

High Intensity Interval Training (HIIT) dalam Meningkatkan Daya Tahan dan Mencegah Cedera pada Pemain Bulu Tangkis

High-Intensity Interval Training (HIIT) in Improving Endurance and Preventing Injury among Badminton Players

Cahyo Setiawan¹ ✉, Suci Muqodimatul Jannah^{2,4}, Muhammad Dwi Kurniawan^{3,5},
Shahad Erma Nurhayati¹

¹ Program Studi Fisioterapi, Fakultas Ilmu Kesehatan, Universitas 'Aisyiyah Surakarta, Indonesia

²Physical Therapy Department, National Cheng Kung University, University Road, Taiwan

³Magister Ilmu Biomedik, Universitas Gadjah Mada, Indonesia

⁴Program Studi Fisioterapi, Fakultas Ilmu Kesehatan, Universitas 'Aisyiyah Yogyakarta, Indonesia

⁵Program Studi Fisioterapi, Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Telogorejo, Indonesia

ABSTRAK

Latar Belakang: *High-Intensity Interval Training (HIIT)* merupakan latihan terbaik untuk meningkatkan daya tahan tubuh dan mencegah cedera. Latihan tersebut adalah latihan kardiovaskular yang menggabungkan latihan intensitas tinggi dalam dosis tertentu. Selain melakukan gerakan raket yang kompleks, pemain bulutangkis membutuhkan koordinasi motorik yang tinggi, stamina kardiovaskular, kelincahan, kekuatan, kecepatan dan ketepatan. Pemain bulutangkis juga rentan mengalami cedera.

Tujuan: Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektifitas pemberian *High-Intensity Interval Training* untuk meningkatkan daya tahan dan mencegah cedera pada pemain bulutangkis.

Metode: Penelitian ini merupakan penelitian kuasi eksperimen dengan desain *one group study*. Terdapat 15 pemain bulutangkis berusia antara 18 hingga 25 tahun yang berpartisipasi dalam penelitian ini. *Paired t-test* dilakukan untuk mengevaluasi efek pelatihan dan dianalisis menggunakan SPSS.

Hasil: Hasil penelitian ini menunjukkan adanya peningkatan yang signifikan ($p < 0,05$) dalam daya tahan atletik setelah HIIT dengan peningkatan 2,8% dalam kinerja ketahanan mereka. Ada juga efek yang signifikan ($p < 0,005$) dalam pencegahan risiko cedera dengan rata-rata sebesar 1,1%.

Kesimpulan: Program Latihan HIIT dapat memberikan efek yang signifikan dalam meningkatkan komponen fisik, terutama daya tahan, dan mencegah cedera.

Kata Kunci: HIIT (*High-Intensity Interval Training*); Bulutangkis; Daya Tahan; Mencegah Cedera

ABSTRACT

Background: *High-Intensity Interval Training (HIIT)* is the best exercise to increase endurance and prevent injury. The exercise is a cardiovascular exercise that combines high-intensity exercise in certain doses. In addition to performing complex racket movements, badminton players require high motor coordination, cardiovascular stamina, agility, strength, speed and accuracy. Badminton players are also prone to injury.

Objective: This study aimed to investigate the effect of high-intensity interval training in improving endurance and preventing injury among badminton players in Kebumen.

Methods: This is a quasi-experimental study with one group study design. There were 15 badminton players aged between 18 to 25 years old participated in this study. *Paired t-test* was performed to evaluate the effect of training and it was analyzed using SPSS.

Results: The results revealed a significant increase ($p < 0.05$) in athletic endurance after HIIT with a 2.8% increase in their endurance performance. There was also a significant ($p < 0.005$) effect in injury risk prevention with an average of increased inclination 1.1%.

Conclusion: The HIIT Exercise program can have a significant effect on increasing physical components, especially endurance, and preventing injury.

