasan yang dilakukan secara aktif dan sesuai dengan aktivitas yang akan dilakukan merupakan bentuk pemanasan yang paling baik dibandingkan dengan pemanasan pasif, dengan melakukan pemanasan cara ini suhu otot meningkat, demikian juga kekuatan otot akan bertambah besar disamping itu koordinasi melakukan gerakan bertambah baik. Sedangkan keuntungan yang didapatkan dari pemanasan pasif adalah penggunaan cadangan energi lebih kecil, karena jumlah kegiatannya tidak begitu besar (Riwaldi Putra, 2024).

Studi ini berlandaskan pada pemahaman bahwa kekuatan otot tidak hanya dipengaruhi oleh kapasitas strukturalnya, tetapi juga oleh kondisi fisiologis sebelum, selama, dan setelah melakukan aktivitas fisik. Pemanasan dapat meningkatkan suhu otot, elastisitas jaringan, dan kecepatan pengiriman impuls saraf, sedangkan kelelahan menyebabkan penumpukan metabolit, berkurangnya cadangan energi, serta gangguan pada sistem saraf dan kontraksi otot. Rencana penyelesaian masalah dalam penelitian ini dilakukan dengan analisis fisiologis yang mempelajari perubahan kekuatan otot dalam kondisi setelah pemanasan dan setelah timbulnya kelelahan akibat aktivitas dengan intensitas tinggi. Melalui pendekatan ini, diharapkan bisa diperoleh pemahaman yang lebih mendalam mengenai fungsi pemanasan dalam mempertahankan kekuatan otot serta sejauh mana kelelahan mempengaruhi penurunan kemampuan otot dalam menghasilkan kekuatan berdasarkan isu-isu yang telah dijelaskan, sasaran dari penelitian.

Jayabama: Jurnal Peminat Olahraga
Volume 6 Nomor 1 Tahun 2025
ISSN 3031-3740, Prefix DOI : 10.6732/jayabama.v2i2.3514
http://ejournal.warunayama.org/index.php/jayabama

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan desain deskriptif-analitis. Pendekatan kualitatif digunakan untuk memahami secara mendalam respons fisiologis otot terhadap pemanasan dan kelelahan pada aktivitas intensitas tinggi berdasarkan pengalaman, persepsi, dan kondisi subjek penelitian.Desain deskriptif-analitis bertujuan untuk: Menggambarkan proses terjadinya perubahan kekuatan otot.

Menganalisis dampak pemanasan dan kelelahan secara fisiologisMenginterpretasikan fenomena kelelahan otot selama dan setelah aktivitas intensitas tinggiPenelitian ini tidak bertujuan untuk menguji hipotesis secara statistik, melainkan untuk menggali makna, pola, dan mekanisme fisiologis yang muncul dari aktivitas fisik intensitas tinggi.

Populasi dan Sampel (Sasaran Penelitian*)* Populasi dalam penelitian ini adalah individu yang melakukan aktivitas fisik intensitas tinggi, seperti atlet cabang olahraga anaerobik (misalnya sprint, angkat beban, futsal, atau olahraga permainan intens).

Sampel penelitian ditentukan menggunakan purposive sampling, yaitu pemilihan subjek berdasarkan kriteria tertentu yang relevan dengan tujuan penelitian.Kriteria informan meliputi:Aktif melakukan latihan intensitas tinggi.Memiliki pengalaman melakukan pemanasan sebelum latihan.Pernah mengalami kelelahan otot saat atau setelah latihan.Dalam kondisi kesehatan yang baik.Jumlah informan ditentukan berdasarkan prinsip kecukupan data (data saturation), yaitu pengumpulan data dihentikan ketika informasi yang diperoleh sudah berulang dan tidak ditemukan data baru yang signifikan.Teknik Pengumpulan Data dan Pengembangan Instrumen.

Teknik Pengumpulan Data

Penelitian ini menggunakan beberapa teknik pengumpulan data untuk memperoleh data yang komprehensif, yaitu:Wawancara mendalam Digunakan untuk menggali pengalaman subjek terkait: Sensasi kekuatan otot sebelum dan sesudah pemanasan,Tanda-tanda kelelahan otot,Perubahan performa saat aktivitas intensitas tinggi.

