

Pengaruh Latihan *Plyometric High-intensity Interval Training* terhadap Sistem Kardiovaskular Wanita Dewasa

Eko Andi Susilo⁽¹⁾, Veni Imawati⁽²⁾, Afdol Febriansyah⁽³⁾

^{1,2}Universitas Nahdlatul Ulama Blitar

Jalan Masjid Nomor 22, Kepanjenkidul, Kota Blitar, 66117, Indonesia

³Shanghai University of Sport

650 Qingyuanhuan Rd, Yangpu District, Shanghai, 200433, China

Email: ¹eas.andy32@gmail.com, ²veniimawati@gmail.com,

³afolfebriansyah@gmail.com

Tersedia Online di

<http://www.jurnal.unublitar.ac.id/index.php/briliant>

Sejarah Artikel

Diterima 6 Oktober 2024

Direvisi 25 Mei 2025

Disetujui 26 Mei 2025

Dipublikasikan 26 Mei 2025

Keywords:

Elite HRV; Polar H-10;
Plyometric-HIIT; Heart Rate
Variability

Abstract: The aim of this study was to examine plyometrics-HIIT training on HRV in sedentary adult women. Participants were 30 adult women divided into two groups: plyometrics-HIIT treatment group ($n = 15$, age = 33 ± 0.9 years, BMI = 20.8 ± 1.0 kg/m²) and control group ($n = 15$, age = 31 ± 0.7 years, BMI = 20.2 ± 0.9 kg/m²). The treatment group was given plyometrics-HIIT training for six weeks. Heart Rate Variability (HRV) was measured using Polar H-10 and Elite-HRV app 24-48 hours before training and 24 hours after training. Independent sample t-tests were used to determine differences between the baseline characteristics of the two groups using two-way repeated measures ANOVA. All statistical tests were performed with IBM SPSS version 26. In the treatment group, the time domain was significantly improved at (SDNN; 45.78 ± 46.20 vs 64.35 ± 44.50 ms, $p < 0.05$, RMSSD; 49.52 ± 58.07 vs 77.62 ± 61.18 ms, $p < 0.05$). HRrest decreased significantly after exercise (78.84 ± 18.5 vs 67.5 ± 15.8 bpm, $p < 0.05$). However, there were no significant differences in all frequency domain measurements. In conclusion this study plyometric-HIIT can improve cardiovascular function in underactive adult women. Thus, plyometric-HIIT can be assessed as an alternative exercise to reduce the risk of cardiovascular disease.

Kata Kunci:

Elite HRV; Polar H-10;
Plyometric-HIIT; Variabilitas
denyut jantung

Corresponding Author:

Name:

Eko Andi Susilo

Email:

eas.andy32@gmail.com

Abstrak: Tujuan penelitian ini menguji latihan *plyometrics-HIIT* terhadap HRV pada wanita dewasa yang kurang aktif. Partisipan penelitian ini berjumlah 30 wanita dewasa yang dibagi menjadi dua kelompok: kelompok perlakuan *plyometrics-HIIT* ($n = 15$, usia = 33 ± 0.9 tahun, BMI = 20.8 ± 1.0 kg/m²) dan kelompok kontrol ($n = 15$, usia = 31 ± 0.7 tahun, BMI = 20.2 ± 0.9 kg/m²). Kelompok perlakuan diberikan pelatihan *plyometrics-HIIT* selama enam minggu. *Heart Rate Variability* (HRV) diukur menggunakan Polar H-10 dan aplikasi Elite-HRV 24-48 jam sebelum latihan dan 24 jam setelah latihan. Uji-t sampel independen digunakan untuk menentukan perbedaan antara karakteristik awal kedua kelompok menggunakan ANOVA berulang dua arah. Keseluruhan uji statistik dilakukan dengan bantuan perangkat Lunak IBM SPSS versi 26. Pada kelompok perlakuan, domain waktu meningkat secara signifikan pada (SDNN: 45.78 ± 46.20 vs 64.35 ± 44.50 ms, $p < 0.05$, RMSSD: 49.52 ± 58.07 vs 77.62 ± 61.18 ms, $p < 0.05$). *HRrest* menurun secara signifikan setelah latihan (78.84 ± 18.5 vs 67.5 ± 15.8 bpm, $p < 0.05$). Namun, tidak ada perbedaan yang signifikan pada semua pengukuran domain frekuensi. Kesimpulan penelitian ini *plyometric-HIIT* dapat meningkatkan fungsi kardiovaskular pada wanita dewasa yang kurang aktif. Dengan demikian, *plyometric-HIIT* dapat dinilai sebagai latihan alternatif untuk mengurangi risiko penyakit kardiovaskular.

PENDAHULUAN

Aktivitas fisik dan olahraga dipercaya menjadi alat yang ampuh untuk mencegah bahkan memerangi penyakit kardiovaskular (Bahathig dkk., 2021), pengendalian berat badan yang lebih efektif (Choi & Choi, 2022), bahkan menambah kekuatan otot, dan menurunkan risiko kematian (Stamatakis dkk., 2019). Meskipun aktivitas olahraga telah dijelaskan memiliki berbagai manfaat, namun hasil laporan dari *Sport Development Index* (SDI) pada tahun 2022 menunjukkan bahwa angka partisipasi Masyarakat Indonesia untuk 'berolahraga' masih tergolong rendah. Bahkan selama dua dekade terakhir tidak menunjukkan adanya perkembangan yang berarti (Mutohir dkk., 2023b, hlm. 37). Pada wilayah regional (provinsi Jawa Timur), bahkan di bawah satu persen (Fithroni & Rusdiawan, 2023). Laporan dari Kementerian Pemuda dan Olahraga (Kemenpora) tahun 2023 menunjukkan bahwa indeks partisipasi olahraga nasional mengalami penurunan dari 0,284 pada tahun 2022 menjadi 0,254 pada tahun 2023. Indeks kebugaran jasmani juga menurun dari 0,185 menjadi 0,179 pada periode yang sama (Mutohir dkk., 2023a).

Laporan tingkat partisipasi ini linier dengan angka kebugaran masyarakat yang dinilai masih rendah, meskipun lebih tinggi dibandingkan tahun laporan SDI 2021. Perlu dicatat, bahwa semakin tinggi tingkat partisipasi dalam aktivitas fisik, berkorelasi positif dengan tingkat kebugaran, kesehatan dan kualitas hidup (Basterfield dkk., 2021; Pucci dkk., 2012; Tahira, 2021). Namun, hampir 30% dari populasi di seluruh dunia dilaporkan tidak aktif secara fisik (Guthold dkk., 2018). Hambatan utama adalah kurangnya waktu untuk meluangkan waktu (M. L. Booth dkk., 1997; Doan dkk., 2022; Tavoian & Craighead, 2023).