Keywords: HIIT (*High-Intensity Interval Training*); Badminton; Endurance; Preventing Injury

✉ Corresponding author: cahyos@aiska-university.ac.id

Diajukan 26 Agustus 2023 **Diperbaiki** 12 Oktober 2023 **Diterima** 05 Januari 2024

PENDAHULUAN

High Intensity Interval Training (HIIT) dengan artian Latihan Interval Intensitas Tinggi saat ini merupakan latihan terbaik untuk meningkatkan daya tahan tubuh dan mencegah cedera. Latihan ini tidak hanya di kalangan atlet (Stöggel *et al.*, 2018), tetapi juga di antara individu yang aktif, orang dewasa yang tidak banyak bergerak (Follador *et al.*, 2018), dan untuk orang-orang yang memiliki kemungkinan penyakit (Ellingsen *et al.*, 2017). HIIT adalah latihan kardiovaskular yang menggabungkan latihan intensitas tinggi dengan dosis tertentu yang meningkatkan pertumbuhan serat otot berkedut cepat.

Atlet non-hari kerja seperti *bowling*, *golf*, dan karate biasanya melakukan latihan HIIT untuk meningkatkan memori otot, karena mereka harus tampil lebih cepat dan lincah. Secara fisiologis, latihan intensitas tinggi mendorong jantung untuk bekerja lebih keras, yang meningkatkan pengeluaran oksigen. Akibatnya, proses metabolisme menjadi lebih cepat. Peningkatan proses metabolisme ini tidak hanya terjadi saat berolahraga, tetapi juga terjadi saat tubuh berada pada fase interval (Susila *et al.*, 2021).

Beberapa penelitian telah menunjukkan keefektifan HIIT. *Plyometrics* sebagai latihan tambahan dalam HIIT dapat menurunkan berat badan remaja yang mengalami kelebihan berat badan (Racil *et al.*, 2016). Selain itu, setelah HIIT, kebugaran jantung paru (VO₂max) pada pemain sepak bola meningkat secara signifikan sehingga performa mereka meningkat. Pengaruh HIIT terhadap kekuatan pemain bola basket menunjukkan bahwa kekuatan pemain meningkat secara signifikan dibandingkan dengan pemain yang tidak melakukan latihan HIIT (Widiasmara, 2018).

Functional Movement Screening (FMS) adalah serangkaian gerakan fungsional yang digunakan untuk menilai risiko kesalahan gerak yang dapat menyebabkan

cedera pada orang yang berolahraga atau berpartisipasi dalam kegiatan olahraga. Tes FMS meliputi tujuh gerakan yaitu *inline lunge*, *hurdle step*, *deep squat*, *shoulder mobility*, *active straight leg raise*, *trunk stability push up* dan *rotary stability*. Tes FMS berbeda dengan tes fisik lainnya karena FMS menghitung jumlah pengulangan yang dilakukan dalam waktu atau periode waktu tertentu hingga atlet berhenti. Pengukuran yang dilakukan dalam FMS ini menggunakan pendekatan fungsional berdasarkan prinsip-prinsip *Proprioceptive Neuromuscular Facilitation* (PNF), sinergi kinerja otot, dan pembelajaran motorik (Oktarisa, 2023).

Sistem metabolisme aerobik dan anaerobik digunakan oleh pemain bulutangkis dalam penampilan mereka di mana fase anaerobik membutuhkan waktu yang lebih singkat daripada fase aerobik (Zailani *et al.*, 2012). Dengan demikian, 60-70% dari metabolisme mereka adalah aerobik (Phomsoupha & Laffaye, 2015). Pemain bulutangkis membutuhkan koordinasi motorik yang tinggi, stamina kardiovaskular, kelincahan, kekuatan, kecepatan, dan ketepatan selain melakukan gerakan raket yang kompleks (Pardiwala *et al.*, 2020). Oleh karena itu, latihan aerobik yang melibatkan HIIT dapat diberikan selama latihan fisik mereka (Plowman & Smith, 2013).

Beberapa penelitian sebelumnya menemukan bahwa di antara pemain bulutangkis muda, latihan interval fungsional intensitas tinggi meningkatkan kelincahan (Suppiah *et al.*, 2019) dan VO₂max pada pemain sepak bola muda (Sperlich *et al.*, 2011). Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh latihan interval intensitas tinggi dalam meningkatkan daya tahan dan mencegah cedera pada pemain bulutangkis di Kebumen.