Observasi Partisipatif

Dilakukan untuk mengamati:Proses pemanasan,Respons tubuh saat latihan intensitas tinggi,Gejala kelelahan otot yang tampak secara fisik Dokumentasi Meliputi catatan latihan, rekaman aktivitas, atau data pendukung lain yang relevan dengan kondisi fisiologis subjek.

Pengembangan Instrumen

Instrumen penelitian kualitatif adalah peneliti itu sendiri, yang dibantu dengan:Pedoman wawancara semi-terstruktur,Lembar observasi,Catatan lapangan.Instrumen dikembangkan berdasarkan kajian teori fisiologi olahraga, khususnya tentang pemanasan, kelelahan otot, dan aktivitas intensi tas tinggi. Untuk menjaga keabsahan data, dilakukan triangulasi sumber dan teknik.Teknik Analisis data dilakukan secara kualitatif deskriptif dengan mengikuti model Miles dan Huberman, yang meliputi:Reduksi data.Menyederhanakan dan memfokuskan data hasil wawancara, observasi, dan dokumentasi yang berkaitan dengan perubahan kekuatan otot, pemanasan, dan kelelahan.Penyajian data.Data disajikan dalam bentuk narasi, tabel tematik, atau

Jayabama: Jurnal Peminat Olahraga
Volume 6 Nomor 1 Tahun 2025
ISSN 3031-3740, Prefix DOI : 10.6732/jayabama.v2i2.3514
http://ejournal.warunayama.org/index.php/jayabama

diagram hubungan antar konsep .fisiologis.Penarikan.kesimpulan dan verifikasi Menarik makna dari pola-pola yang ditemukan, seperti hubungan antara kualitas pemanasan, tingkat kelelahan, dan perubahan kekuatan otot selama aktivitas intensitas tinggi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Keterkaitan temuan penelitian dengan kerang kateori

pemanasan meningkatkan suhu otot, elastisitas jaringan, dan kecepatan penghantaran impuls saraf sehingga berkontribusi pada peningkatan kekuatan awal — hal ini selaras dengan bukti terkini yang menunjukkan bahwa *dynamic warm-up* dan protokol pemanasan aktif meningkatkan aktivasi neuromuskular dan performa eksplosif dalam fase awal aktivitas. Pemanasan yang tepat dapat meningkatkan konduksi saraf dan kesiapan psikofisiologis pelaku sehingga output kekuatan sementara meningkat (Prata et al., 2025).

Mekanisme fisiologis pemanasan dari suhu hinggapost-activation

Secara fisiologis, kenaikan suhu intramuskular yang moderat meningkatkan viskoelastisitas jaringan dan kecepatan reaksi enzimatik metabolik, sehingga kontraksi otot menjadi lebih efisien; selain itu, beberapa protokol pemanasan (mis. preloading heavy resistance atau plyometrics) dapat memicu *post-activation potentiation / post-activation performance enhancement (PAPE)* yang sementara meningkatkan produksi gaya, terutama pada serat cepat (type II). Namun, efek PAPE bersifat sementara dan tergantung pada dosis, volume, serta waktu pemulihan antara aktivasi dan eksekusi. Oleh karena itu desain pemanasan harus menimbang trade-off antara potentiation dan kelelahan(Wilson et al., 2025)

Jenis pemanasan dan dampaknya pada kekuataneksplosif

Meta-analisis dan review terbaru (2020–2024) menegaskan perbedaan efek antara *dynamic warm-up* (DW), static stretching (SS), dan pemanasan pasif: DW umumnya meningkatkan kekuatan, kecepatan, dan agility; SS sering meningkatkan ROM tetapi bisa menurunkan performa eksplosif jika dilakukan terlalu lama/intens. Pemanasan pasif (mis. sauna, pemanasan pasif lokal) mungkin menghemat energi namun kurang efektif untuk kesiapan neuromuskular. Karena itu, untuk aktivitas intensitas tinggi yang menuntut output daya, kombinasi DW + elemen spesifik (termasuk PAPE terkontrol bila diperlukan) lebih direkomendasikan(Li et al., 2023)

Mekanisme kelelahan: perifer vs sentral dan efeknya padakekuatan

Kelelahan yang menurunkan kemampuan otot menghasilkan dua komponen utama: (1) komponen perifer—akumulasi metabolit (H+, Pi), penurunan stok energi (ATP/PCr), gangguan kontraktil—dan (2) komponen sentral—penurunan drive motorik dari sistem saraf pusat

