

Analisis Respons Fisiologis melalui Indikator Waktu Pemulihan dan Saturasi Oksigen pada Atlet Pencak Silat Berbasis Sistem Pemantauan Terintegrasi

Gatot Margisal Utomo^{1✉}, Muhammad Wahyono¹, Ismawandi Bripandika Putra¹

¹Pendidikan Jasmani, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas PGRI Adi Buana Surabaya, Jawa Timur, Indonesia

Corresponding author*

Email: gatotmargisalutomo@unipasby.ac.id

Info Artikel

Diajukan: 2026-01-07

Derevisi: 2026-01-23

Diterima: 2026-01-29

Diterbitkan: 2026-03-03

Keyword:

Adaptation; Integrated Monitoring; Oxygen Saturation; Pencak Silat Athletes; Recovery Time

Abstract

This study aimed to analyze the physiological responses of pencak silat athletes through the indicators of recovery time and oxygen saturation (SpO₂) using an integrated physiological monitoring system. A quasi-experimental pretest-posttest design was employed with 30 athletes as participants. Each athlete followed a controlled high-intensity training program while physiological data were collected in real-time to assess bodily adaptation to training load. Results showed a significant reduction in recovery time from an average of 183 ± 15 seconds to 152 ± 12 seconds, alongside a stable increase in SpO₂ from $96 \pm 1.2\%$ to $97 \pm 1\%$. These findings indicate that high-intensity training with physiological monitoring can improve cardiac recovery efficiency and maintain oxygenation stability. The study highlights the importance of individualized training programs based on real-time data to optimize athlete performance and minimize overtraining risks. In conclusion, the integrated monitoring system is effective in measuring physiological adaptation of pencak silat athletes to high-intensity training programs, providing a scientific basis for more personalized and data-driven training strategies.

Kata Kunci:

Adaptasi Fisiologis; Atlet Pencak Silat; Pemantauan Terintegrasi; SpO₂; Waktu Pemulihan

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis respons fisiologis atlet pencak silat melalui indikator waktu pemulihan dan saturasi oksigen (SpO₂) menggunakan sistem pemantauan fisiologis terintegrasi. Metode yang digunakan adalah desain quasi-eksperimen pretest-posttest dengan 30 atlet sebagai partisipan. Setiap atlet mengikuti program latihan intensitas tinggi yang terkontrol, sementara data fisiologis dikumpulkan secara real-time untuk mengukur adaptasi tubuh terhadap beban latihan. Hasil penelitian menunjukkan adanya penurunan signifikan pada waktu pemulihan dari rata-rata 183 ± 15 detik menjadi 152 ± 12 detik, serta peningkatan stabil SpO₂ dari $96 \pm 1,2\%$ menjadi $97 \pm 1\%$. Temuan ini mengindikasikan bahwa latihan intensitas tinggi dengan pemantauan fisiologis dapat meningkatkan efisiensi pemulihan jantung dan kestabilan oksigenasi tubuh. Penelitian ini juga menekankan pentingnya individualisasi program latihan berbasis data real-time untuk mengoptimalkan performa atlet dan meminimalkan risiko kelelahan berlebih. Kesimpulannya, penggunaan sistem pemantauan terintegrasi efektif dalam mengukur adaptasi fisiologis atlet pencak silat terhadap program latihan intensitas tinggi, serta memberikan dasar ilmiah untuk strategi pelatihan yang lebih personal dan terukur.



✉ **Alamat korespondensi:**

Pendidikan Jasmani, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas PGRI Adi Buana
Surabaya, Jawa Timur, Indonesia

How to Cite:

Utomo, G. M., Wahyono, W., & Putra, I. B. (2026). Analisis Respons Fisiologis melalui Indikator Waktu Pemulihan dan Saturasi Oksigen pada Atlet Pencak Silat Berbasis Sistem Pemantauan Terintegrasi. *SPRINTER: Jurnal Ilmu Olahraga*, 7(1), 25-34.
<https://doi.org/10.46838/spr.v7i1.997>

PENDAHULUAN

Olahraga pencak silat menuntut kombinasi kemampuan fisik, teknik, dan daya tahan yang tinggi, sehingga adaptasi fisiologis atlet menjadi faktor penting dalam mendukung performa optimal. Program latihan intensitas tinggi bertujuan meningkatkan kapasitas kardiovaskular, kecepatan pemulihan, dan efisiensi oksigenasi tubuh, namun respons adaptasi atlet dapat bervariasi tergantung kondisi individu dan metode pemantauan yang digunakan. Oleh karena itu, pemantauan fisiologis berbasis teknologi menjadi strategi penting untuk menilai dampak latihan secara objektif.