Program pencegahan cedera yang menggabungkan latihan HIIT secara substansial mengurangi risiko cedera lebih

banyak daripada program pemanasan yang tidak termasuk latihan HIIT. Program latihan neuromuskuler termasuk latihan HIIT yang paling efektif untuk pencegahan cedera *Anterior Cruciate Ligament (ACL)*; studi non-acak dimasukkan dalam tinjauan tersebut sehingga kesimpulannya mungkin terbuka untuk beberapa bias (Philp *et al.*, 2018). Sehingga dengan penelitian ini akan meningkatkan daya tahan dan dapat mencegah cedera pada pemain bulu tangkis di Kebumen dengan metode HIIT.

METODE

A. Desain Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian kuasi eksperimen dengan desain penelitian satu kelompok. Penelitian ini dilakukan pada atlet bulutangkis di Kebumen. Penelitian ini dilakukan pada bulan Agustus hingga September 2022.

B. Populasi dan Sampel

Sampel penelitian sebanyak 15 pemain bulutangkis yang berusia dari 18 hingga 25 tahun. Kelima belas pemain bulutangkis tersebut rutin melakukan latihan setiap hari Senin, Rabu, dan Jumat di setiap minggu dalam satu bulan, yang selanjutnya akan melalui kriteria pemilihan inklusi.

C. Teknik Pengambilan Data

Pengambilan sampel menggunakan teknik *random sampling*. Kriteria inklusi adalah atlet dengan detak jantung maksimal 90-95%, atlet bulutangkis di Kebumen, dan atlet yang tidak memiliki indikasi cedera berulang. Mereka dieksklusi jika memiliki obesitas, diabetes melitus, atau asma. Setiap subjek berpartisipasi dalam 6 minggu pelatihan di mana setiap minggu mereka memiliki 3 sesi dan dalam 1 sesi dilakukan 3 sampai 4 kali pengulangan..

D. Instrumen dan Teknik Analisis

Latihan HIIT terdiri dari *squat jump*, *lateral jump* melewati penghalang, *crossover shuffle*, *icky shuffle*, *z-pattern run*, dan *z-*

pattern cut (Fajrin & Kusnanik, 2018). Daya tahan dalam penelitian ini diukur menggunakan *Harvard Step Test*, sedangkan pencegahan cedera dapat menggunakan *assessment Functional Movement Screening (FMS)*. Subjek diukur sebelum dan sesudah latihan untuk mengetahui tingkat daya tahan mereka dan risiko cedera, FMS digunakan untuk melakukan tes gerakan fungsional dan dinilai menggunakan tabel penilaian, sedangkan latihan gerakan fungsional digunakan untuk mengetahui status risiko cedera.

Paired t-test dilakukan untuk mengevaluasi efek pelatihan dan dianalisis menggunakan SPSS versi 20.0.



Gambar 1. Item Penilaian Functional Movement Screening

Tabel 1. Penilaian Functional Movement Screening (An *et al.*, 2012)

Nilai	Kriteria Penilaian
0	Nyeri saat bergerak
1	Tidak bisa menyelesaikan Gerakan
2	Menyelesaikan Gerakan dengan kompensasi
3	Menyelesaikan Gerakan dengan baik

E. Etika Penelitian

Penelitian ini telah mendapatkan persetujuan dan dinyatakan layak etik dari Komisi Etik Penelitian Universitas 'Aisyiyah Surakarta dengan Nomor Sertifikat 103/XI/AUEC/2022.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Peningkatan yang signifikan ($p < 0,05$) ditemukan dalam daya tahan atletik setelah HIIT dengan kecenderungan 2,8%

peningkatan dalam kinerja daya tahan mereka. Selain itu, efek yang signifikan ($p < 0,005$) setelah HIIT dalam pencegahan risiko cedera dengan rata-rata kecenderungan 1,1% juga ditemukan dalam penelitian ini. Tabel 2 menunjukkan hasil uji-t berpasangan.

Tabel 2. Perbandingan sebelum dan sesudah Perlakuan High Intensity Interval Training (HIIT) terhadap Risiko Cedera dan Daya Tahan

No	Variable	Experiment		Time x Group P-Value
		Pre	Post	
1	Cedera	13,1 ± 1,557	15,8 ± 2,437	0,001
2	Daya Tahan	39,5 ± 1,897	43,25 ± 2,337	0,001

Variabel peningkatan yang memiliki jumlah sampel sebanyak 15 sampel, memiliki nilai minimum = 8, nilai maksimum = 20, mean dari kelompok FMS adalah *pre-test* = 13,1 dan *post-test* = 15,8. Kemudian standar deviasi kelompok daya tahan adalah *pre-test* = 39,5 dan *post-test* = 43,25. Standar deviasi dari kelompok FMS adalah *pre-test* = 8 dan *post-test* = 15.