Secara global ketidakaktifan fisik (malas gerak) tergolong tinggi dan terus meningkat. Kurangnya aktivitas fisik dikaitkan dengan penyakit tidak menular (PTM) dan dampak buruk lainnya terhadap kesehatan, seperti depresi, osteoporosis, dan sarkopenia (Booth et al., 2017; Lee et al., 2012). Selain itu, PTM telah menjadi penyebab utama kematian di seluruh dunia (Lee dkk., 2012). Oleh karena itu, untuk mengurangi risiko morbiditas dan mortalitas yang disebabkan oleh PTM, pedoman rekomendasi aktivitas fisik telah diumumkan oleh Organisasi Kesehatan Dunia (WHO) (World Health Organization, 2022). Orang dewasa harus melakukan setidaknya 150-300 menit aktivitas fisik aerobik intensitas sedang per minggu atau aktivitas fisik aerobik intensitas berat selama setidaknya 75-150 menit per minggu dan melakukan aktivitas yang memperkuat otot setidaknya dua hari per minggu.

Salah satu parameter fisiologis yang dapat menilai risiko penyakit kardiovaskular adalah dengan menggunakan metode pengukuran non-invasif yang dinamakan dengan variabilitas denyut jantung/*heart rate variability* (HRV). Untuk dapat mengukur HRV dengan metode non-invasif, diperlukan alat sensor bioteknologi portable dan dalam hal ini Polar memiliki keandalan untuk mengukur HRV (Schaffarczyk dkk., 2022; Vondrasek dkk., 2023). HRV adalah variasi interval waktu antara detak jantung yang berurutan (Electrophysiology, 1996; Immanuel dkk., 2023). HRV dianggap sebagai parameter untuk mengidentifikasi fungsi kardiovaskular (Shaffer dkk., 2014) dan mencerminkan keseimbangan antara sistem saraf simpatis dan parasimpatis. Di sisi lain, HRV dapat meningkat setelah secara teratur melakukan aktivitas fisik dan olahraga (Forouzanfar dkk., 2016). HRV terdiri dari dua domain utama meliputi, waktu (Heydari dkk., 2013; Rakobowchuk dkk., 2013), dan frekuensi yang dapat meningkat positif setelah diberikan perlakuan *high intensity interval training* (HIIT) (Heydari dkk., 2013). Dapat diasumsikan bahwa HIIT dapat meningkatkan aktivitas kardiovaskular.

Hasil penelitian telah menunjukkan manfaat berharga dari HIIT, seperti efektif untuk meningkatkan komposisi tubuh, kapasitas aerobik, dan kualitas otot (Holmes dkk., 2023), dan kualitas kardiorepiratori serta parameter metabolisme pada berbagai usia (Jung dkk., 2020; Martin-Smith dkk., 2020; Wu dkk., 2021). Namun, latihan HIIT memiliki beberapa keterbatasan penting. Mayoritas latihan tersebut berbasis laboratorium/*gym*, yang membutuhkan peralatan khusus seperti *treadmill* dan *cycle ergometer*. Peralatan ini mungkin tidak mudah didapatkan oleh masyarakat umum (Batacan dkk., 2017). Selain itu, HIIT di *Gym* tidak praktis dan terlalu sulit untuk diadopsi sebagai olahraga rutin oleh individu dengan aktivitas fisik yang kurang. Mengenai penggunaan berat badan seseorang sebagai beban latihan, beberapa peneliti (Holmes dkk., 2023; Racil dkk., 2016) memperkenalkan kembali konsep *workout* latihan dengan menggunakan metode latihan HIIT yang dikombinasikan dengan metode *plyometric* (Holmes dkk., 2023).

Plyometric-HIIT adalah metode HIIT yang memerlukan peralatan ‘minim’ dan cenderung menggunakan berat badan sebagai beban latihan. Penelitian sebelumnya telah menunjukkan berbagai manfaat kesehatan setelah melakukan *Plyometric*-HIIT, termasuk peningkatan daya tahan otot, kekuatan otot, dan konsumsi oksigen maksimal (VO₂max) (Holmes dkk., 2023; Racil dkk., 2016; Ramirez-Campillo dkk., 2023). Namun, belum ada bukti yang menunjukkan perubahan HRV setelah melakukan *Plyometric*-HIIT. Oleh karena itu, penelitian kami akan menambah literatur baru pengaruh *Plyometric*-HIIT terhadap HRV pada orang dengan aktivitas fisik yang rendah. Kami berhipotesis bahwa *Plyometric*-HIIT akan mengarah pada peningkatan HRV pada orang dewasa yang kurang aktif. Kemudian, memanfaatkan teknologi Polar H-10 dapat memberikan keakuratan dan kemudahan dalam melakukan monitoring dari latihan *Plyometric*-HIIT.

Berdasarkan kerangka latar belakang yang telah dijelaskan, tujuan penelitian ini menguji dampak latihan *plyometric*-HIIT terhadap HRV pada orang dewasa kurang aktif yang difasilitasi dengan monitor detak jantung Polar H-10. Untuk membimbing keberhasilan tujuan, dirumuskan pertanyaan penelitian; apakah ada pengaruh latihan *plyometric*-HIIT kepada HRV pengukuran menggunakan Polar H-10 dan Elite HRV?

METODE

Penelitian ini menggunakan metode *true-eksperimental* dengan desain *pretest-posttest*. Penelitian ini menguji pengaruh latihan *plyometric*-HIIT terhadap HRV. Penelitian eksperimen yang mengukur perubahan HRV dengan metode non-invasif yang relatif terjangkau dan tanpa menimbulkan rasa sakit menjadikannya dapat diakses secara luas oleh banyak peneliti (Laborde dkk., 2017). Kemudahan akses ini seharusnya tidak mengaburkan kesulitan interpretasi temuan HRV yang dapat dengan mudah disalahartikan, namun hal ini dapat dikontrol sampai batas tertentu melalui proses metodologis yang benar.