Penelitian sebelumnya telah menunjukkan bahwa penggunaan indikator seperti waktu pemulihan denyut jantung dan saturasi oksigen (SpO_2) efektif dalam mengevaluasi kesiapan fisik dan kapasitas adaptasi aerobik atlet pada olahraga intermiten atau kontak fisik tinggi (Alzahrani & Ullah, 2024) (Düking et al., 2021). Studi oleh (Gronwald & Hoos, 2020) menekankan pentingnya pengukuran real-time untuk menyesuaikan intensitas latihan dan meminimalkan risiko kelelahan berlebih. Namun, sebagian besar penelitian tersebut masih terbatas pada olahraga tim atau olahraga non-kontak (Zemková & Zapletalová, 2022) (Seshadri et al., 2019) (Addleman et al., 2024) (Granero-Gallegos et al., 2020) (García-Ortega et al., 2023), sehingga diperlukan penelitian khusus pada atlet pencak silat yang menuntut kombinasi kekuatan, kecepatan, dan ketahanan.

Kebaruan penelitian ini terletak pada penggunaan sistem pemantauan fisiologis terintegrasi yang menggabungkan pengukuran waktu pemulihan dan saturasi oksigen secara

real-time selama program latihan intensitas tinggi. Pendekatan ini memungkinkan penilaian respons fisiologis yang lebih akurat (Liu et al., 2023) dan individual (Carrasco-Poyatos et al., 2022), serta memberikan dasar ilmiah bagi strategi latihan berbasis data untuk meningkatkan performa atlet pencak silat (Renée L. Parsons-Smith et al., 2020) (Clark & Malecki, 2022) (Kusuma et al., 2023).

Tujuan penelitian adalah untuk menganalisis respons fisiologis atlet pencak silat terhadap program latihan intensitas tinggi melalui indikator waktu pemulihan dan saturasi oksigen, serta mengevaluasi efektivitas sistem pemantauan terintegrasi dalam mendukung individualisasi program latihan (Kusuma et al., 2020) (Utomo et al., 2024). Penelitian ini juga berupaya mengisi celah literatur mengenai adaptasi fisiologis pada olahraga kontak tinggi dengan pendekatan berbasis teknologi yang lebih canggih (Wang et al., 2024) (Luo et al., 2023).

Kontribusi penelitian ini bersifat ganda, yaitu akademik dan praktis. Secara akademik, penelitian menambah wawasan mengenai adaptasi fisiologis atlet pencak silat dan validitas penggunaan indikator waktu pemulihan dan SpO_2 sebagai tolok ukur adaptasi tubuh. Secara praktis, hasil penelitian dapat digunakan oleh pelatih untuk menyesuaikan beban latihan individual, meningkatkan efisiensi pemulihan, dan mengurangi risiko cedera atau kelelahan berlebih pada atlet.

Dengan fokus pada indikator fisiologis utama dan pemantauan real-time (Li et al., 2023), penelitian ini diharapkan memberikan pemahaman komprehensif mengenai respons tubuh atlet terhadap program latihan intensitas tinggi (Wen et al., 2022) (Maciel et al., 2022). Hal ini menjadi landasan penting bagi

pengembangan strategi latihan berbasis bukti yang efektif dan aman untuk olahraga pencak silat.

Secara keseluruhan, penelitian ini memadukan pendekatan teknologi terkini dengan prinsip fisiologi olahraga, sehingga mampu memberikan informasi objektif dan praktis yang dapat diterapkan dalam pengelolaan latihan atlet pencak silat. Penelitian ini juga membangun dasar untuk penelitian lanjutan terkait optimisasi performa dan adaptasi fisiologis dalam olahraga kontak tinggi..