Peningkatan prestasi seorang atlet didorong oleh faktor internal dan eksternal, dengan berbagai aspek internal termasuk faktor fisik, teknik, taktik, dan mental. Sementara itu, lingkungan, keluarga, teman, fasilitas, infrastruktur, dan organisasi dapat memberikan dampak pada elemen eksternal (Sedanur et al., 2022). Selain itu, efek fisiologis dari latihan dan biomekanika gerakan olahraga merupakan dua elemen yang dapat

mendukung atau menghambat performa atlet (Bulat et al., 2019).

Tabel 3. Pre-test dan Post-test Kelompok Eksperimen

No	Subjects	FMS		VO2Max (mL/kg/min)	
		Pre-test	Post-test	Pre-test	Post-test
1	AA	15	17	42,40	45,30
2	HA	17	18	40,10	41,10
3	F	12	18	37,05	39,00
4	JY	8	11	36,00	40,70
5	TFA	11	13	38,50	43,10
6	ENB	9	13	37,00	38,20
7	GP	10	11	43,20	49,40
8	SZM	14	16	44,40	48,30
9	HAA	14	14	32,00	38,70
10	ASM	13	17	39,90	40,05
11	HS	19	20	45,90	51,50
12	NRP	16	18	38,40	42,90
13	HMF	12	19	39,60	45,80
14	BS	11	15	34,70	39,05
15	FR	16	18	43,30	45,60
% Mean Enhancement		1,1%		2,8%	

Pengeluaran energi dalam bulutangkis melibatkan metabolisme aerobik dan anaerobik yang terputus-putus. Gerakan yang berlebihan pada punggung dan ekstremitas bawah merupakan salah satu risiko cedera yang dialami oleh pemain bulutangkis. HIIT berdampak pada peningkatan daya tahan tubuh dan mencegah cedera jika diterapkan dalam latihan harian, sehingga meningkatkan kualitas atlet. HIIT meningkatkan kekuatan, daya tahan, kecepatan, dan kelincahan atlet (Fajrin & Kusnanik, 2018).

Tabel 4. Perbedaan Rata-Rata Pengaruh High Intensity Interval Training (HIIT) pada Dua Sampel yang Saling Berpasangan

Pair	Pretest	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
1	Posttest	-3,7500	2,06657	0,53359	-4,89443	-2,60557

Terkait pencegahan cedera, komponen kelincahan dalam bulutangkis berperan dalam adaptasi metabolik yang meningkatkan koordinasi antara sistem saraf perifer dan proprioseptif atlet (Cui *et al.*, 2023). *Aerobic Exercise* meningkatkan kekuatan, kecepatan, dan kelincahan (Lin *et al.*, 2021). HIIT sering dikaitkan dengan peningkatan performa lari bolak-balik, lari cepat, dan lompatan serta puncak VO₂max pada atlet remaja (Engel *et al.*, 2018). Namun, efek fisiologis dari variabel-variabel pada parameter aerobik dan anaerobik masih belum jelas (Rahman *et al.*, 2023).

Berlari, bersepeda, dan mendayung, sebagai olahraga yang umum dilakukan. Hal tersebut telah dinyatakan dapat meningkatkan performa olahraga tertentu. Sementara itu, olahraga-olahraga tersebut cenderung kurang dinikmati sehingga dapat menjadi penghalang bagi kepatuhan latihan (Menz *et al.*, 2019). Melakukan latihan fungsional dengan intensitas tinggi dapat memberikan manfaat lebih dibandingkan dengan olahraga biasa dalam meningkatkan performa otot (Buckley *et al.*, 2015).

Sebuah penelitian sebelumnya menemukan bahwa melakukan latihan gaya *Tabata*, seperti *burpe*, *jumping jack*, dan mendaki gunung, yang melibatkan latihan seluruh tubuh dapat meningkatkan VO₂max seperti halnya ketika melakukan *treadmill* selama 30 menit (Menz *et al.*, 2019).

