



Analisis Frekuensi Denyut Jantung Istirahat Pelari dan Bukan Pelari di Kota Padang

Ihsan Otriami¹, Mefri Yannir², Mohamad Reza³, Cimi Ilmiawati⁴

¹ Mahasiswa Program Studi Pendidikan Dokter, Fakultas Kedokteran, Universitas Andalas, Padang, Sumatera Barat

² Bagian Kardiologi dan Kedokteran Vaskular, Program Studi Pendidikan Dokter, Fakultas Kedokteran, Universitas Andalas, Padang, Sumatera Barat

³ Bagian Biologi Kedokteran, Program Studi Pendidikan Dokter, Fakultas Kedokteran, Universitas Andalas, Padang, Sumatera Barat

⁴ Bagian Farmakologi dan Terapi, Program Studi Pendidikan Dokter, Fakultas Kedokteran, Universitas Andalas, Padang, Sumatera Barat

ABSTRACT

Latar Belakang. Olahraga lari semakin populer di Indonesia sebagai olahraga rekreasi maupun kompetisi. Volume latihan per minggu diketahui berhubungan dengan kebugaran kardiorespirasi pelari. Salah satu metode yang mudah untuk menilai kebugaran adalah melalui pengukuran frekuensi denyut jantung istirahat (DJI).

Objektif. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui frekuensi DJI dan korelasinya dengan volume latihan per minggu pada pelari elit, pelari rekreasi dan bukan pelari di kota Padang, Sumatera Barat.

Metode. Penelitian *cross-sectional* ini merekrut 51 subjek secara *purposive sampling* (pelari elit n=16, pelari rekreasi n=15, dan bukan pelari n=20). DJI (denyut per menit [dpm]) diukur menggunakan elektrokardiografi sedangkan volume latihan per minggu (km) diperoleh menggunakan kuesioner elektronik (Google form). Data dianalisis menggunakan uji korelasi Spearman, Mann-Whitney U test, dan *One-Way ANOVA/Kruskal-Wallis*.

Hasil. Penelitian ini menunjukkan bahwa DJI pelari elit lebih rendah dibandingkan pelari rekreasi dan bukan pelari (55,0; 65,2; 73,4 dpm, berturut-turut; p=0,001). Ditemukan korelasi antara volume latihan per minggu dengan frekuensi DJI pada pelari elit yang tidak bermakna secara statistik (Spearman's $r=-0,31$; p=0,25), namun bermakna secara statistik pada pelari rekreasi (Spearman's $r=-0,73$; p=0,002).

Kesimpulan. Pelari elit memiliki kebugaran kardiorespirasi yang paling baik diikuti pelari rekreasi dan bukan pelari. Terdapat korelasi antara volume latihan per minggu dengan frekuensi DJI pada pelari rekreasi, namun tidak pada pelari elit.

Kata kunci : Denyut jantung istirahat, volume latihan, pelari

Background. Running is increasingly popular in Indonesia as a recreational and competitive sport. Training volume per week is known to be associated with the cardiorespiratory fitness of runners. A straightforward method of assessing fitness is by measuring the resting heart rate (RHR).

Objective. This study aimed to analyze the RHR and its correlation with the volume of training per week for eliterunners, recreational runners, and non-runners in the city of Padang, West Sumatera.

Methods. This cross-sectional study recruited 51 subjects by purposive sampling (elite runners n= 16, recreational runners n=15, and non-runners n=20). RHR (beat per minute [bpm]) was measured using electrocardiography, while exercise volume perweek (km) was obtained using an electronic questionnaire (Google form). Data were analyzed using the Spearman correlation test, Mann-Whitney U test, and *One-way ANOVA/Kruskal-Wallis*.

Results. The results of this study indicated that the RHR of elite runners was lower than recreational runners and non-runners (55.0; 65.2; 73.4 bpm, respectively; p = 0.001). The correlation between training volume per week and RHR was not statistically significant in elite runners (Spearman $r=-0.31$; p=0.25), but statistically significant in recreational runners (Spearman $r=-0.73$; p=0.002).