Jayabama: Jurnal Peminat Olahraga
Volume 6 Nomor 1 Tahun 2025
ISSN 3031-3740, Prefix DOI : 10.6732/jayabama.v2i2.3514
http://ejournal.warunayama.org/index.php/jayabama

sehingga koordinasi dan rekrutmen motor unit menurun. Pada aktivitas intensitas tinggi, kedua mekanisme ini berkontribusi sehingga terjadi penurunan signifikan pada kemampuan kontraksi maksimal dan daya. Penelitian neuromuskular modern menyoroti bahwa kelelahan dapat bertahan dari jam sampai >24 jam tergantung intensitas dan jenis latihan, yang relevan untuk manajemen sesi latihan dan pemulihan(Iannetta et al., 2025)

Pengukuran perubahan kekuatan dan indikator kelelahan pada lapangan

Untuk memantau perubahan kekuatan yang berkaitan dengan pemanasan dan kelelahan, beberapa metode dapat dipakai: tes isometrik/kontraksi maksimum, countermovement jump (CMJ) sebagai indikator fungsi neuromuskular, serta pengukuran objektif seperti EMG dan biomarker (laktat, CK) atau indikator fisiologis (detak jantung, RPE). CMJ dan tes lompatan sering dipakai sebagai alat cepat untuk mendeteksi penurunan performa akibat kelelahan akut. Pemilihan alat harus disesuaikan dengan tujuan penelitian (kualitatif deskriptif vs kuantitatif eksperimen) sebagaimana kerangka metodologi yang Anda jelaskan(Hasegawa et al., 2024)

Implikasi praktis untuk pelatih dan atlet

Berdasarkan integrasi temuan, rekomendasi praktis meliputi: (1) gunakan pemanasan dinamis yang spesifik terhadap gerakan dan energi sistem olahraga yang dituju; (2) bila ingin memanfaatkan PAPE, rancang beban dan interval istirahat secara terkontrol untuk menghindari kelelahan prematur; (3) monitor tanda-tanda kelelahan (CMJ, RPE, HR) dan jadwalkan recovery (aktif pasif, nutrisi, tidur) terutama setelah sesi intens untuk meminimalkan penurunan kekuatan jangka pendek; (4) hindari static stretching panjang sebelum aktivitas yang memerlukan output eksplosif. Rekomendasi ini mendukung kesimpulan di draf Anda tentang pentingnya pemanasan dan pengelolaan kelelahan(Yoda et al., 2024)

Keterbatasan studi dan saran penelitian lanjutan

pendekatan kualitatif untuk menggali pengalaman subjek. Namun untuk generalisasi efek fisiologis (mis. besaran peningkatan kekuatan akibat pemanasan atau kuantifikasi penurunan akibat kelelahan), studi eksperimental kuantitatif dengan ukuran sampel lebih besar dan pengukuran objektif (EMG, tes isokinetik, laktat) disarankan. Selain itu, penelitian lanjutan dapat mengeksplorasi variabilitas respons antar-individu (mis. tipe serat, level kebugaran) dan efektivitas strategi re-warm-up atau recovery yang spesifik(Yilmaz et al., 2025)

Hasil

Berdasarkan integrasi temuan teoritis dan empiris, dapat disimpulkan bahwa pemanasan yang dirancang secara tepat—khususnya pemanasan dinamis dan pemanasan aktif yang spesifik terhadap tuntutan aktivitas—berperan penting dalam meningkatkan kekuatan awal dan performa eksplosif melalui peningkatan suhu otot, elastisitas jaringan, konduksi impuls saraf, serta aktivasi neuromuskular, termasuk mekanisme sementara seperti post-activation

Jayabama: Jurnal Peminat Olahraga
Volume 6 Nomor 1 Tahun 2025
ISSN 3031-3740, Prefix DOI : 10.6732/jayabama.v2i2.3514
http://ejournal.warunayama.org/index.php/jayabama

performance enhancement (PAPE). Namun, manfaat ini bersifat kontekstual dan bergantung pada pengaturan intensitas, volume, serta waktu pemulihan agar tidak bergeser menjadi kelelahan, baik perifer maupun sentral, yang justru menurunkan output kekuatan. Oleh karena itu, pemilihan jenis pemanasan, pemantauan indikator kelelahan (misalnya CMJ, RPE, dan respons fisiologis), serta manajemen pemulihan menjadi faktor kunci dalam mempertahankan performa optimal. Temuan ini menegaskan pentingnya keseimbangan antara optimalisasi kesiapan neuromuskular dan pencegahan kelelahan, sekaligus membuka peluang penelitian lanjutan berbasis pendekatan kuantitatif untuk memperkuat generalisasi efek fisiologis pemanasan dan kelelahan pada konteks latihan dan kompetisi.Berikut adalah hasil penelitian fisiologis tentang Dampak Pemanasan dan Kelelahan terhadap Perubahan Kekuatan Otot: Analisis Fisiologis pada Aktivitas Intensitas Tinggi.