High Intensity Interval Training (HIIT) merupakan konsep latihan yang menggunakan kombinasi latihan intensitas tinggi yang diselingi dengan latihan intensitas sedang atau rendah (Bulat *et al.*, 2019). Latihan ini dilakukan dengan interval tertentu yang dapat merangsang jantung untuk bekerja lebih keras sehingga dapat meningkatkan konsumsi oksigen dan meningkatkan metabolisme tubuh.

Berdasarkan hal tersebut, dapat disimpulkan bahwa HIIT dapat meningkatkan kadar VO₂max jika porsi

latihan dapat diatur secara bertahap. Peningkatan kemampuan daya tahan kardiorespirasi dipengaruhi oleh pemberian kedua jenis latihan tersebut namun belum ada perbandingan pengaruh yang signifikan antara keduanya, begitu juga dengan metode latihan HIIT (Ashadi *et al.*, 2020).

Proses analisis latihan, pengolahan data, dan rumusan masalah yang telah dikemukakan sebelumnya, penggunaan metode latihan HIIT menunjukkan hasil yang signifikan dengan metode latihan *circuit training*, karena memberikan efektifitas yang signifikan terhadap peningkatan VO₂max. Latihan HIIT memberikan pengaruh terhadap tubuh terutama tekanan darah, hormon, glukosa darah, kadar laktat, dan sistem saraf otonom (Lin *et al.*, 2021).

Pada sistem kardiovaskuler, HIIT menghasilkan mekanisme fisiologis penebalan miokardium ventrikel kiri jantung sehingga kekuatan dan kemampuan jantung memompa darah per kontraksi meningkat, karena kontraksi meningkat maka jumlah denyut nadi per menit menurun. Sejalan dengan penelitian Nugraha & Berawi (2017) salah satu jenis latihan fisik yang dapat meningkatkan kebugaran kardiorespirasi sehingga kerja jantung menjadi lebih optimal adalah HIIT.

Pada penggunaan HIIT, interval kerja-ke-pemulihan yang tepat dapat membiasakan tubuh untuk lebih efisien dalam memproduksi dan menggunakan energi dari sistem energi anaerobik. Manfaat HIIT sendiri bagi seorang atlet dapat menstimulasi jantung untuk bekerja lebih keras sehingga dapat meningkatkan konsumsi oksigen dan meningkatkan metabolisme tubuh (Lu *et al.*, 2022).

Dibandingkan dengan latihan intensitas sedang, HIIT meningkatkan kebugaran jantung paru (VO₂max) lebih baik. Latihan interval intensitas tinggi memiliki efek psikologis yang lebih baik, seperti rasa senang yang lebih besar

daripada latihan intensitas sedang. Hal ini disebabkan karena HIIT yang dilakukan dalam jangka lama membantu keberhasilan dalam pencapaian target latihan, sehingga memberi kepuasan bagi seseorang.

Selain itu, HIIT berbeda dengan latihan intensitas sedang yang biasanya membutuhkan waktu yang lama dan dilakukan dengan interval. Intensitas latihan yang tepat bukan interval latihannya menentukan manfaat HIIT terhadap kardiometabolik (Lin *et al.*, 2021).

Latihan HIIT intensif dapat menghasilkan kinerja kardiovaskular yang lebih baik karena HIIT secara efektif mengontrol gagal jantung lebih baik (Kulothungan *et al.*, 2022). Pada induksi adaptasi pusat (kardiovaskular) dan perifer (otot rangka) yang terkait dengan peningkatan kesehatan, HIIT adalah metode pelatihan yang efektif dan hemat waktu. HIIT dapat meningkatkan kebugaran aerobik dan anaerobik, tekanan darah, kesehatan jantung, sensitivitas insulin (membantu otot-otot yang berolahraga menggunakan glukosa sebagai energi), dan profil kolesterol, serta mengurangi lemak perut dan berat badan, dan mempertahankan massa otot (Wijaya *et al.*, 2022).