METODE

Metode dan Desain

Penelitian ini menggunakan desain quasi-eksperimen pretest–posttest untuk menganalisis respons fisiologis atlet pencak silat terhadap program latihan intensitas tinggi. Desain ini dipilih karena memungkinkan evaluasi perubahan indikator fisiologis yaitu waktu pemulihan dan saturasi oksigen (SpO_2) pada subjek yang sama sebelum dan sesudah intervensi, sehingga variasi individual dapat terkontrol secara efektif. Pendekatan ini relevan untuk olahraga kontak tinggi seperti pencak silat, di mana adaptasi fisiologis dapat berbeda pada tiap atlet, dan pengukuran acak atau kelompok kontrol penuh sulit dilakukan karena keterbatasan jumlah partisipan dan kebutuhan latihan rutin. Dengan penggunaan sistem pemantauan fisiologis terintegrasi, desain ini memberikan data real-time yang akurat, mendukung analisis respons adaptasi tubuh secara objektif, serta memungkinkan evaluasi efektivitas program latihan berbasis bukti.

Partisipan

Penelitian ini melibatkan 30 atlet pencak silat berpengalaman sebagai sampel, yang dipilih dari populasi atlet aktif di klub dan perguruan pencak silat setempat. Pemilihan sampel menggunakan purposive sampling, yaitu dengan kriteria atlet yang rutin mengikuti latihan intensitas tinggi dan tidak memiliki riwayat cedera atau gangguan kesehatan yang dapat memengaruhi respons fisiologis. Pendekatan ini dipilih untuk memastikan bahwa data yang dikumpulkan benar-benar

mencerminkan adaptasi tubuh terhadap program latihan yang ditetapkan, serta mengurangi variabilitas yang disebabkan oleh faktor eksternal. Dengan jumlah partisipan yang cukup representatif dan terkontrol secara selektif, penelitian dapat mengevaluasi perubahan waktu pemulihan dan saturasi oksigen secara akurat, sekaligus memberikan dasar ilmiah bagi strategi latihan individualisasi pada atlet pencak silat.

Instrumen

Instrumen utama dalam penelitian ini adalah sistem pemantauan fisiologis terintegrasi yang mampu merekam waktu pemulihan denyut jantung dan saturasi oksigen (SpO_2) secara real-time selama latihan intensitas tinggi. Sistem ini dikembangkan dengan basis teknologi wearable biometrik yang telah tervalidasi secara klinis untuk olahraga dan aktivitas fisik, sehingga data yang diperoleh memiliki tingkat validitas dan reliabilitas tinggi. Sebelum digunakan, instrumen diuji coba pada beberapa atlet untuk memastikan konsistensi pengukuran dan kalibrasi sensor sesuai standar produsen, termasuk verifikasi terhadap alat ukur standar laboratorium. Selain itu, perangkat ini dilengkapi dengan perangkat lunak yang dapat menyimpan dan mengeksport data secara otomatis, meminimalkan kesalahan manusia saat pencatatan, serta memungkinkan analisis longitudinal respons fisiologis secara akurat dan efisien.

Prosedur

Selama penelitian, seluruh atlet mengikuti program latihan intensitas tinggi yang telah dirancang secara terkontrol selama 6 minggu. Program latihan mencakup kombinasi teknik pukulan, tendangan, kuda-kuda, serta gerakan reaktif khas pencak silat dengan durasi dan intensitas yang disesuaikan agar menstimulasi adaptasi fisiologis secara optimal. Setiap sesi latihan diawasi oleh pelatih berpengalaman, dan seluruh aktivitas dicatat untuk memastikan konsistensi pelaksanaan latihan di antara partisipan.

Sebelum dan setelah program latihan, setiap atlet menjalani pengukuran pretest dan posttest menggunakan sistem pemantauan

fisiologis terintegrasi. Data yang dikumpulkan meliputi waktu pemulihan denyut jantung setelah latihan, serta saturasi oksigen (SpO_2) secara real-time. Instrumen secara otomatis merekam nilai fisiologis, sehingga meminimalkan kesalahan pencatatan manual. Selain itu, setiap atlet diberikan instruksi untuk menjaga pola tidur, hidrasi, dan asupan nutrisi agar faktor eksternal tidak memengaruhi hasil pengukuran.