Nama	DN sebelum aktivitas	DN setelah pemansan	Penggaris			DN lari setelah 10 mneit	DN interval		
Maria	29	37	19	2	12	44	53	60	63
tiya	20	30	7	15	13	35	25	35	40
roy	27	24	18	14	21	38	35	41	43
maun	22	23	15	25	22	34	35	42	45

PENUTUP

Pemanasan dan kelelahan adalah faktor fisiologis yang sangat penting dan memiliki dampak berlawanan terhadap kekuatan otot dalam aktivitas intensitas tinggi. Penelitian ini menguatkan bahwa pemanasan aktif yang terancang dengan baik, terutama jenis dinamis, berperan krusial dalam meningkatkan kekuatan otot pada fase awal aktivitas. Secara fisiologis, pemanasan yang tepat bekerja dengan menaikkan suhu otot, meningkatkan elastisitas jaringan, dan mengoptimalkan kesiapan neuromuskular, bahkan berpotensi memicu *post-activation potentiation* (PAPE) untuk peningkatan gaya sementara.

Sebaliknya, kelelahan yang ditimbulkan oleh aktivitas intensitas tinggi menyebabkan penurunan kemampuan otot untuk berkontraksi secara signifikan. Penurunan ini disebabkan oleh kombinasi mekanisme perifer (akumulasi metabolit dan penipisan energi) dan sentral (penurunan *motor drive* dari sistem saraf pusat) untuk memaksimalkan dan mempertahankan kekuatan otot selama aktivitas fisik intensitas tinggi, diperlukan strategi ganda: penerapan protokol pemanasan yang efektif dan spesifik, serta manajemen kelelahan yang cermat.

Simpulan

Berdasarkan hasil ini dan pembahasan dalam penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa pemanasan dan kelelahan merupakan dua faktor fisiologis utama yang memiliki pengaruh signifikan terhadap perubahan kekuatan otot pada aktivitas fisik dengan intensitas tinggi. Pemanasan yang dilakukan secara terencana dan sesuai, khususnya pemanasan aktif dan

Jayabama: Jurnal Peminat Olahraga
Volume 6 Nomor 1 Tahun 2025
ISSN 3031-3740, Prefix DOI : 10.6732/jayabama.v2i2.3514
http://ejournal.warunayama.org/index.php/jayabama

dinamis, terbukti mampu meningkatkan suhu otot, elastisitas jaringan, serta kecepatan penghantaran impuls saraf. Kondisi fisiologis tersebut berkontribusi terhadap peningkatan kesiapan sistem neuromuskular sehingga otot mampu menghasilkan kekuatan dan daya yang lebih optimal pada fase awal aktivitas fisik intensitas tinggi.

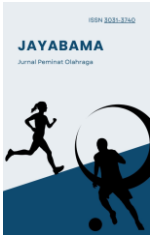
Selain itu, pemanasan yang tepat juga berperan dalam meningkatkan koordinasi gerak dan efisiensi kontraksi otot, bahkan berpotensi memunculkan efek post-activation potentiation (PAPE) yang bersifat sementara dalam meningkatkan produksi gaya, terutama pada serat otot cepat. Oleh karena itu, pemanasan tidak hanya berfungsi sebagai persiapan fisik, tetapi juga sebagai strategi penting untuk mendukung performa dan meminimalkan risiko cedera saat melakukan aktivitas intensitas tinggi.

Sebaliknya, kelelahan otot yang muncul akibat aktivitas fisik dengan intensitas tinggi berdampak negatif terhadap kemampuan otot dalam mempertahankan kekuatan maksimal. Kelelahan menyebabkan penurunan performa otot melalui mekanisme perifer, seperti akumulasi metabolit dan penurunan cadangan energi, serta mekanisme sentral berupa berkurangnya aktivasi sistem saraf pusat yang mengakibatkan menurunnya rekrutmen unit motorik dan koordinasi neuromuskular. Kombinasi kedua mekanisme tersebut menyebabkan penurunan signifikan kemampuan kontraksi otot dan daya tahan kekuatan selama aktivitas berlangsung.