Tiga puluh orang wanita dewasa yang sehat dan kurang berolahraga (berusia 28-38 tahun dan tingkat aktivitas fisik mingguan yang rendah) dipilih menggunakan teknik *purposive sampling*. Para peserta diacak ke dalam kelompok *plyometric* HIIT dan kelompok kontrol. Ukuran sampel untuk setiap kelompok dihitung berdasarkan temuan dari penelitian sebelumnya (Heydari dkk., 2013). Minimal 11 peserta diperlukan dalam setiap kelompok untuk mendeteksi perbedaan dalam perubahan HRV antara kelompok dengan kekuatan 95%, $\alpha = 0,05$, dan ukuran efek $f = 0,48$. Dalam penelitian kami, kelompok eksperimen dan kontrol masing-masing berjumlah 15 orang. Pemilihan ini didasarkan pada kriteria eksklusi yang mana klasifikasi aktivitas fisik sedang menurut *International Physical Activity Questionnaire* (IPAQ) (Committee, 2005), yang digunakan untuk menganalisis kesiapan untuk berolahraga yang ditentukan dengan menggunakan kuesioner kesiapan aktivitas fisik (PAR-Q) (Warburton dkk., 2018), yang memperhatikan historis gangguan muskuloskeletal dalam lima bulan sebelum penelitian atau penyakit serius semacam gangguan jantung atau paru-paru yang mendasarinya. Semua peserta diminta untuk tidak mengubah pola aktivitas fisik mereka dan mencatat aktivitas mereka (jenis dan durasi) dalam buku catatan harian, setiap hari selama penelitian. Tujuan, protokol, dan potensi risiko dari penelitian ini dijelaskan kepada para partisipan, baik secara lisan maupun tertulis, sebelum mereka memberikan persetujuan.

Tabel 1. Karakteristik partisipan penelitian

Kriteria Partisipan	Kelompok treatment	Kelompok kontrol
Jenis kelamin	15 wanita	15 wanita
Usia	33 ± 0.9	31 ± 0.7
Tinggi badan	158 ± 7.5	159 ± 7.5
Berat badan	52.5 ± 6.8	50.5 ± 8.8
BMI	20.8 ± 1.0	20.2 ± 0.9
Riwayat aktivitas fisik	170.5 ± 110.5	180.7 ± 120.8

Prosedur Pengukuran HRV

HRV awal diukur 24-48 jam sebelum memulai pelatihan. Peserta diinstruksikan untuk tidak melakukan olahraga berat atau minum kafein atau alkohol sehari sebelum pengukuran HRV. Monitor denyut jantung Polar H-10 (*Polar Electro Oy Inc.*) digunakan untuk mengukur interval RR. Alat ini telah divalidasi pada hasil penelitian HRV termutakhir (Schaffarczyk dkk., 2022; Vondrasek dkk., 2023). Kemudian, data interval RR yang dimonitor melalui aplikasi Elite HRV yang telah direkomendasikan untuk mengukur HRV (Himariotis dkk., 2022; Seltzer dkk., 2021; Vondrasek dkk., 2023) kemudian ditabulasi ke Ms. Excel. Untuk setiap sesi latihan, pengukuran HRV dilakukan pada pagi hari (07:00-08:00) selama 10 menit pada posisi terlentang, dengan pernapasan terkontrol pada 10 kali/menit. HRV pasca latihan dievaluasi 24 jam setelah sesi latihan terakhir.

Program Latihan Plyometric-HIIT

Peserta dalam kelompok pelatihan menyelesaikan 18 sesi (latihan 3 hari per minggu selama 6 minggu dengan latihan satu banding satu) menggunakan protokol yang dimodifikasi dari (Holmes dkk., 2023). *Program plyometric HIIT* terdiri dari empat latihan: *burpees*, *box jumps*, *jumping jack*, dan *speed agility ladder drills*. Peserta diminta untuk melakukan program latihan ini dalam urutan yang sudah ditentukan dan dengan intensitas maksimal/tinggi selama 15 detik, diselingi dengan 25 detik jogging dengan intensitas rendah (kecepatan sendiri). Semua latihan diulang dua kali repetisi. Selain itu, 2 menit pendinginan dengan latihan pemanasan, jogging dengan intensitas rendah (kecepatan sendiri), dan peregangan kaki juga dilakukan. Selama semua sesi, partisipan diawasi oleh para peneliti dan menerima dorongan verbal yang kuat untuk memastikan bahwa mereka tampil dengan upaya maksimal mereka. Denyut jantung selama berolahraga direkam dengan menggunakan sensor denyut jantung Polar H-10 (*Polar Electro Oy Inc.*). Denyut jantung maksimal yang diprediksi berdasarkan usia dihitung menggunakan persamaan Tanaka ($208 - 0,7 \times \text{usia}$) (Tanaka dkk., 2001). Tingkat *rating perceived exertion* (RPE) mengikuti skala Borg's (Zinoubi dkk., 2018) dan respons afektif terhadap latihan (Hardy & Rejeski, 1989) dicatat sebelum dan segera setelah latihan pada setiap sesi. Selain itu, semua sesi latihan dilakukan di sasana olahraga Tulungagung dan semua peserta melakukan sesi latihan pada waktu yang sama setiap harinya (pukul 15.00-18.00).

Analisis statistik

Semua hasil disajikan sebagai rata-rata $\pm$ Standar Deviasi (SD). Uji-t sampel independen digunakan untuk menentukan perbedaan antara karakteristik awal kedua kelompok. Pengukuran ANOVA berulang dua arah digunakan untuk menguji perbedaan antara kelompok untuk perubahan HRV (waktu $\times$ kelompok), respons afektif, dan RPE (waktu $\times$ sesi). Dalam hal hasil yang signifikan, perbandingan post-hoc dilakukan dengan menggunakan uji *Fisher's least significant difference* (LSD). Tingkat signifikansi ditetapkan pada $p < 0.05$. Keseluruhan uji statistik dilakukan dengan bantuan perangkat Lunak IBM SPSS versi 26.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Latihan HIIT-Plyometric selama Program Eksperimen