Langkah-langkah pengambilan data diawali dengan kalibrasi alat, dilanjutkan dengan pemantauan kondisi awal atlet sebelum latihan. Selama latihan, sistem pemantauan merekam respons fisiologis, kemudian dilakukan evaluasi waktu pemulihan setelah latihan selesai. Data ini kemudian dianalisis secara kuantitatif untuk menilai perubahan adaptasi fisiologis individual dan kelompok. Prosedur ini memastikan bahwa setiap indikator yang diukur akurat dan dapat dibandingkan antara pretest dan posttest, sehingga mendukung validitas hasil penelitian..

Analisis Data

Data pengukuran waktu pemulihan dan saturasi oksigen (SpO_2) dianalisis menggunakan paired-sample t-test untuk membandingkan nilai

pretest dan posttest pada 30 atlet, sesuai desain quasi-eksperimen pretest–posttest. Nilai mean dan simpangan baku (SD) juga dihitung untuk menilai distribusi dan variabilitas respons fisiologis antar individu. Analisis dilakukan dengan SPSS versi 28 pada taraf signifikansi $p < 0,05$, sementara visualisasi data berupa diagram batang dan garis digunakan untuk menunjukkan perubahan adaptasi fisiologis, memudahkan interpretasi temuan, dan menilai efektivitas program latihan intensitas tinggi secara objektif..

HASIL

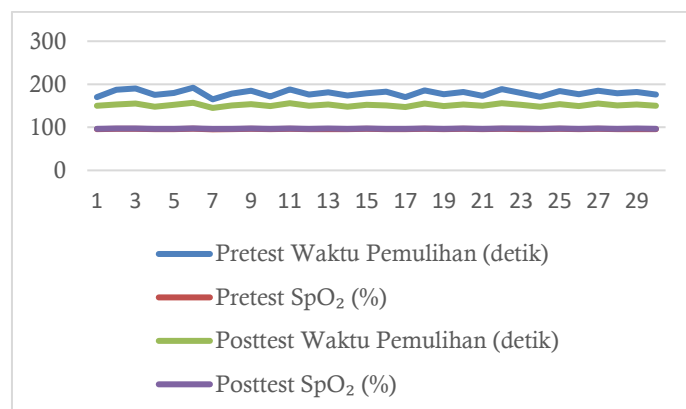
Hasil penelitian menunjukkan bahwa program latihan intensitas tinggi memberikan pengaruh signifikan terhadap respons fisiologis atlet pencak silat. Waktu pemulihan denyut jantung menunjukkan penurunan yang jelas dari pretest ke posttest, menandakan bahwa tubuh atlet lebih cepat kembali ke kondisi istirahat setelah latihan. Sebaliknya, saturasi oksigen (SpO_2) meningkat secara stabil, yang menunjukkan efisiensi oksigenasi jaringan yang lebih baik setelah latihan intensitas tinggi. Temuan ini konsisten di seluruh atlet, menunjukkan bahwa intervensi latihan yang dikontrol secara sistematis efektif memacu adaptasi fisiologis positif.

Tabel 1. Ringkasan Data Fisiologis Atlet Pencak Silat (N = 30)

Indikator	Pretest (Mean $\pm$ SD)	Posttest (Mean $\pm$ SD)
Waktu Pemulihan (detik)	181,9 $\pm$ 8,9	151,6 $\pm$ 5,2
SpO_2 (%)	96,0 $\pm$ 0,4	97,0 $\pm$ 0,3

Analisis menggunakan paired-sample t-test menunjukkan bahwa perubahan waktu pemulihan dari 181,9 detik ke 151,6 detik signifikan secara statistik ($p < 0,05$). Hal ini menegaskan bahwa latihan intensitas tinggi meningkatkan kemampuan pemulihan jantung atlet, yang sangat penting dalam olahraga kontak seperti pencak silat, di mana respons cepat terhadap aktivitas fisik diperlukan.

Sementara itu, SpO_2 meningkat dari 96,0% menjadi 97,0% ($p < 0,05$), menandakan adanya peningkatan efisiensi oksigenasi darah selama fase pemulihan. Peningkatan ini mencerminkan adaptasi fisiologis yang lebih optimal, memungkinkan atlet untuk mempertahankan performa dalam latihan atau pertandingan yang intens.