Conclusion. It can be concluded that elite runners have the best cardiorespiratory fitness, followed by recreational runners and non-runners. There is a correlation between weekly training volume and RHR in recreational runners, but not in elite runners.

Keywords: Resting heart rate, training volume, runners

Apa yang ditambahkan pada studi ini?

Terdapat korelasi antara volume latihan dengan frekuensi denyut jantung istirahat pada pelari rekreasi, namun tidak pada pelari elit.

Apa yang sudah diketahui tentang topik ini?

Frekuensi denyut jantung istirahat merupakan parameter yang dapat mengukur kebugaran atlet. Frekuensi denyut jantung istirahat dapat dipengaruhi oleh banyak faktor. Volume latihan per minggu diketahui berhubungan dengan kebugaran kardiorespirasi pelari.

CORRESPONDING AUTHOR

Phone: +62 82283405010

E-mail: [21.ihsanotriami@gmail.com/](mailto:21.ihsanotriami@gmail.com)

ilmiawati@med.unand.ac.id

ARTICLE INFORMATION

Received: December, 24th, 2020

Revised: July 29th, 2021

Available online: July 30th, 2021

Pendahuluan

Olahraga lari semakin populer belakangan ini, baik sebagai olahraga rekreasi maupun sebagai olahraga kompetisi. Di Amerika Serikat, sekitar 60,8 juta pelari berlari secara rutin setiap tahunnya dan lebih dari 10 juta pelari berlari sedikitnya 100 hari dalam setahun.¹ Di London, jumlah pelari meningkat dari 7.000 menjadi 35.000 selama 30 tahun terakhir dan partisipasi dalam lomba lari masal meningkat lebih dari 50% dalam dekade terakhir.² Di Indonesia sendiri belum ada studi yang mendata jumlah pelari, baik pelari profesional maupun pelari rekreasi yang rutin berlari setiap tahunnya. Begitu juga di Sumatera Barat, khususnya di kota Padang, belum ada data mengenai jumlah pelari profesional maupun pelari rekreasi. Pada Electric Jakarta Marathon tahun 2019, terdaftar 16.500 pelari.³ Pada Padang Kuliner Run tahun 2018, lebih dari 1.500 pelari terdaftar.⁴

Seperti halnya atlet lari, sejumlah pelari rekreasi berlatih secara metodis untuk meningkatkan performanya. Parameter esensial yang digunakan untuk menentukan performa pelari secara objektif adalah ambang laktat dan respirasi.⁵ Namun pengukuran ini bersifat invasif, memerlukan alat yang kompleks dan biaya yang mahal, serta tidak semua pelari memiliki akses fasilitas pemeriksaannya. Oleh karena itu, diperlukan metode prediksi performa yang non-invasif, terjangkau dari segi biaya, dan mudah diakses. Parameter denyut jantung dapat digunakan untuk mengukur performa, menentukan intensitas latihan dan memantau latihan pada atlet lari.⁶

Denyut jantung istirahat (DJI) adalah parameter klinis yang mudah diukur dengan nilai khas antara 50 dan 90 denyut per menit (dpm) yang bervariasi dengan penurunan pada waktu malam hari. DJI bisa turun sampai 30 dpm pada mereka dengan kondisi fisik yang baik, tetapi DJI juga dipengaruhi oleh usia, jenis kelamin, berat badan, aktivitas fisik, posisi tubuh, kebiasaan

merokok, konsumsi kafein, suhu lingkungan, asupan nutrisi, dan kecukupan istirahat.⁶

Kecukupan istirahat seorang atlet dapat dilihat dari frekuensi denyut jantungnya.⁷ Atlet yang tidak cukup istirahat memiliki DJI yang cenderung lebih tinggi.⁸ Setelah berlatih atlet menunjukkan DJI yang lebih rendah di dibandingkan bukan pelari dan dapat digunakan untuk memantau perubahan dalam performa atlet sehingga latihan dapat diprogram sesuai respon fisiologis individu atlet untuk memperbaiki performanya.^{8,9} Selain DJI, terdapat parameter denyut jantung lainnya yang dapat digunakan untuk menilai kebugaran dan daya tahan atlet, seperti persentase denyut jantung maksimal, titik defleksi jantung, ambang denyut jantung pemulihan dan variabilitas denyut jantung.¹⁰