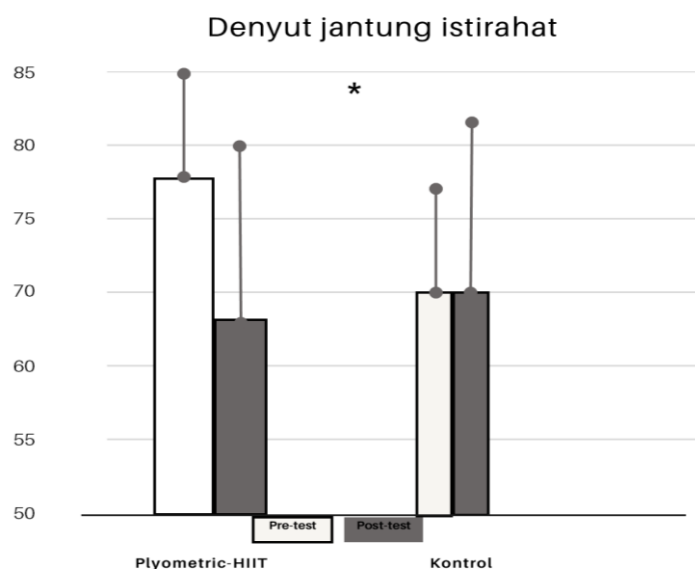
Rata-rata konsistensi terhadap sesi plyometrics HIIT adalah 100%. Semua sesi latihan dapat diterima dengan baik oleh para peserta, dan tidak ada efek samping yang negatif selama sesi latihan. Rata-rata RPE untuk HIIT plyometric ditunjukkan pada Tabel 1. RPE tertinggi ditemukan pada sesi pertama sesudah latihan (18.3 ± 1.6 sesuai dengan “sulit hingga sangat sulit”). Setelah itu, RPE berkurang secara bertahap pada sesi ke-3, ke-9, dan ke-18 ($p < 0,001$). Selain itu, RPE selama 18 sesi latihan tergolong cukup sulit bagi partisipan ($14,4 \pm 3,2$). Selain itu, tidak ada perbedaan yang signifikan dalam respon afektif antara sebelum dan sesudah pelatihan pada sesi ke-1, ke-3, ke-9, dan ke-18. Terdapat penurunan yang signifikan pada denyut jantung istirahat pada kelompok plyometric-HIIT, lihat gambar 1. (pra-pelatihan 78.84 ± 18.5 bpm, pasca-pelatihan 67.5 ± 15.8 bpm, $p = 0,054$). Selain itu, detak jantung puncak selama intervensi HIIT plyometric mencapai rata-rata ~84% dari detak jantung maksimal.

Tabel 2. Respon partisipan sebelum-sesudah latihan berdasarkan RPE

	RPE			
	1	3	9	18
<i>Pre-training</i>	8.5 ± 1.8	7.9 ± 1.6	7.2 ± 0.4	6.5 ± 0.6
<i>Post-training</i>	18.3 ± 1.6*	15.2 ± 3.7*†	13.6 ± 3.8*†:	12.8 ± 3.3*†:§

Tabel 3. Respon partisipan sebelum-sesudah latihan berdasarkan Respon Afektif

	Respon afektif			
	1	3	9	18
<i>Pre-training</i>	0.6 ± 1.2	1.1 ± 1.1	0.4 ± 0.7	0.3 ± 0.6
<i>Post-training</i>	-0.5 ± 1.2	-0.3 ± 1.6	0.4 ± 0.8	0.5 ± 0.8



Gambar 1. Grafik denyut jantung istirahat sebelum dan sesudah latihan

Tabel 3. Hasil HRV partisipan setelah dan sebelum eksperimen

Variabel	Plyometric-HIIT (n = 15)		Control (n = 15)	
	Pre	Post	Pre	Post
Domain waktu				
SDNN (ms)	45.78 ± 46.20	64.35 ± 44.50**	48.05 ± 29.10	47.38 ± 29.20
RMSSD (ms)	49.52 ± 58.07	77.62 ± 61.18*	49.42 ± 32.33	53.65 ± 33.56
Domain frekuensi				
LF (ms ²)	582.53 ± 392.54	957.90 ± 986.58	864.86 ± 883.44	810.52 ± 829.20
LF (n.u.)	38.85 ± 25.59	30.94 ± 26.39	31.05 ± 22.79	27.35 ± 20.41
HF (ms ²)	1077.32 ± 3205.45	3142.38 ± 3348.44	1240.55 ± 1422.72	1209.95 ± 1098.20
HF (n.u.)	54.76 ± 30.38	61.72 ± 29.32	60.55 ± 20.61	63.52 ± 17.56
LF/HF ratio	3.18 ± 4.72	2.30 ± 3.10	2.05 ± 2.22	1.52 ± 1.63

Hasil Pengukuran HRV Sebelum dan Sesudah Latihan

Terdapat peningkatan yang lebih besar dalam domain waktu SDNN pada kelompok *plyometric-HIIT* (45.78 ± 46.20 vs 64.35 ± 44.50 ms) dibandingkan dengan kelompok kontrol (48.05 ± 29.10 vs 47.38 ± 29.20 ms; kelompok × efek interaksi waktu: $p \frac{1}{4}$ 0.001, $d \frac{1}{4}$ 0.39). Di samping itu, RMSSD juga meningkat di bandingkan catatan sebelumnya setelah pelatihan (49.52 ± 58.07 vs 77.62 ± 61.18 ms) dibandingkan dengan hasil pengukuran kelompok kontrol (49.42 ± 32.33 vs 53.65 ± 33.56 ms; kelompok × efek interaksi waktu: $p \frac{1}{4}$ 0.017, $d \frac{1}{4}$ 0.28) (Tabel 3). Namun, tidak ada perubahan yang signifikan yang diamati pada parameter domain frekuensi apa pun dari sebelum hingga sesudah pelatihan.

Pembahasan

Tujuan dari penelitian ini adalah menguji dampak latihan *plyometric*-HIIT terhadap HRV pada orang dewasa kurang aktif yang difasilitasi dengan monitor detak jantung Polar H-10. Pada factor respon afektif, latihan *HIIT-Plyometric* tidak memberikan efek yang negatif selama sesi latihan, dengan demikian, partisipan dapat menerima perlakuan (*treatment*) dengan baik oleh metode pelatihan ini. Di sisi lain, pada parameter pengukuran HRV, peningkatan yang lebih besar dalam domain waktu SDNN pada kelompok *plyometric*-HIIT dibandingkan dengan kelompok kontrol. Sekain itu, RMSSD juga meningkat di bandingkan catatan sebelumnya setelah pelatihan dibandingkan dengan hasil pengukuran kelompok kontrol. Namun, tidak ada perubahan yang signifikan yang diamati pada parameter domain frekuensi dari sebelum hingga sesudah pelatihan. Artinya, metode latihan ini memberikan dampak yang baik pada respon variabilitas denyut jantung.

Hasil penelitian sebelumnya secara konsisten mendokumentasikan pengaruh dari metode latihan HIIT terhadap HRV dari karakteristik yang beragam dari partisipan (Boutcher dkk., 2013; Da Silva dkk., 2019; Grässler dkk., 2021). Sejauh studi literatur kami, ini adalah penelitian pertama yang menyelidiki dampak dari pelatihan selama enam minggu *plyometric*-HIIT terhadap HRV wanita dewasa yang memiliki riwayat aktivitas fisik tingkat rendah berdasarkan pengukuran menggunakan Polar H-10 dan aplikasi Elite HRV. Temuan utamanya adalah bahwa *plyometric*-HIIT selama 18 kali sesi latihan secara signifikan meningkatkan HRV pada variabel domain waktu (SDNN dan RMSSD) dan secara signifikan menurunkan detak jantung istirahat. Namun, tidak ada perbedaan yang signifikan dalam domain frekuensi.