Metode latihan ini telah mendapatkan popularitas karena efektivitasnya dalam meningkatkan kebugaran kardiovaskular, membakar lemak, dan meningkatkan kekuatan otot dalam waktu yang relatif singkat. HIIT melibatkan latihan intensitas tinggi yang dapat meningkatkan kebugaran umum, termasuk kekuatan, daya tahan, dan fleksibilitas. Atlet yang memiliki kebugaran yang baik cenderung memiliki postur tubuh yang lebih baik dan lebih tahan terhadap cedera. Atlet dapat mengurangi risiko cedera karena tubuh mereka lebih stabil dan lebih mampu mengatasi ketidakseimbangan karena latihan HIIT melibatkan gerakan

fungsi yang melibatkan banyak otot dan keseimbangan tubuh (Lu *et al.*, 2022).

Latihan dinamis dalam HIIT dapat meningkatkan fleksibilitas dan rentang gerak. Jika sendi dan otot lebih fleksibel, mereka lebih mampu menahan tekanan dan gerakan yang tidak terduga, yang mengurangi risiko cedera. HIIT melatih berbagai otot tubuh dalam berbagai gerakan. Ini mengurangi risiko cedera karena ketidakseimbangan otot. Meskipun HIIT memiliki banyak manfaat, atlet harus menggunakan teknik yang tepat dan memperhatikan tubuh mereka (Ashadi *et al.*, 2020).

Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengevaluasi efek dari program pencegahan cedera yang mencakup latihan HIIT terhadap risiko cedera. Selain itu perlu menyelidiki parameter latihan terbaik dari latihan berbasis HIIT, dan mengevaluasi efektivitasnya dalam mengurangi cedera di antara populasi olahraga tertentu.

PENUTUP

Penelitian ini membuktikan bahwa penggunaan program Latihan HIIT dapat memberikan pengaruh yang signifikan dalam meningkatkan komponen fisik, terutama daya tahan, dan mencegah terjadinya cedera. Oleh karena itu, HIIT sebagai program latihan bagi para atlet bulutangkis untuk meningkatkan daya tahan tubuh dan terutama mencegah para atlet dari cedera. HIIT termasuk dalam kategori *High Impact Exercise*, sehingga atlet dapat menggunakan Latihan tersebut selain untuk meningkatkan kapasitas fisik, juga dapat memberikan dampak pada peningkatan daya tahan dan pencegahan terhadap cedera. Selain program latihan yang diberikan, atlet harus selalu menjaga pola makan dan gaya hidup untuk meningkatkan performa dan kualitas olahraga.