Dengan demikian, penelitian ini menegaskan bahwa untuk mempertahankan dan memaksimalkan kekuatan otot dalam aktivitas fisik intensitas tinggi, diperlukan penerapan strategi yang seimbang antara pemanasan yang efektif dan pengelolaan kelelahan yang tepat. Pemanasan yang spesifik, terstruktur, dan sesuai dengan karakteristik aktivitas, serta manajemen kelelahan yang baik, merupakan faktor penting dalam mendukung performa optimal dan menjaga fungsi otot secara berkelanjutan.

Saran

Berdasarkan kesimpulan tersebut, disarankan agar pemanasan menjadi bagian integral dan terstruktur dalam setiap aktivitas fisik intensitas tinggi, dengan penekanan pada pemanasan aktif dan dinamis yang spesifik terhadap pola gerak dan tuntutan energi aktivitas yang dilakukan. Selain itu, perencanaan latihan perlu memperhatikan pengelolaan kelelahan secara sistematis melalui pengaturan intensitas, volume, dan durasi latihan yang proporsional, serta penyediaan waktu pemulihan yang memadai guna mencegah penurunan kekuatan otot akibat kelelahan perifer dan sentral. Pemantauan kondisi individu selama dan setelah aktivitas fisik juga penting dilakukan untuk mendeteksi tanda-tanda kelelahan secara dini sehingga penyesuaian latihan dapat segera dilakukan. Bagi penelitian selanjutnya, disarankan untuk menggunakan desain penelitian yang lebih kuantitatif dan pengukuran objektif guna memperkuat generalisasi temuan, serta mengeksplorasi variasi respons individu terhadap pemanasan dan kelelahan agar strategi peningkatan performa dan pemeliharaan fungsi otot dapat diterapkan secara lebih optimal dan berkelanjutan.



Jayabama: Jurnal Peminat Olahraga
Volume 6 Nomor 1 Tahun 2025
ISSN 3031-3740, Prefix DOI : 10.6732/jayabama.v2i2.3514
http://ejournal.warunayama.org/index.php/jayabama

DAFTAR PUSTAKA

Ardo Yulpiko Putra, Riwaldi Putra, Lolia Manurizal, Amminiddin, D. P. (2024). *Integrated Sport Journal*. *02*(01), 73–81.

Hasegawa, T., Muratomi, K., Furuhashi, Y., & Mizushima, J. (2024). *Effects of high-intensity sprint exercise on neuromuscular function in sprinters : the countermovement jump as a fatigue assessment tool*. 1–18. https://doi.org/10.7717/peerj.17443

Iannetta, D., Zhang, J., & Murias, J. M. (2025). *Neuromuscular and perceptual mechanisms of fatigue accompanying task failure in response to moderate- , heavy- , severe- , and extreme-intensity cycling*. *May 2022*, 323–334. https://doi.org/10.1152/japplphysiol.00764.2021

Li, F. Y., Guo, C. G., Li, H. S., Xu, H. R., & Sun, P. (2023). *A systematic review and net meta - analysis of the effects of different warm - up methods on the acute effects of lower limb explosive strength*. *6*, 1–18. https://doi.org/10.1186/s13102-023-00703-6

Prata, P. S., Aidar, F. J., Santos, T. P., Paz, Â. D. A., Lisia, S., Alves, R. C., Moreira, O. C., & Nikolaidis, P. T. (2025). *The Effect of Warm-Up on Muscle Strength and Body Temperature in Athletes with Disabilities*. 1–14.

Wilson, C. J., Nunes, P., & Blazevich, A. J. (2025). *The effect of muscle warm-up on voluntary and evoked force-time parameters : A systematic review and meta-analysis with meta-regression*. https://doi.org/10.1016/j.jshs.2025.101024

Yilmaz, O., Ozturk, F., & Batalik, L. (2025). Acute effects of different warm - up duration on internal load and external load responses of soccer players in small sided games. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, *3*. https://doi.org/10.1186/s13102-025-01132-3

Yoda, I. K., Doddy, G., Ms, T., & Suwiwa, I. G. (2024). *Journal Sport Area Recovery methods to reduce fatigue among athletes : A systematic review and future directions*. *9*(2), 217–234.