Temuan ini konsisten dengan penelitian yang menggunakan jenis pelatihan *plyometric* sebelumnya meskipun terdapat perbedaan dalam riwayat pelatihan partisipan, jenis dan durasi protokol latihan. Hebisz et al. (2021) menunjukkan bahwa terjadi korelasi yang positif dari metode *Plyometric*-HIIT terhadap SDNN dan RMSSD setelah 6 minggu melakukan pelatihan *plyometric*-HIIT pada individu yang terlatih, yaitu atlet pesepeda wanita. Selain itu, hasil penelitian yang terdahulu menunjukkan bahwa pelatihan HIIT selama tiga bulan dapat meningkatkan HRV variabel domain waktu pada individu dewasa yang sehat (Piras dkk., 2015). Hal ini menunjukkan bahwa metode latihan HIIT maupun *plyometric*-HIIT dapat meningkatkan HRV pada domain waktu (SDNN dan RMSSD) pada individu yang sehat dan tidak aktif secara fisik dengan dampak pengaruh yang kecil hingga sedang. Namun, *plyometric*-HIIT mungkin akan lebih efisien dari segi peralatan karena jenis pelatihan ini menggunakan tubuh sebagai beban latihan, sehingga lebih cocok untuk dilakukan di halaman rumah bagi orang-orang yang kurangnya waktu luang untuk pergi ke lapangan atau bahkan pusat kebugaran (*gym*).

Catatan penting dari penelitian ini, selama proses latihan/eksperimen, sebagian besar partisipan menunjukkan motivasi tinggi (yang ditunjukkan kehadiran 100%), didorong oleh keinginan untuk memperbaiki kondisi fisik dan kesehatan secara umum dan mendukung jawaban dari pertanyaan penelitian pada respon afektif. Meskipun tidak langsung dinilai (tidak masuk variabel), bimbingan dan dukungan motivasi dari tim peneliti secara tidak langsung mendukung keberhasilan penelitian. Studi di masa depan perlu meneliti secara mendalam dan komprehensif dari sisi afektif-sosial. Di sisi lain, pada minggu pertama terdapat pula sejumlah kendala. Beberapa partisipan mengalami kesulitan dalam membagi waktu antara kegiatan sehari-hari dan jadwal latihan yang telah ditentukan, sehingga penyesuaian jadwal sangat dinamis. Selain itu, kelelahan otot pada fase awal intervensi memicu kami untuk menyarankan pendekatan khusus selama proses istirahat. Fase *recovery* (istirahat) berpotensi menjadi factor kunci dalam keberhasilan penelitian, sehingga riset yang akan datang perlu mempertimbangkan hal ini.

Hasil penting dari temuan kami, bahwa penurunan pada SDNN dan RMSSD dikaitkan dengan peningkatan risiko mortalitas dan morbiditas sistem kardiovaskular (Abdelnabi, 2019; Jarczok dkk., 2022) dan analisis HRV dapat membantu mengidentifikasi serangan penyakit kardiovaskular (Tiwari dkk., 2021). Bukti sebelumnya mengkonfirmasi bahwa latihan olahraga efektif dalam meningkatkan HRV dengan mengurangi aktivitas simpatis dan meningkatkan aktivitas parasimpatis (Hebisz dkk., 2021; Navarro-Lomas dkk., 2022; Yang dkk., 2024), yang menunjukkan bahwa *plyometric*-HIIT dapat meningkatkan modulasi vagal. Selain itu, penelitian ini menunjukkan penurunan denyut jantung istirahat yang signifikan setelah latihan. Temuan

serupa ditemukan dalam berbagai penelitian pelatihan olahraga (Evangelou dkk., 2021; Reimers dkk., 2018). Mekanisme yang bekerja atas penurunan denyut jantung istirahat dapat mencakup penurunan denyut jantung intrinsik dan tonus simpatis serta peningkatan sistem tonus vagal (Bahrainy dkk., 2016; Capilupi dkk., 2020). Selain itu, yang perlu diperhatikan, peningkatan kontrol sistem saraf parasimpatis terhadap denyut jantung dapat mungkin mekanisme yang potensial untuk perlindungan kesehatan jantung (Gourine & Gourine, 2014).

Namun, hasil penelitian ini tidak menemukan perbedaan yang signifikan dalam HRV variabel domain frekuensi. Temuan ini mendukung hasil penelitian terdahulu oleh (Alansare dkk., 2018), yang melaporkan bahwa domain frekuensi tidak meningkat setelah dua minggu mengikuti pelatihan HIIT. Di sisi lain, penelitian yang lebih baru telah melaporkan peningkatan yang signifikan pada domain frekuensi setelah 12 minggu kombinasi pelatihan antara moderat dan plyometric intensitas tinggi (Hebisz dkk., 2021). Oleh karena itu, disarankan, bahwa HRV dapat ditingkatkan setelah setidaknya tiga bulan latihan rutin dengan intensitas dan volume sedang (Gavrilova, 2016; Hottenrott dkk., 2006). Durasi latihan berpotensi memainkan peran penting dalam meningkatkan domain frekuensi HRV.

Penggunaan perangkat Polar H-10 yang dikombinasikan dengan Elite HRV juga menjadi catatan penting dari hasil penelitian ini. Meskipun tidak menjadi fokus utama dalam tujuan penelitian kami, penggunaan Polar H-10 dan Elite HRV mendapatkan respon yang positif dari partisipan kami, alat portabel Polar H-10 yang menempel pada dada partisipan tidak terlalu mengganggu, meskipun mereka menilai menggunakan jam tangan pintar akan lebih nyaman. Perangkat lunak (aplikasi) EliteHRV yang diinstall di gawai mereka dinilai cukup membantu. Resitasi data yang praktis dan bug yang ringan menjadi daya tarik tersendiri. Selain itu, penggunaan Elite HRV juga mendapatkan respon yang cukup positif dari pengguna kategori perempuan dewasa (Moore, 2016). Di sisi lain, penelitian terbaru HRV yang dibantu dengan Polar H-10 dan Elite HRV memberikan hasil yang positif (Vondrasek dkk., 2023). Aplikasi ponsel pintar Elite HRV memberikan data variabilitas detak jantung domain waktu yang dapat diandalkan yang konsisten dengan data yang diperoleh dari monitor detak jantung Polar H-10 yang teruji validitasnya ketika perangkat lunak analisis data yang sama digunakan (Schaffarczyk dkk., 2022). oleh karena itu, penggunaan dua perangkat ini menjadi prospek yang menjanjikan untuk penelitian di masa depan.