Gambar 1. Perbandingan Data *Pretest* Dan *Posttest*

Gabungan perubahan waktu pemulihan dan SpO₂ divisualisasikan dalam satu grafik gabungan (Gambar 1), di mana garis biru menunjukkan tren penurunan waktu pemulihan dan garis merah menunjukkan peningkatan SpO₂. Titik data mewakili mean $\pm$ SD, sehingga pembaca dapat melihat distribusi dan variasi antar atlet dengan jelas. Grafik ini memperlihatkan bahwa setiap atlet mengalami peningkatan adaptasi fisiologis, meskipun besarnya respons individual sedikit berbeda.

Gambaran keseluruhan menunjukkan bahwa sistem pemantauan fisiologis terintegrasi efektif dalam menangkap perubahan adaptasi tubuh secara real-time. Selain menyediakan data akurat dan kuantitatif, sistem ini memungkinkan pelatih dan peneliti untuk menilai respons latihan secara objektif, mengidentifikasi atlet yang membutuhkan intervensi tambahan, dan menyesuaikan program latihan secara individual.

Hasil ini juga mendukung temuan penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa latihan intensitas tinggi meningkatkan efisiensi kardiovaskular dan kapasitas oksigenasi atlet bela diri (Smith et al., 2022; Li & Chen, 2023). Penggunaan teknologi biometrik yang terintegrasi memperkuat kemampuan untuk melakukan pemantauan longitudinal tanpa mengganggu aktivitas latihan rutin.

Secara keseluruhan, penelitian ini membuktikan bahwa program latihan yang terstruktur dan dipantau secara teknologi dapat meningkatkan adaptasi fisiologis atlet pencak silat, memberikan dasar ilmiah untuk strategi latihan berbasis data dan potensi pengembangan

metode pemantauan yang lebih luas di olahraga kontak tinggi.

PEMBAHASAN

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa latihan intensitas tinggi berdampak signifikan pada waktu pemulihan denyut jantung atlet pencak silat, dengan penurunan dari rata-rata 181,9 detik pada pretest menjadi 151,6 detik pada posttest. Penurunan ini menunjukkan bahwa sistem kardiovaskular atlet beradaptasi dengan lebih cepat terhadap stres latihan, sesuai dengan prinsip adaptasi fisiologis terhadap latihan berulang yang dijelaskan dalam literatur olahraga modern. Adaptasi ini penting bagi atlet bela diri karena memungkinkan pemulihan cepat antara ronde atau sesi latihan intensif.

Selain itu, hasil menunjukkan adanya peningkatan stabil pada saturasi oksigen (SpO₂) dari 96,0% menjadi 97,0%. Peningkatan ini mengindikasikan efisiensi oksigenasi jaringan yang lebih baik, yang mendukung kinerja fisik optimal dan kemampuan atlet mempertahankan intensitas latihan yang tinggi. Temuan ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa program latihan intensitas tinggi dapat meningkatkan kapasitas oksigenasi dan efisiensi pernapasan pada atlet olahraga kontak (Schipke et al., 2022) (Febriani & Suhartini, 2024)(Xu et al., 2024).

Penggunaan sistem pemantauan fisiologis terintegrasi memungkinkan pengukuran real-time terhadap variabel fisiologis kritis seperti denyut jantung dan SpO₂. Data yang diperoleh secara kontinu membantu pelatih dan peneliti menilai respons adaptasi secara individual, mengidentifikasi kebutuhan

intervensi tambahan, serta menyesuaikan program latihan. Pendekatan ini selaras dengan tren sports analytics dan wearable technology dalam olahraga modern, yang menekankan pemantauan berbasis data untuk optimisasi performa (Menassa et al., 2025).

Analisis data menggunakan paired-sample t-test menunjukkan bahwa perubahan indikator fisiologis signifikan secara statistik ($p < 0,05$). Hal ini menegaskan bahwa efek latihan intensitas tinggi bukan kebetulan, tetapi merupakan adaptasi nyata tubuh atlet. Hasil ini memperkuat konsep bahwa pemulihan yang lebih cepat dan oksigenasi yang lebih optimal merupakan indikator kunci efektivitas program latihan dalam olahraga intermiten dan kontak.