Denyut jantung istirahat dapat digunakan untuk kuantifikasi fungsi saraf otonom dan juga dapat menyusun program latihan untuk individu atlet, karena tiap individu memiliki fungsi jantung dan kebugaran yang berbeda.¹¹ DJI dapat diukur dengan menggunakan elektrokardiografi (EKG).¹² Sebuah penelitian di Hungaria yang membandingkan denyut jantung atlet elit dan atlet master yang sehat dengan kontrol yang sehat namun bukan atlet, menemukan atlet elit memiliki DJI yang lebih rendah dari pada kontrol. Namun, DJI atlet elit dan atlet master berbeda signifikan. Jadi, modalitas dan tingkat olahraga akan mempengaruhi DJI, semakin bugar seseorang maka DJI akan semakin turun.¹³

Denyut jantung selain digunakan untuk menilai kebugaran, juga digunakan untuk menilai performa atlet, bisa digunakan untuk menentukan program intensitas latihan pada pelari, baik pelari elit maupun pelari rekreasi untuk mencegah kelelahan atlet.⁶ Parameter ini juga dapat digunakan untuk menilai adaptasi fisiologis denyut jantung pelari elit, pelari rekreasi dibandingkan bukan pelari. Meskipun denyut jantung dapat diukur dengan mudah menggunakan EKG, sayangnya penelitian mengenai hal ini pada pelari masih terbatas di

Indonesia. Oleh karena itu, penulis tertarik meneliti denyut jantung istirahat pada pelari di kota Padang.

Metode

Penelitian ini telah lolos kaji etik oleh Komite Etika Penelitian Fakultas Kedokteran Universitas Andalas dengan nomor 334/KEP/FK/2020. Semua subjek memberikan *informed consent* sebelum menjalankan pemeriksaan.

Jenis penelitian ini bersifat analitik observasional dengan menggunakan desain penelitian *cross-sectional* yang bertujuan untuk mengetahui perbedaan frekuensi DJI (dpm) pelari dan bukan pelari di kota Padang. Penelitian dilakukan terhadap tiga kelompok subjek yaitu, pelari elit (n=16), pelari rekreasi (n=15) dan bukan pelari (n=20) yang direkrut secara *purposive sampling*. Pelari elit adalah subjek yang berlari dengan jarak minimal ≥ 50 km/minggu, frekuensi latihan minimal 10 sesi/minggu, pelari rekreasi adalah subjek yang berlari dengan jarak minimal 15 km/minggu atau minimal tiga kali seminggu, dan bukan pelari subjek yang tidak melakukan olahraga lari dalam kurun waktu 14 hari terakhir dan tidak mengidentifikasi diri sebagai pelari.

Pengukuran frekuensi DJI menggunakan EKG 12 lead (Vi Tech®, VITECH DINAMIKA UTAMA, Jakarta) dengan menggunakan rumus $HR=1500/x$, x=jumlah kotak kecil antara gelombang R yang

satu dengan gelombang setelahnya. Subjek istirahat minimal lima menit sebelum dilakukan pemeriksaan EKG di pagi hari, pada ruangan tenang bersuhu 25°C.

Usia, jenis kelamin, indeks massa tubuh (IMT), pendidikan, kecukupan istirahat (lama tidur pada malam hari sebelum pemeriksaan DJI), status merokok, konsumsi kafein dan volume latihan per minggu (km) diperoleh menggunakan kuesioner yang disebar melalui *Google form*.

Perbedaan karakteristik antar kelompok subjek dianalisis menggunakan *One-Way ANOVA/Kruskal-Wallis*. Perbedaan DJI antar kelompok subjek dianalisis dengan *One-Way ANOVA*. Perbedaan volume latihan antar kelompok dianalisis dengan uji Mann-Whitney U, sedangkan korelasi antara volume latihan per minggu dan DJI dianalisis dengan uji Spearman.