Keterbatasan penelitian ini perlu dipertimbangkan. Pertama, semua sesi latihan tidak dilakukan di laboratorium atau *gym*. Dengan demikian, konsistensi dan kedisiplinan dalam menjalankan latihan mungkin tidak mewakili proses eksperimen olahraga dengan kontrol yang ketat. Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengkonfirmasi dan memvalidasi konsistensi jangka panjang terhadap *plyometric*-HIIT di lingkungan laboratorium. Kedua, tingkat aktivitas fisik sebelum dan selama latihan tidak dikonfirmasi oleh pengukuran objektif.

SIMPULAN

Simpulan Penelitian ini menunjukkan bahwa *plyometric*-HIIT selama enam minggu secara signifikan meningkatkan HRV pada variabel domain waktu (SDNN, dan RMSSD) dan menurunkan detak jantung istirahat ketika dibandingkan dengan kelompok kontrol yang tidak berolahraga pada wanita dewasa dengan riwayat aktivitas fisik yang rendah. Dengan demikian, *plyometric*-HIIT memberikan alternatif olahraga yang efektif dan mudah dilakukan untuk meningkatkan fungsi kardiovaskular, yang dikaitkan dengan penurunan morbiditas dan mortalitas kardiovaskular.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Riset dan Pengabdian kepada Masyarakat (DRTPM) Kemdikbudristek dan Deputy Bidang Penguatan Riset dan Pengembangan Kementerian Riset dan Teknologi/ Badan Riset dan Inovasi Nasional (DIPA) yang telah memberikan dukungan pendanaan riset ini melalui program Penelitian Dosen Pemula (PDP).

DAFTAR RUJUKAN

- Abdelnabi, M. (2019). Cardiovascular clinical implications of heart rate variability. *International Journal of the Cardiovascular Academy*, 5, 37. https://doi.org/10.4103/IJCA.IJCA_36_18
- Alansare, A., Alford, K., Lee, S., Church, T., & Jung, H. C. (2018). The Effects of High-Intensity Interval Training vs. Moderate-Intensity Continuous Training on Heart Rate Variability in Physically Inactive Adults. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(7), 1508. <https://doi.org/10.3390/ijerph15071508>
- Bahathig, A., A., Abu Saad, H., Md Yusop, N. B., Mohd Shukri, N. H., & El-Din, M. M. E. (2021). Relationship between Physical Activity, Sedentary Behavior, and Anthropometric Measurements among Saudi Female Adolescents: A Cross-Sectional Study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(16), 8461. <https://doi.org/10.3390/ijerph18168461>
- Bahrainy, S., Levy, W. C., Busey, J. M., Caldwell, J. H., & Stratton, J. R. (2016). Exercise training bradycardia is largely explained by reduced intrinsic heart rate. *International Journal of Cardiology*, 222, 213–216. <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2016.07.203>
- Basterfield, L., Burn, N. L., Galna, B., Karoblyte, G., & Weston, K. L. (2021). The association between physical fitness, sports club participation and body mass index on health-related quality of life in primary school children from a socioeconomically deprived area of England. *Preventive Medicine Reports*, 24, 101557. <https://doi.org/10.1016/j.pmedr.2021.101557>
- Batacan, R. B., Jr., Duncan, M. J., Dalbo, V. J., Tucker, P. S., & Fenning, A. S. (2017). Effects of high-intensity interval training on cardiometabolic health: A systematic review and meta-analysis of intervention studies. *British Journal of Sports Medicine*, 51(6), 494–503. Scopus. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-095841>
- Booth, F. W., Roberts, C. K., Thyfault, J. P., Rueggsegger, G. N., & Toedebusch, R. G. (2017). Role of Inactivity in Chronic Diseases: Evolutionary Insight and Pathophysiological Mechanisms. *Physiological Reviews*, 97(4), 1351–1402. <https://doi.org/10.1152/physrev.00019.2016>
- Booth, M. L., Bauman, A., Owen, N., & Gore, C. J. (1997). Physical activity preferences, preferred sources of assistance, and perceived barriers to increased activity among physically inactive Australians. *Preventive Medicine*, 26(1), 131–137. Scopus. <https://doi.org/10.1006/pmed.1996.9982>
- Boutcher, S. H., Park, Y., Dunn, S. L., & Boutcher, Y. N. (2013). The relationship between cardiac autonomic function and maximal oxygen uptake response to high-intensity intermittent-exercise training. *Journal of Sports Sciences*, 31(9), 1024–1029. <https://doi.org/10.1080/02640414.2012.762984>
- Capilupi, M. J., Kerath, S. M., & Becker, L. B. (2020). Vagus Nerve Stimulation and the Cardiovascular System. *Cold Spring Harbor Perspectives in Medicine*, 10(2), a034173. <https://doi.org/10.1101/cshperspect.a034173>
- Choi, Y., & Choi, J. W. (2022). Changes in the Frequency of Moderate-to-Vigorous Physical Activity and Subsequent Risk of All-Cause and Cardiovascular Disease Mortality. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(1), 504. <https://doi.org/10.3390/ijerph19010504>
- Committee, I. R. (2005). Guidelines for Data Processing and Analysis of the International Physical Activity Questionnaire (IPAQ)-Short and Long Forms. <http://www.ipaq.ki.se/scoring.pdf>. <https://cir.nii.ac.jp/crid/1573950400545533440>
- Da Silva, D. F., Ferraro, Z. M., Adamo, K. B., & Machado, F. A. (2019). Endurance Running Training Individually Guided by HRV in Untrained Women. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 33(3), 736–746. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002001>
- Doan, T., Yu, P., LaBond, C., Gong, C., & Strazdins, L. (2022). Time for Physical Activity: Different, Unequal, Gendered. *Journal of Health and Social Behavior*, 63(1), 37–54. <https://doi.org/10.1177/00221465211028910>