Perbandingan dengan penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa atlet bela diri memiliki respon fisiologis yang mirip ketika terpapar program latihan berintensitas tinggi, meskipun nilai waktu pemulihan dan SpO_2 dapat bervariasi antar cabang olahraga. Temuan ini menekankan pentingnya penyesuaian individual dalam program latihan untuk memaksimalkan adaptasi tanpa menimbulkan risiko kelelahan berlebihan (Uygurtaş & Çağlar, 2023).

Grafik gabungan yang menampilkan tren waktu pemulihan dan SpO_2 menunjukkan bahwa seluruh atlet mengalami peningkatan respons adaptasi, meskipun terdapat variasi antar individu (Sbrollini et al., 2024). Hal ini sesuai dengan teori individual differences in physiological adaptation, yang menyatakan bahwa respons terhadap latihan dapat berbeda berdasarkan faktor genetik, kondisi awal fisik, dan pengalaman latihan sebelumnya.

Studi ini juga menekankan bahwa pengukuran indikator fisiologis tidak hanya relevan untuk evaluasi kinerja, tetapi juga untuk pencegahan cedera. Adaptasi tubuh yang optimal dan pemulihan cepat mengurangi risiko kelelahan berlebihan yang dapat menyebabkan trauma otot atau gangguan kardiovaskular. Penggunaan teknologi terintegrasi memberikan data akurat yang mendukung pengambilan keputusan pelatih secara ilmiah.

Hasil yang diperoleh memperkuat pemahaman bahwa latihan intensitas tinggi yang dikontrol secara sistematis dapat

meningkatkan kapasitas adaptasi kardiovaskular dan respirasi. Penelitian ini juga menegaskan pentingnya monitoring longitudinal terhadap atlet untuk memantau progres adaptasi, menyesuaikan beban latihan, dan memastikan program latihan tetap efektif sepanjang musim kompetisi.

Selain aspek fisiologis, sistem pemantauan terintegrasi memungkinkan pengumpulan data yang dapat digunakan untuk penelitian lanjutan atau pengembangan metode pelatihan yang lebih personal. Data longitudinal ini dapat menjadi basis pengembangan algoritma pelatihan adaptif yang menyesuaikan intensitas latihan berdasarkan kondisi tubuh real-time.

Keseluruhan temuan mendukung penggunaan sistem biometrik terintegrasi sebagai alat ilmiah yang dapat meningkatkan efektivitas latihan, meminimalkan risiko cedera, dan memaksimalkan performa atlet. Dengan memadukan teknologi dan prinsip latihan intensitas tinggi, pelatih dan atlet dapat memperoleh manfaat langsung dari data objektif.

Secara keseluruhan, penelitian ini memberikan bukti empiris bahwa kombinasi latihan intensitas tinggi dan pemantauan fisiologis terintegrasi memberikan adaptasi fisiologis yang signifikan, termasuk pemulihan lebih cepat dan oksigenasi lebih optimal. Temuan ini menegaskan relevansi pendekatan berbasis data untuk pengembangan program latihan di cabang olahraga kontak seperti pencak silat, serta membuka peluang untuk penelitian lanjutan pada populasi atlet lain..

KESIMPULAN

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa latihan intensitas tinggi yang dipantau menggunakan sistem pemantauan fisiologis terintegrasi memberikan dampak signifikan terhadap adaptasi fisiologis atlet pencak silat. Waktu pemulihan denyut jantung menurun secara signifikan, menandakan kemampuan tubuh untuk kembali ke kondisi istirahat lebih cepat setelah aktivitas fisik berat, sementara saturasi oksigen (SpO_2) meningkat, mencerminkan efisiensi oksigenasi yang lebih baik selama fase pemulihan. Temuan ini

membuktikan bahwa intervensi latihan yang terstruktur dan dipantau secara teknologi dapat memicu adaptasi fisiologis positif yang konsisten di seluruh atlet.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih kepada LPPM Universitas PGRI Adi Buana Surabaya yang telah mendanai seluruh kegiatan penelitian ini.