Hasil

Telah dilakukan penelitian pada pelari dan bukan pelari di kota Padang dengan karakteristik subjek disajikan pada Tabel 1. Rerata usia pelari elit lebih muda dibandingkan pelari rekreasi dan bukan pelari. Sebagian besar subjek adalah laki-laki, dan semua subjek memiliki IMT normal. Sebagian besar pelari elit dan bukan pelari berpendidikan SMA, sedangkan pelari rekreasi merupakan lulusan perguruan tinggi. Pelari elit memiliki kecukupan istirahat yang lebih baik dari pelari rekreasi dan bukan pelari.

Tabel 1. Karakteristik pelari elit, pelari rekreasi, dan bukan pelari (n=51)

Karakteristik	Total (n=51)	Kategori			Nilai p
		Pelari elit (n=16)	Pelari rekreasi (n=15)	Bukan pelari (n=20)	
Usia (tahun; rerata±SD)	23,7±5,9	20,8±2,4	27,9±8,2	22,9±3,8	0,046**
Jenis kelamin(n(%))					
Laki-laki	40(78,4)	13(81,2)	11(73,3)	16(80,0)	
Perempuan	11(21,6)	3(18,8)	4(26,7)	4(20,0)	
IMT (kg/m ² ; rerata±SD)	21,8±3,0	20,7±2,5	22,9±3,3	21,7±2,9	0,078*
Pendidikan terakhir (n(%))					
SMP	3(5,9)	4(23,5)	0(0)	0(0)	
SMA	32(62,7)	12(70,6)	5(33,3)	15(75,0)	
PT	16(31,4)	1(5,9)	10(66,7)	5(25,0)	
Kecukupan istirahat (jam; rerat±SD)	6,8±0,8	7,4±0,7	6,7±0,6	6,4±0,6	<0,001**

SD=standar deviasi; IMT=indeks massa tubuh; *One-Way ANOVA; ** Kruskal-Wallis

Tabel 2. Frekuensi denyut jantung istirahat pada pelari elit (n=16), pelari rekreasi (n=15), dan bukan pelari (n=20)

Frekuensi denyut jantung (dpm)	Pelari elit (1)	Pelari rekreasi (2)	Bukan pelari (3)	Nilai p			
				Overall	1 vs. 2	1 vs. 3	2 vs. 3
Rerata	55,0	65,2	73,4				
SD	8,2	9,6	13,8				
Median	55,2	65,0	70,0				
IQR (Q3-Q1)	10,3	16,0	22,5	0,001*	0,041**	0,001**	0,109**
Min	41	52	50				
Max	70	84	98				

Dpm=denyut per menit; *One-Way ANOVA; **Post-hoc Bonferroni; SD=standar deviasi; IQR=interquartile range

Tabel 3. Volume latihan per minggu (km) pada pelari elit dan pelari rekreasi.

Kategori	Volume latihan per minggu (km)						Nilai p
	Rerata	SD	Median	IQR (Q3-Q1)	Min	Max	
Pelari elit (n=16)	85,6	42,9	60,0	87,5	50	150	0,001*
Pelari rekreasi (n=15)	31,5	18,0	25,0	32,0	15	70	

*Mann-Whitney U test; SD=standar deviasi; IQR=interquartile range

Tabel 4. Korelasi antara volume latihan per minggu (km) dan frekuensi denyut jantung istirahat (dpm).

Frekuensi denyut jantung istirahat (dpm)		Volume latihan per minggu (km)	
		Pelari elit	Pelari rekreasi
		Pelari elit (n=16)	*r = -0,31 p = 0,25
Pelari rekreasi (n=15)		*r = -0,73 p = 0,002	

*Uji korelasi Spearman

Berdasarkan Tabel 2, diketahui rerata DJI pelari elit lebih rendah dibandingkan pelari rekreasi dan bukan pelari (55,0 vs. 65,2 vs. 73,4 dpm) dan terdapat perbedaan yang bermakna secara statistik antara pelari elit, pelari rekreasi, dan bukan pelari. Pada uji post-hoc didapatkan bahwa terdapat perbedaan yang bermakna secara statistik antara frekuensi DJI pelari elit dengan pelari rekreasi dan bukan pelari, namun tidak terdapat perbedaan DJI yang bermakna secara statistik antara pelari rekreasi dengan bukan pelari.