DAFTAR PUSTAKA

- Alkathami, K., Alshehre, Y., Wang-Price, S., & Brizzolara, K. (2021). Reliability and validity of the functional movement screen™ with a modified scoring system for young adults with low back pain. *International Journal of Sports Physical Therapy*. 16(3): 620–627. Available at: <https://doi.org/10.26603/001c.23427>.
- An, H. M. O., Miller, C., & Mcelveen, M. (2012). The Effect of Kinesio Tape® on Lower Extremity Functional Movement Screen™ Scores. *International Journal of Exercise Science*. 1(1): 196-204. <https://digitalcommons.wku.edu/ijes/vol5/iss3/2>.
- Ashadi, K., Andriana, L. M., & Pramono, B. A. (2020). Pola aktivitas olahraga sebelum dan selama masa pandemi covid-19 pada mahasiswa fakultas olahraga dan fakultas non-olahraga. *Jurnal SPORTIF: Jurnal Penelitian Pembelajaran*. 6(3): 713–728. https://doi.org/10.29407/js_unpgri.v6i3.14937.
- Bahri, S., Adnyana, I. K., Hasan, M. F., Apriantono, T., & Juniarsyah, A. D. (2022). The Effect of Cinnamon Extract on Recovery and Performance of Weightlifting Athletes. *Sport Mont*. 20(2): 57–61. DOI: [10.26773/smj.220609](https://doi.org/10.26773/smj.220609).
- BAŞ, S., GÜLER, T., & AKTÜRK, S. (2022). Use of marble dust containing filler mixture in composite slab production: Relationship between roasting conditions and physical properties of the slab. *Bilimsel Madencilik Dergisi*. 61(3): 135–141. <https://doi.org/10.30797/madencilik.1016702>.
- Buckley, S., Knapp, K., Lackie, A., Lewry, C., Horvey, K., Benko, C., Trinh, J., & Butcher, S. (2015). Multimodal high-intensity interval training increases muscle function and metabolic performance in females. *Applied physiology, nutrition, and metabolism = Physiologie appliquee, nutrition et metabolisme*. 40(11): 1157–1162. <https://doi.org/10.1139/apnm-2015-0238>.
- Bulat, M., Korkmaz Can, N., Arslan, Y. Z., & Herzog, W. (2019). Musculoskeletal Simulation Tools for Understanding Mechanisms of Lower-Limb Sports Injuries. *Current sports medicine reports*. 18(6): 210–216. <https://doi.org/10.1249/JSR.00000000000000601>.
- Cui, J., Du, H., & Wu, X. (2023). Data analysis of physical recovery and injury prevention in sports teaching based on wearable devices. *Preventive Medicine*: 17(2023): 107589. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.yjmed.2023.107589>.
- Ellingsen, Ø., Halle, M., Conrads, V., Støylen, A., Dalen, H., Delagardelle, C., Larsen, A. I., Hole, T., Mezzani, A., Van Craenenbroeck, E. M., Videm, V., Beckers, P., Christle, J. W., Winzer, E., Mangner, N., Woitek, F., Höllriegel, R., Pressler, A., Monk-Hansen, T., Snoer, M., ... SMARTEX Heart Failure Study (Study of Myocardial Recovery After Exercise Training in Heart Failure) Group. (2017). High-Intensity Interval Training in Patients with Heart Failure With Reduced Ejection Fraction. *Circulation*. 135(9): 839–849. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.116.022924>.
- Engel, F. A., Ackermann, A., Chtourou, H., & Sperlich, B. (2018). High-Intensity Interval Training Performed by Young Athletes: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Frontiers in physiology*. 9: 1012. <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.01012>.
- Fajrin, F., & Kusnanik, N. W. (2018). Effects of high intensity interval training on increasing explosive power, speed, and agility. *Journal of Physics:*

- Conference Series. 947(1): 12045. doi:10.1088/1742-6596/947/1/012045.
- Follador, L., Alves, R. C., Ferreira, S. D. S., Buzzachera, C. F., Andrade, V. F. D. S., Garcia, E. D. S. A., Osiecki, R., Barbosa, S. C., de Oliveira, L. M., & da Silva, S. G. (2018). Physiological, Perceptual, and Affective Responses to Six High-Intensity Interval Training Protocols. *Perceptual and motor skills*. 125(2): 329–350. <https://doi.org/10.1177/0031512518754584>.
- Kulothungan, P., Moorthy, B. S., & Ambiger, B. (2022). Study on recovery heart rate response to aerobic exercise of football players.
- Lin, K.-C., Wei, C.-W., Lai, C.-L., Cheng, I.-L., & Chen, N.-S. (2021). Development of a badminton teaching system with wearable technology for improving students' badminton doubles skills. *Educational Technology Research and Development*. 69(2): 945–969. <https://doi.org/10.1007/s11423-020-09935-6>.
- Lu, M., Li, M., Yi, L., Li, F., Feng, L., Ji, T., Zang, Y., & Qiu, J. (2022). Effects of 8-week High-Intensity Interval Training and Moderate-Intensity Continuous Training on Bone Metabolism in Sedentary Young Females. *Journal of exercise science and fitness*. 20(2): 77–83. <https://doi.org/10.1016/j.jesf.2022.01.01>.
- Menz, V., Marterer, N., Amin, S. B., Faulhaber, M., Hansen, A. B., & Lawley, J. S. (2019). Functional Vs. Running Low-Volume High-Intensity Interval Training: Effects on VO₂max and Muscular Endurance. *Journal of sports science & medicine*. 18(3): 497–504. <https://www.jssm.org/jssm-18-497.xml%3EFulltext#>.
- Nugraha, A. R., & Berawi, K. N. (2017). Pengaruh high intensity interval training (HIIT) terhadap kebugaran kardiorespirasi. *Jurnal Majority*, 6(1), 1–5. <http://joke.kedokteran.unila.ac.id/index.php/majority/article/view/1521>.
- Oktarisa, A. (2023). Penerapan Functional Movement Screening (FMS) terhadap Deteksi Dini Risiko Cedera Olahraga pada Atlet Panjat Tebing Kota Padang. Universitas Negeri Padang.
- Pardiwala, D. N., Subbiah, K., Rao, N., & Modi, R. (2020). Badminton Injuries in Elite Athletes: A Review of Epidemiology and Biomechanics. *Indian journal of orthopaedics*. 54(3): 237–245. <https://doi.org/10.1007/s43465-020-00054-1>.
- Philp, F., Blana, D., Chadwick, E. K., Stewart, C., Stapleton, C., Major, K., & Pandyan, A. D. (2018). Study of the measurement and predictive validity of the Functional Movement Screen. *BMJ Open Sport & Exercise Medicine*. 4(1): e000357. <https://doi.org/10.1136/bmjsem-2018-000357>.
- Phomsoupha, M., & Laffaye, G. (2015). The science of badminton: game characteristics, anthropometry, physiology, visual fitness and biomechanics. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*. 45(4), 473–495. <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0287-2>.
- Plowman, S. A., & Smith, D. L. (2013). *Exercise physiology for health fitness and performance*. Lippincott Williams & Wilkins.
- Racil, G., Zouhal, H., Elmontassar, W., Ben Abderrahmane, A., De Sousa, M. V., Chamari, K., Amri, M., & Coquart, J. B. (2016). Plyometric exercise combined with high-intensity interval training improves metabolic abnormalities in young obese females more so than interval training alone. *Applied physiology, nutrition, and metabolism = Physiologie appliquee, nutrition et metabolisme*. 41(1): 103–109.