- Electrophysiology, T. F. O. T. E. S. O. C. T. N. A. (1996). Heart Rate Variability: Standards of Measurement, Physiological Interpretation, and Clinical Use. *Circulation*, 93(5), 1043–1065. <https://doi.org/10.1161/01.CIR.93.5.1043>
- Evangelou, C., Sakkas, G. K., Hadjicharalambous, M., Aphas, G., Petrou, P., & Giannaki, C. D. (2021). The effect of a three month, low-load- high-repetitions group-based exercise program versus pilates on physical fitness and body composition in inactive women. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 26, 18–23. <https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2020.08.017>
- Fithroni, H., & Rusdiawan, A. (2023). Community Sports Participation and Its Distribution in East Java. Dalam S. Setiawan, W. P. Saroinsong, M. N. Ashar, C. Boonrongrut, R. N. B. Aji, Y. Lestari, L. Mulya, G. W. Pradana, R. Riyadi, A. M. Tayeb, L. P. Hartanti, & H. R. Ayu (Ed.), *Proceedings of the International Joint Conference on Arts and Humanities 2022 (IJCAH 2022)* (Vol. 724, hlm. 1534–1546). Atlantis Press SARL. https://doi.org/10.2991/978-2-38476-008-4_166
- Forouzanfar, M. H., Afshin, A., Alexander, L. T., Anderson, H. R., Bhutta, Z. A., Biryukov, S., Brauer, M., Burnett, R., Cercy, K., Charlson, F. J., Cohen, A. J., Dandona, L., Estep, K., Ferrari, A. J., Frostad, J. J., Fullman, N., Gething, P. W., Godwin, W. W., Griswold, M., ... Murray, C. J. L. (2016). Global, regional, and national comparative risk assessment of 79 behavioural, environmental and occupational, and metabolic risks or clusters of risks, 1990–2015: A systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2015. *The Lancet*, 388(10053), 1659–1724. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(16\)31679-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(16)31679-8)
- Gavrilova, E. A. (2016). Heart rate variability and sports. *Human Physiology*, 42(5), 571–578. <https://doi.org/10.1134/S036211971605008X>
- Gourine, A., & Gourine, A. V. (2014). Neural Mechanisms of Cardioprotection. *Physiology*, 29(2), 133–140. <https://doi.org/10.1152/physiol.00037.2013>
- Grässler, B., Thielmann, B., Böckelmann, I., & Hökelmann, A. (2021). Effects of Different Training Interventions on Heart Rate Variability and Cardiovascular Health and Risk Factors in Young and Middle-Aged Adults: A Systematic Review. *Frontiers in Physiology*, 12, 657274. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.657274>
- Guthold, R., Stevens, G. A., Riley, L. M., & Bull, F. C. (2018). Worldwide trends in insufficient physical activity from 2001 to 2016: A pooled analysis of 358 population-based surveys with 1·9 million participants. *The Lancet Global Health*, 6(10), e1077–e1086. [https://doi.org/10.1016/S2214-109X\(18\)30357-7](https://doi.org/10.1016/S2214-109X(18)30357-7)
- Hardy, C. J., & Rejeski, W. J. (1989). Not What, but How One Feels: The Measurement of Affect during Exercise. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 11(3), 304–317. <https://doi.org/10.1123/jsep.11.3.304>
- Hebisz, P., Hebisz, R., & Jastrzębska, A. (2021). An Attempt to Predict Changes in Heart Rate Variability in the Training Intensification Process among Cyclists. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(14), 7636. <https://doi.org/10.3390/ijerph18147636>
- Heydari, M., Boutcher, Y. N., & Boutcher, S. H. (2013). High-intensity intermittent exercise and cardiovascular and autonomic function. *Clinical Autonomic Research*, 23(1), 57–65. <https://doi.org/10.1007/s10286-012-0179-1>
- Himariotis, A. T., Coffey, K. F., Noel, S. E., & Cornell, D. J. (2022). Validity of a Smartphone Application in Calculating Measures of Heart Rate Variability. *Sensors*, 22(24), 9883. <https://doi.org/10.3390/s22249883>
- Holmes, A. J., Stratton, M. T., Bailly, A. R., Gottschall, J. S., Feito, Y., Ha, P. L., Lavigne, A., Persaud, K., Gagnon, H. L., Krueger, A., Modjeski, A., Esmat, T. A., Harper, L. N., VanDusseldorp, T. A., & Hester, G. M. (2023). Effects of plyometric- and cycle-based high-intensity interval training on body composition, aerobic capacity, and muscle