Analisis perbedaan volume latihan menunjukkan bahwa rerata volume latihan per minggu pada pelari elit hampir tiga kali lipat lebih tinggi dari pada pelari rekreasi dan perbedaan ini bermakna secara statistik (Tabel 3).

Untuk mengetahui hubungan antara volume latihan per minggu dan frekuensi DJI pada pelari elit dan pelari rekreasi dilakukan uji korelasi Spearman dan hasilnya menunjukkan bahwa terdapat korelasi negatif yang bermakna secara statistik antara volume latihan per minggu

dengan frekuensi DJI pada pelari rekreasi, namun tidak pada pelari elit (Tabel 4).

Pembahasan

Olahraga yang dilakukan secara teratur diketahui dapat menurunkan DJI.¹⁴ Salah satu parameter yang dapat digunakan untuk mengetahui efektifitas latihan adalah dengan menghitung DJI. Penelitian ini menggunakan EKG untuk mengukur frekuensi DJI.¹⁵ Nilai normal denyut jantung adalah 60 hingga 100 dpm untuk usia 18 tahun ke atas.¹⁶ Berdasarkan hasil penelitian, didapatkan rerata frekuensi DJI pelari elit yang lebih rendah dibandingkan pelari rekreasi dan DJI pelari rekreasi lebih rendah dibandingkan bukan pelari. Latihan fisik seperti olahraga lari yang dilakukan dalam waktu yang lama dan berkesinambungan akan menyebabkan peningkatan ukuran jantung berupa penebalan dinding atrium dan ventrikel, terutama pada ventrikel kiri. Meningkatnya volume ventrikel dan kekuatan kontraksi jantung akan menyebabkan peningkatan terhadap volume sekuncup (*stroke*

volume).¹⁷ Dengan meningkatnya *stroke volume*, untuk memenuhi kebutuhan darah yang mengangkut O₂ dan hasil metabolisme lainnya berupa CO₂ dan asam laktat maka tidak dibutuhkan pemompaan jantung dengan frekuensi yang terlalu tinggi. Dengan demikian, pelari dengan volume latihan tinggi memiliki DJI yang rendah.¹⁸

Secara klinis, pelari elit lebih bugar karena pelari elit memiliki rerata DJI yang lebih rendah (bradikardi) yaitu 55 dpm, sedangkan pelari rekreasi lebih bugar dari pada bukan pelari karena rerata DJI pelari rekreasi lebih rendah yaitu 64 dpm, ini mendekati bradikardi. Meskipun frekuensi DJI pada pelari rekreasi dan bukan pelari hanya memiliki selisih 8 dpm, namun setelah dilakukan uji secara statistik perbedaan tersebut dinyatakan bermakna. Standar deviasi DJI pada pelari elit dan pelari rekreasi tidak jauh berbeda, yaitu masing-masing 8,2 dan 9,6. Namun, angka deviasi yang cukup besar terlihat pada kategori bukan pelari yakni sebesar 14,4. Hal ini menunjukkan bahwa sebaran DJI pada kategori subjek pelari elit dan pelari rekreasi bersifat homogen, sedangkan frekuensi denyut jantung istirahat pada bukan pelari bersifat beragam. Ini menunjukkan luasnya perbedaan fisiologi adaptasi jantung dimana beberapa subjek bukan pelari menunjukkan DJI yang mengarah ke kondisi jantung yang tidak bugar. Walaupun tidak terdapat perbedaan yang bermakna secara statistik antara DJI pelari rekreasi dan bukan pelari, terdapat kecenderungan DJI yang lebih rendah pada pelari rekreasi. Hal ini menunjukkan bahwa olahraga yang dilakukan pelari rekreasi berkontribusi pada kebugarannya, sehingga tetap memperoleh manfaat dari larinya.