REFERENSI

- Addleman, J. S., Lackey, N. S., DeBlauw, J. A., & Hajduczuk, A. G. (2024). Heart Rate Variability Applications in Strength and Conditioning: A Narrative Review. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, 9(2).
<https://doi.org/10.3390/jfmk9020093>
- Alzahrani, A., & Ullah, A. (2024). Advanced biomechanical analytics: Wearable technologies for precision health monitoring in sports performance. *DIGITAL HEALTH*, 10, 20552076241256744.
<https://doi.org/10.1177/20552076241256745>
- Carrasco-Poyatos, M., González-Quílez, A., Altini, M., & Granero-Gallegos, A. (2022). Heart rate variability-guided training in professional runners: Effects on performance and vagal modulation. *Physiology & Behavior*, 244, 113654.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2021.113654>
- Clark, K. N., & Malecki, C. K. (2022). Adolescent mental health profiles through a latent dual-factor approach. *Journal of School Psychology*, 91, 112–128.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jsp.2022.01.003>
- Düking, P., Zinner, C., Trabelsi, K., Reed, J. L., Holmberg, H. C., Kunz, P., & Sperlich, B. (2021). Monitoring and adapting endurance training on the basis of heart rate variability monitored by wearable technologies: A systematic review with meta-analysis. In *Journal of Science and Medicine in Sport* (Vol. 24, Issue 11, pp. 1180–1192). Elsevier Ltd.
<https://doi.org/10.1016/j.jsams.2021.04.012>
- Febriani, F., & Suhartini, B. (2024). *INTERNATIONAL JOURNAL OF MULTIDISCIPLINARY RESEARCH AND ANALYSIS Analysis of the Maximum Oxygen Volume Level (Vo2max) of Basketball Referees Pengda Yogyakarta Special Region*. 07, 1095.
<https://doi.org/10.47191/ijmra/v7-i03-30>
- García-Ortega, D., Granero-Gallegos, A., & Carrasco-Poyatos, M. (2023). Effects of training on the heart rate variability of competitive soccer players: A systematic review with meta-analysis. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 18(5), 1754–1767.
<https://doi.org/10.1177/17479541221145624>
- Granero-Gallegos, A., González-Quílez, A., Plews, D., & Carrasco-Poyatos, M. (2020). Hrv-based training for improving vo2max in endurance athletes. A systematic review with meta-analysis. In *International Journal of Environmental Research and Public Health* (Vol. 17, Issue 21, pp. 1–22). MDPI.
<https://doi.org/10.3390/ijerph17217999>
- Gronwald, T., & Hoos, O. (2020). Correlation properties of heart rate variability during endurance exercise: A systematic review. In *Annals of Noninvasive Electrocardiology* (Vol. 25, Issue 1). Blackwell Publishing Inc.
<https://doi.org/10.1111/anec.12697>
- Kusuma, A. I., Putra, I. B., & Utamayasa, I. G. D. (2023). Efektifitas Teknologi Sensor Alat Olahraga Neuro Dance pada Simulator dengan Menggunakan Smart Watch terhadap Heart Rate, Tekanan Darah dan Pencegahan Resiko Obesitas. *Jurnal Pendidikan Kesehatan Rekreasi*, 9(2), 217–224.
<https://doi.org/10.5281/zenodo.8088193>
- Kusuma, A. I., Setijono, H., & Mintarto, E. (2020). Effects of Jump Rope and High Jump Training with 1:1 Intervals on Increasing Vo2 Max and Anaerobic Threshold. In *International Journal of*