- function in young females: A field-based group fitness assessment. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 48(12), 932–945. <https://doi.org/10.1139/apnm-2022-0465>
- Hottenrott, K., Hoos, O., & Esperer, H. D. (2006). Herzfrequenzvariabilität und Sport: Aktueller Stand. *Herz Kardiovaskuläre Erkrankungen*, 31(6), 544–552. <https://doi.org/10.1007/s00059-006-2855-1>
- Immanuel, S., Teferra, M. N., Baumert, M., & Bidargaddi, N. (2023). Heart Rate Variability for Evaluating Psychological Stress Changes in Healthy Adults: A Scoping Review. *Neuropsychobiology*, 82(4), 187–202. <https://doi.org/10.1159/000530376>
- Jarczok, M. N., Weimer, K., Braun, C., Williams, D. P., Thayer, J. F., Gündel, H. O., & Balint, E. M. (2022). Heart rate variability in the prediction of mortality: A systematic review and meta-analysis of healthy and patient populations. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 143, 104907. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2022.104907>
- Jung, M. E., Locke, S. R., Bourne, J. E., Beauchamp, M. R., Lee, T., Singer, J., MacPherson, M., Barry, J., Jones, C., & Little, J. P. (2020). Cardiorespiratory fitness and accelerometer-determined physical activity following one year of free-living high-intensity interval training and moderate-intensity continuous training: A randomized trial. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 17(1), 25. <https://doi.org/10.1186/s12966-020-00933-8>
- Laborde, S., Mosley, E., & Thayer, J. F. (2017). Heart Rate Variability and Cardiac Vagal Tone in Psychophysiological Research – Recommendations for Experiment Planning, Data Analysis, and Data Reporting. *Frontiers in Psychology*, 08. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.00213>
- Lee, I.-M., Shiroma, E. J., Lobelo, F., Puska, P., Blair, S. N., & Katzmarzyk, P. T. (2012). Effect of physical inactivity on major non-communicable diseases worldwide: An analysis of burden of disease and life expectancy. *The Lancet*, 380(9838), 219–229. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(12\)61031-9](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(12)61031-9)
- Martin-Smith, R., Cox, A., Buchan, D. S., Baker, J. S., Grace, F., & Sculthorpe, N. (2020). High Intensity Interval Training (HIIT) Improves Cardiorespiratory Fitness (CRF) in Healthy, Overweight and Obese Adolescents: A Systematic Review and Meta-Analysis of Controlled Studies. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(8), Article 8. <https://doi.org/10.3390/ijerph17082955>
- Moore, J. (2016, September 16). *Normative HRV Scores by Age and Gender [Heart Rate Variability Chart]*. Elite HRV. <https://elitehrv.com/normal-heart-rate-variability-age-gender>
- Mutohir, T., Lutan, R., Maksum, A., Kristiyanto, A., & Akbar, R. (2023a). *Laporan Indeks Pembangunan Olahraga Tahun 2023 Kebugaran Jasmani dan Generasi Emas 2045*.
- Mutohir, T., Lutan, R., Maksum, A., Kristiyanto, A., & Akbar, R. (2023b). *Laporan Nasional Sport Development Index 2022: Olahraga, Daya Saing, dan Kebijakan Berbasis Data*.
- Navarro-Lomas, G., Dote-Montero, M., Alcantara, J. M. A., Plaza-Florido, A., Castillo, M. J., & Amaro-Gahete, F. J. (2022). Different exercise training modalities similarly improve heart rate variability in sedentary middle-aged adults: The FIT-AGEING randomized controlled trial. *European Journal of Applied Physiology*, 122(8), 1863–1874. <https://doi.org/10.1007/s00421-022-04957-9>
- Piras, A., Persiani, M., Damiani, N., Perazzolo, M., & Raffi, M. (2015). Peripheral heart action (PHA) training as a valid substitute to high intensity interval training to improve resting cardiovascular changes and autonomic adaptation. *European Journal of Applied Physiology*, 115(4), 763–773. <https://doi.org/10.1007/s00421-014-3057-9>
- Pucci, G. C. M. F., Rech, C. R., Fermino, R. C., & Reis, R. S. (2012). Association between physical activity and quality of life in adults. *Revista de Saúde Pública*, 46, 166–179. <https://doi.org/10.1590/S0034-89102012000100021>
- 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>
- Rakobowchuk, M., Harris, E., Taylor, A., Cubbon, R. M., & Birch, K. M. (2013). Moderate and heavy metabolic stress interval training improve arterial stiffness and heart rate dynamics in humans. *European Journal of Applied Physiology*, 113(4), 839–849. Scopus. <https://doi.org/10.1007/s00421-012-2486-6>
- Ramirez-Campillo, R., Sortwell, A., Moran, J., Afonso, J., Clemente, F. M., Lloyd, R. S., Oliver, J. L., Pedley, J., & Granacher, U. (2023). Plyometric-Jump Training Effects on Physical Fitness and Sport-Specific Performance According to Maturity: A Systematic Review with Meta-analysis. *Sports Medicine - Open*, 9(1), 23. <https://doi.org/10.1186/s40798-023-00568-6>
- Reimers, A. K., Knapp, G., & Reimers, C.-D. (2018). Effects of Exercise on the Resting Heart Rate: A Systematic Review and Meta-Analysis of Interventional Studies. *Journal of Clinical Medicine*, 7(12), Article 12. <https://doi.org/10.3390/jcm7120503>
- Schaffarczyk, M., Rogers, B., Reer, R., & Gronwald, T. (2022). Validity of the Polar H10 Sensor for Heart Rate Variability Analysis during Resting State and Incremental Exercise in Recreational Men and Women. *Sensors*, 22(17). Scopus. <https://doi.org/10.3390/s22176536>
- Seltzer, H., Pellman, M., Warchock, R., Billian, J., & Baker, R. (2021). Mobile Evaluation of Heart Rate Variability Using the Diver's Reflex. *NeuroRegulation*, 8(2), 96–103. <https://doi.org/10.15540/nr.8.2.96>
- Shaffer, F., McCraty, R., & Zerr, C. L. (2014). A healthy heart is not a metronome: An integrative review of the heart's anatomy and heart rate variability. *Frontiers in Psychology*, 5. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.01040>
- Stamatakis, E., Gale, J., Bauman, A., Ekelund, U., Hamer, M., & Ding, D. (2019). Sitting Time, Physical Activity, and Risk of Mortality in Adults. *Journal of the American College of Cardiology*, 73(16), 2062–2072. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2019.02.031>
- Tahira, S. (2021). The Association Between Sports Participation and Physical Fitness. *International Journal of Sport Studies for Health*, 4(2), Article 2. <https://doi.org/10.5812/intjssh-127001>
- Tanaka, H., Monahan, K. D., & Seals, D. R. (2001). Age-predicted maximal heart rate revisited. *Journal of the American College of Cardiology*, 37(1), 153–156. Scopus. [https://doi.org/10.1016/S0735-1097\(00\)01054-8](https://doi.org/10.1016/S0735-1097(00)01054-8)
- Tavoian, D., & Craighead, D. H. (2023). Deep breathing exercise at work: Potential applications and impact. *Frontiers in Physiology*, 14. <https://doi.org/10.3389/fphys.2023.1040091>
- Tiwari, R., Kumar, R., Malik, S., Raj, T., & Kumar, P. (2021). Analysis of Heart Rate Variability and Implication of Different Factors on Heart Rate Variability. *Current Cardiology Reviews*, 17(5), e160721189770. <https://doi.org/10.2174/1573403X16999201231203854>
- Vondrasek, J. D., Riemann, B. L., Grosicki, G. J., & Flatt, A. A. (2023). Validity and Efficacy of the Elite HRV Smartphone Application during Slow-Paced Breathing. *Sensors*, 23(23). Scopus. <https://doi.org/10.3390/s23239496>
- Warburton, D. E. R., Jamnik, V., Bredin, S. S. D., Shephard, R. J., & Gledhill, N. (2018). The 2019 Physical Activity Readiness Questionnaire for Everyone (PAR-Q+) and electronic Physical Activity Readiness Medical Examination (ePARmed-X+): 2019 PAR-Q+. *The Health & Fitness Journal of Canada*, 11(4), Article 4. <https://doi.org/10.14288/hfjc.v11i4.270>
- World Health Organization. (2022). *Physical activity*. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/physical-activity>
- Wu, Z.-J., Wang, Z.-Y., Gao, H.-E., Zhou, X.-F., & Li, F.-H. (2021). Impact of high-intensity interval training on cardiorespiratory fitness, body composition, physical fitness, and

- metabolic parameters in older adults: A meta-analysis of randomized controlled trials. *Experimental Gerontology*, 150, 111345. <https://doi.org/10.1016/j.exger.2021.111345>
- Yang, F., Ma, Y., Liang, S., Shi, Y., & Wang, C. (2024). Effect of Exercise Modality on Heart Rate Variability in Adults: A Systematic Review and Network Meta-Analysis. *Reviews in Cardiovascular Medicine*, 25(1), Article 1. <https://doi.org/10.31083/j.rcm2501009>
- Zinoubi, B., Zbidi, S., Vandewalle, H., Chamari, K., & Driss, T. (2018). Relationships between rating of perceived exertion, heart rate and blood lactate during continuous and alternated-intensity cycling exercises. *Biology of Sport*, 35(1), 29–37. <https://doi.org/10.5114/biolsport.2018.70749>