Pada penelitian ini ditemukan korelasi antara frekuensi DJI dan volume latihan per minggu. Pada pelari rekreasi, namun tidak pada pelari elit. Hal ini dapat disebabkan volume latihan diukur secara subjektif melalui kuesioner sehingga dapat terjadi bias. Dari pengamatan peneliti pelari elit tidak menggunakan aplikasi khusus untuk mencatat volume latihannya, sementara pelari rekreasi selalu menggunakan aplikasi menghitung volume latihan karena pelari rekreasi bergabung dalam komunitas dan sering mengekspos volume latihannya di media sosial. Idealnya volume latihan di ukur secara objektif melalui aplikasi elektronik. Temuan korelasi negatif volume

latihan per minggu dengan frekuensi DJI pada penelitian ini sejalan dengan penelitian terdahulu di Amerika Serikat yang menemukan korelasi negatif antara ketahanan latihan dengan DJI.¹⁹ Hal ini sejalan dengan penelitian di Inggris pada 97 subjek pelari (34 perempuan dan 63 laki-laki) yang menunjukkan volume latihan secara signifikan lebih besar pada pelari elit di bandingkan pelari rekreasi.²⁰ Penelitian di Belgia terhadap pelari pria dan wanita berusia 55 tahun, mendapatkan pengaruh latihan terhadap DJI, selama latihan dan pemulihan lebih terasa dengan intensitas yang lebih tinggi.²¹

Pada subjek penelitian ini volume latihan per minggu pada pelari elit adalah 50-150 km dengan DJI 41-70 dpm, sedangkan volume latihan per minggu pada kategori pelari rekreasi adalah 15-40 km DJI 48-84 dpm. Pelari elit Kenya memiliki volume latihan per minggu yang jauh lebih besar yaitu 180-220 km dengan frekuensi DJI 30-40 dpm, sedangkan pelari rekreasi Kenya memiliki volume latihan per minggu 56-92 km dengan frekuensi DJI 38-52 dpm.²² Jika kita bandingkan dengan pelari elit lainnya di negara Asia seperti Jepang, volume latihan per minggu pelari elit mereka 70-180 km dengan frekuensi DJI 40-60 dpm, sedangkan pelari rekreasi di Jepang memiliki volume latihan per minggu 30-62 km dengan frekuensi DJI sebesar 45-70 dpm.²³ Hal ini menunjukkan bahwa volume latihan per minggu dan frekuensi DJI pelari pada penelitian ini inferior dibandingkan pelari Kenya, namun hampir sama dengan volume latihan dan DJI pelari Jepang.

Simpulan

Dapat disimpulkan terdapat perbedaan frekuensi DJI antara pelari elit, pelari rekreasi dan bukan pelari. Terdapat korelasi negatif antara volume latihan per minggu dengan frekuensi DJI pada pelari rekreasi, namun tidak pada pelari elit.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada semua subjek yang telah sukarela ikut serta dalam penelitian ini. Penulis juga berterimakasih kepada Okmala Miranti Adri, Indah Febranambela Jovie, Zakiaturrahma, dan Andre Zamri yang telah membantu dalam proses pengumpulan data.