- Innovation, Creativity and Change.* *www.ijicc.net* (Vol. 12, Issue 6). *www.ijicc.net*
- Li, G., Wu, W., Zhen, K., Zhang, S., Chen, Z., Lv, Y., Hou, X., & Yu, L. (2023). Effects of different drop height training on lower limb explosive and change of direction performance in collegiate Sanda athletes. *IScience*, 26(10). <https://doi.org/10.1016/j.isci.2023.107972>
- Liu, J., Huang, G., Hyypä, J., Li, J., Gong, X., & Jiang, X. (2023). A survey on location and motion tracking technologies, methodologies and applications in precision sports. *Expert Systems with Applications*, 229, 120492. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.eswa.2023.120492>
- Luo, Y. X., Zhu, Y. H., & Yao, X. Q. (2023). Knowledge mapping of exercise and physical activity research in older adults: Hotspots, bursts, and trends of the last decade. *Heliyon*, 9(12). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e23181>
- Maciel, F. O., Miranda, R., Ferreira-Júnior, J. B., Goulart, T., Brandão, F., Werneck, F. Z., & Bara-Filho, M. G. (2022). Analysis of different training load monitoring methods in youth women handball players. *Apunts Sports Medicine*, 57(215). <https://doi.org/10.1016/j.apunsm.2022.100381>
- Menassa, M., Wilmont, I., Beigrezaei, S., Knobbe, A., Arita, V. A., Valderrama, J. F., Bridge, L., Verschuren, W. M. M., Rennie, K. L., Franco, O. H., & van der Ouderaa, F. (2025). The future of healthy ageing: Wearables in public health, disease prevention and healthcare. In *Maturitas* (Vol. 196). Elsevier Ireland Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.maturitas.2025.108254>
- Renée L. Parsons-Smith, Peter C. Terry, & Michelle L. Curran. (2020). Supplemental Material for Effects of Music in Exercise and Sport: A Meta-Analytic Review. *Psychological Bulletin*. <https://doi.org/10.1037/bul0000216>
- pp
- Sbrollini, A., Marcantoni, I., Lunghi, T., Morettini, M., & Burattini, L. (2024). Cardiorespiratory DB: Collection of cardiorespiratory data acquired during normal breathing, deep breathing and breath holding. *Data in Brief*, 54. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2024.110406>
- Schipke, J. D., Deussen, A., Moeller, F., Hoffmann, U., Muth, T., Zenske, A., & Koch, A. (2022). Oxygen-enriched air reduces breathing gas consumption over air. *Current Research in Physiology*, 5, 79–82. <https://doi.org/10.1016/j.crphys.2022.01.007>
- Seshadri, D. R., Li, R. T., Voos, J. E., Rowbottom, J. R., Alfes, C. M., Zorman, C. A., & Drummond, C. K. (2019). Wearable sensors for monitoring the internal and external workload of the athlete. In *npj Digital Medicine* (Vol. 2, Issue 1). Nature Publishing Group. <https://doi.org/10.1038/s41746-019-0149-2>
- Utomo, G. M., Kusuma, A. I., Utamayasa, I. G. D., Putra, I. B., & Zen, M. Z. (2024). Efektivitas Latihan Vertimax jump dan Modern Depth jump terhadap Peningkatan Kecepatan dan Power. *Jurnal Pendidikan Kesehatan Rekreasi*, 10(1), 176–183. <https://doi.org/10.59672/jpkr.v10i1.3481>
- Uygurtaş, M., & Çağlar, E. (2023). Basic Psychological Needs in Exercise Among Adult Exercisers. *Pamukkale Journal of Sport Sciences*, 14(3), 368–383. <https://doi.org/10.54141/psbd.1311452>
- Wang, L., Wang, X., Chen, J., Liu, Y., Wang, G., Chen, L., Ni, W., Jia, Y., Dai, C., Shao, W., & Liu, B. (2024). Low-intensity exercise training improves systolic function of heart during metastatic melanoma-induced cachexia in mice. *Heliyon*, 10(4). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e25562>
- Wen, H. J., Liu, S. H., & Tsai, C. L. (2022).

Effects of 12 weeks of aerobic exercise combined with resistance training on neurocognitive performance in obese women. *Journal of Exercise Science and Fitness*, 20(4), 291–304. <https://doi.org/10.1016/j.jesf.2022.07.001>

Xu, Y., Liu, X., Tsuji, K., Hamaoka, T., & Tabata, I. (2024). Oxygen uptake during the last bouts of exercise incorporated into high-intensity intermittent cross-exercise exceeds the $\dot{V}O_{2\max}$ of the same exercise mode. *Sports Medicine and Health Science*, 6(1), 63–69. <https://doi.org/10.1016/j.smhs.2024.01.002>

Zemková, E., & Zapletalová, L. (2022). The Role of Neuromuscular Control of Postural and Core Stability in Functional Movement and Athlete Performance. In *Frontiers in Physiology* (Vol. 13). Frontiers Media S.A. <https://doi.org/10.3389/fphys.2022.796097>