- <https://doi.org/10.1139/apnm-2015-0384>.
- Rahman, F., Ramadhan, A. B., Kurniawan, A., & Puspitaningrum, D. A. (2023). Pengaruh Latihan Plyometric terhadap Peningkatan Vertical Jump pada Pemain Basket. *Jurnal Kesehatan Vokasional*, 8(1), 28-36. <https://doi.org/10.22146/jkesvo.75286>.
- Sperlich, B., De Marées, M., Koehler, K., Linville, J., Holmberg, H. C., & Mester, J. (2011). Effects of 5 weeks of high-intensity interval training vs. volume training in 14-year-old soccer players. *Journal of strength and conditioning research*, 25(5): 1271–1278. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181d67c38>.
- Stöggl, T., Kröll, J., Helmberger, R., Cudrigh, M., & Müller, E. (2018). Acute Effects of an Ergometer-Based Dryland Alpine Skiing Specific High Intensity Interval Training. *Frontiers in physiology*, 9(1485): 1-11. <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.01485>.
- Suppiah, P. K., Joummy, A. J., Samsir, Md. S., Mariappan, M., Noordin, H., & Nor Azmi, A. M. (2020). The effects of high intensity functional interval training on selected fitness components among young badminton players. *Enhancing Health and Sports Performance by Design*, 42–53. https://doi.org/10.1007/978-981-15-3270-2_5.
- Susila, H., Jurić, S., Liu, L., Gawarecka, K., Chung, K. S., Jin, S., Kim, S. J., Nasim, Z., Youn, G., Suh, M. C., Yu, H., & Ahn, J. H. (2021). Florigen sequestration in cellular membranes modulates temperature-responsive flowering. *Science (New York, N.Y.)*, 373(6559): 1137–1142. <https://doi.org/10.1126/science.abh4054>.
- Widiasmara, W.P. (2018). *Perbedaan Pengaruh Circuit Training Dan High Intensity Interval Training (Hiit) Untuk Peningkatan Vo2max Pada Pemain Sepak Bola*. Skripsi. Universitas' Aisyiyah Yogyakarta.
- Wijaya, F., Yusup, U., & Sidik, D. Z. (2022). Pengaruh Metode High Intensity Interval Training Menggunakan Elevation Training Mask Terhadap Peningkatan Anaerobik Laktasid Pemain Futsal Putra UPI. *Jurnal Kepelatihan Olahraga*, 14(1): 1-7. <https://ejournal.upi.edu/index.php/JKO/article/view/39379/pdf>.
- Zailani, S., Jeyaraman, K., Vengadasan, G., & Premkumar, R. (2012). Sustainable Supply Chain Management (SSCM) in Malaysia: A survey. *International Journal of Production Economics*, 140(1): 330–340. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2012.02.008>.