Daftar Pustaka

- Husein Abdulsalam. Jogging bisa jadi salah satu latihan fisik untuk menangkal depresi. Diakses dari <https://tirto.id/mau-lari-dari-kenyataan-malah-ketagihan-jogging-cIW8>.
- Lieberman DE, Bramble DM. The evolution of marathon running: capabilities in humans. *Sports Medicine*. 2007; 37(4-5): 288-290.
- Nonie. 16.500 Pelari Ikut Electric Jakarta Marathon 2019. Diakses dari <https://petrominer.com/16-500-pelari-ikut-electric-jakarta-marathon-2019/>.
- Tulus Wijanarko. 1500 Pelari Lomba KulineRun akan Menyusuri Pantai Kota Padang. Diakses dari <https://travel.tempo.co/read/1131348/1500-pelari-lomba-kulinerun-akan-menyusuri-pantai-kota-padang/full&view=ok>.
- Pallarés JG, Morán-Navarro R, Ortega JF, Fernández-Elías V E, Mora-Rodríguez R. Validity and reliability of ventilatory and blood lactate thresholds in well-trained cyclists. *PLoS One*. 2016; 11(9), e0163389. doi:10.1371/journal.pone.0163389
- Buchheit M. Monitoring training status with HR measures: do all roads lead to Rome?. *Frontiers in Physiology*. 2014; 5. doi:10.3389/fphys.2014.00073
- Vesterinen V, Nummela A, Äyrämö S, Laine T, Hynynen E, Mikkola, J., & Häkkinen, K. Monitoring training adaptation with a submaximal running test under field Conditions. *International Journal of Sports Physiology and Performance*. 2016; 11(3): 393-399. doi:10.1123/ijsp.2015-0366
- Daanen H A , Lamberts R P, Kallen V L, Jin A, Van Meeteren N L. Systematic review on heart-rate recovery to monitor changes in training status in athletes. *International Journal of Sports Physiology and Performance*. 2012; 7(3): 251-260. doi:10.1123/ijsp.7.3.251
- Lamberts R P, Swart J, Capostagno B, Noakes T D, & Lambert M I. Heart rate recovery as a guide to monitor fatigue and predict changes in performance parameters. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*. 2010; 20: 449 -457. doi:10.1111/j.16000838.2009.00977.x
- De Assis Pereira P E, Piubelli Carrara V K, Mello Rissato G, Pereira Duarte, J M, Guerra R L, & Silva Marques de Azevedo P H. The relationship between the heart rate deflection point test and maximal lactate steady state. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. 2015; 56: 1 -5.
- Trimmel K, Sacha J, Huikuri HV. Heart rate variability: clinical applications and interaction between HRV and heart rate. Lausanne: Frontiers Media SA. 2015. ISBN 978-2-88919-652-4.
- Poeling CP, Llewellyn TL. The effects of submaximal and maximal exercise on heart rate variability. *International Journal of Exercise Science*. 2019; 12(2): 9-14.
- Kiss O, Sydó N, Vargha P, Vágó H, Czibalmos C, Édes, E, Merkely B. Detailed heart rate variability analysis in athletes. *Clinical Autonomic Research*. 2016; 26(4): 245-252. doi:10.1007/s10286-016-0360-z.
- Reimers AK, Knapp G, Reimers CD. Effects of exercise on the resting heart rate: a systematic review and meta-analysis of interventional studies. *Journal of Clinical Medicine*. 2018; 7: 503.
- Dong JG. The role of heart rate variability in sports physiology. *Experimental and Therapeutic Medicine*. 2016;11(5):1531-1536. doi:10.3892/etm.2016.3104
- Rose ML, VM Oigman G Masjid Fonseca ET. Arterial prehypertension and increased pulse pressure in adolescents: prevalence and related factors. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*. 2006; 87 (1): 46-53.
- Wilmore JH, Costill DL, Kenney WL. *Physiology of Sport and Exercise*. Champaign: Human Kinetics. 2008.
- Pearce EC. *Anatomi dan Fisiologi Untuk Paramedik*. Jakarta: PT Gramedia. 2012.
- Nystoriak MA, Bhatnagar A. Cardiovascular effects and benefits of exercise. *Frontiers in Cardiovascular Medicine*. 2018; 5. doi:10.3389/fcvm.2018.00135.
- Gordon D, Wightman S, Basevitch I, Johnstone J, Espejo-Sanchez C, Beckford C, Merzbach V. Physiological and training characteristics of recreational marathon runners. *Open Access Journal of Sports Medicine*. 2017; 8: 231-241. doi:10.2147/oajsm.s141657.
- Cornelissen VA, Verheyden B, Aubert AE, Fagard RH. Effects of aerobic training intensity on resting, exercise and post-exercise blood pressure, heart rate and heart-rate variability. *Journal of Human Hypertension*. 2009;24(3):175182. doi:10.1038/jhh.2009.51.
- Billat V, Lepretre PM, Heugas AM, Laurence MH, Salim D, Koralsztein JP. Training and bioenergetic characteristics in elite male and female kenyan runners. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2003; 35(2): 297-304. doi:10.1249/01.mss.0000053556.59992.a9
- Motonaga K, Yoshida S, Yamagami F, Kawano T, Takeda E. Estimation of total daily energy expenditure and its components by monitoring the heart rate of Japanese endurance athletes. *Journal of Nutritional Science and Vitaminology*. 2006; 52(5): 360-367. doi:10.3177/jnsv.52.360.