

Peran Aktivitas Fisik dan Sedentary Behavior terhadap VO₂max sebagai Indikator Kebugaran Kardiorespiratori: Literature Review

Ramadhana Komala¹, Wiwi Febriani¹

¹Program Studi Gizi, Fakultas Kedokteran, Universitas Lampung

Abstrak

VO₂max merupakan indikator utama kebugaran kardiorespiratori yang mencerminkan kapasitas maksimal tubuh dalam mengambil, mengangkut, dan memanfaatkan oksigen selama aktivitas fisik. Aktivitas fisik dan *sedentary behavior* merupakan dua faktor perilaku yang berperan penting dalam menentukan tingkat VO₂max dan status kebugaran kardiorespiratori. *Literature review* ini bertujuan untuk menelaah peran aktivitas fisik dan *sedentary behavior* terhadap VO₂max berdasarkan berbagai penelitian yang dipublikasikan dalam satu dekade terakhir. Hasil kajian menunjukkan bahwa aktivitas fisik yang dilakukan secara teratur, terutama aktivitas aerobik dengan intensitas sedang hingga tinggi, mampu meningkatkan VO₂max melalui adaptasi fisiologis pada sistem kardiovaskular, respirasi, dan otot rangka. Sebaliknya, *sedentary behavior* yang tinggi berhubungan dengan penurunan kapasitas aerobik akibat rendahnya aktivitas metabolik otot, berkurangnya fungsi kardiovaskular, dan meningkatnya risiko gangguan metabolik. Berbagai penelitian melaporkan bahwa individu dengan tingkat aktivitas fisik yang tinggi memiliki nilai VO₂max yang lebih baik dibandingkan individu yang kurang aktif, sedangkan durasi sedentari yang panjang berkaitan dengan rendahnya kebugaran kardiorespiratori pada anak-anak, remaja, dewasa, maupun lansia. Selain itu, dampak negatif *sedentary behavior* dapat terjadi secara independen dari aktivitas fisik sehingga individu yang aktif berolahraga tetap berisiko mengalami penurunan kebugaran apabila memiliki waktu duduk yang tinggi. Disimpulkan bahwa peningkatan aktivitas fisik dan pengurangan *sedentary behavior* merupakan strategi penting untuk meningkatkan VO₂max dan kebugaran kardiorespiratori serta mendukung kesehatan jangka panjang.

Kata kunci: Aktivitas fisik, kebugaran kardiorespiratori, literature review, *sedentary behavior*, VO₂max

The Role of Physical Activity and Sedentary Behavior on VO₂max as an Indicator of Cardiorespiratory Fitness: A Literature Review

Abstract

VO₂max is the primary indicator of cardiorespiratory fitness, reflecting the body's maximal capacity to uptake, transport, and utilize oxygen during physical activity. Physical activity and sedentary behavior are two important behavioral factors that influence VO₂max and cardiorespiratory fitness levels. This literature review aimed to examine the role of physical activity and sedentary behavior on VO₂max based on studies published over the last decade. The findings indicate that regular physical activity, particularly moderate-to-vigorous aerobic exercise, improves VO₂max through physiological adaptations in the cardiovascular, respiratory, and skeletal muscle systems. In contrast, high levels of sedentary behavior are associated with reduced aerobic capacity due to decreased muscular metabolic activity, impaired cardiovascular function, and an increased risk of metabolic disorders. Numerous studies have reported that individuals with higher levels of physical activity tend to have greater VO₂max values than those who are less active, whereas prolonged sedentary time is associated with lower cardiorespiratory fitness among children, adolescents, adults, and older adults. Furthermore, the negative effects of sedentary behavior may occur independently of physical activity, indicating that physically active individuals may still experience reduced fitness levels if they spend excessive amounts of time sitting. In conclusion, increasing physical activity and reducing sedentary behavior are essential strategies for improving VO₂max and cardiorespiratory fitness, thereby supporting long-term health and functional capacity.

Keywords: Physical activity, cardiorespiratory fitness, literature review, sedentary behavior, VO₂max

Korespondensi: Ramadhana Komala, S.Gz., M.Si., alamat Jl. Soemantri Brodjonegoro No. 1, HP 082375630936, e-mail ramadhana.komala@fk.unila.ac.id

Pendahuluan

Kebugaran kardiorespiratori merupakan salah satu komponen utama kebugaran fisik yang menggambarkan kemampuan sistem kardiovaskular dan respirasi dalam menyuplai oksigen ke jaringan tubuh selama aktivitas fisik berlangsung.¹ Kebugaran kardiorespiratori berperan penting dalam menentukan kapasitas fungsional individu serta berhubungan erat dengan kesehatan secara keseluruhan.² Berbagai penelitian menunjukkan bahwa

tingkat kebugaran kardiorespiratori yang baik berkaitan dengan penurunan risiko penyakit kardiovaskular, diabetes melitus tipe 2, beberapa jenis kanker, serta mortalitas akibat berbagai penyebab.³ Oleh karena itu, kebugaran kardiorespiratori saat ini tidak hanya dipandang sebagai indikator performa fisik, tetapi juga sebagai parameter kesehatan yang penting dalam praktik klinis dan kesehatan masyarakat.⁴

VO₂max (*maximal oxygen uptake*) merupakan parameter yang paling banyak digunakan untuk menilai kebugaran kardiorespiratori.⁵ VO₂max menggambarkan kapasitas maksimal tubuh dalam mengambil, mengangkut, dan memanfaatkan oksigen selama aktivitas fisik intensitas maksimal.⁶ Nilai VO₂max mencerminkan integrasi fungsi sistem respirasi, sistem kardiovaskular, dan jaringan otot dalam menghasilkan energi secara aerobik.⁷ Individu dengan nilai VO₂max yang tinggi umumnya memiliki kapasitas kerja fisik yang lebih baik dan risiko penyakit kronis yang lebih rendah dibandingkan individu dengan VO₂max rendah.⁸ Bahkan, *American Heart Association* merekomendasikan kebugaran kardiorespiratori sebagai *clinical vital sign* karena kemampuannya dalam memprediksi morbiditas dan mortalitas jangka panjang.⁴

Salah satu faktor yang paling berpengaruh terhadap VO₂max adalah aktivitas fisik.⁹ Aktivitas fisik yang dilakukan secara teratur mampu meningkatkan kemampuan jantung memompa darah, memperbesar volume jantung, meningkatkan kepadatan kapiler otot, serta memperbaiki fungsi mitokondria dalam menghasilkan energi.¹⁰ Adaptasi fisiologis tersebut berkontribusi terhadap peningkatan kapasitas tubuh dalam memanfaatkan oksigen selama aktivitas fisik.¹¹ Berbagai penelitian menunjukkan bahwa individu dengan tingkat aktivitas fisik yang tinggi memiliki kebugaran kardiorespiratori dan nilai VO₂max yang lebih baik dibandingkan individu yang kurang aktif.¹² Selain itu, program latihan aerobik yang dilakukan secara konsisten terbukti mampu meningkatkan VO₂max pada berbagai kelompok usia, mulai dari anak-anak hingga lansia.¹³

Di sisi lain, perkembangan teknologi dan perubahan pola hidup modern telah menyebabkan meningkatnya *sedentary behavior* atau perilaku sedentari di berbagai kelompok populasi.¹⁴ *Sedentary behavior* didefinisikan sebagai aktivitas yang dilakukan dalam posisi duduk, berbaring, atau bersandar dengan pengeluaran energi $\leq 1,5$ MET (*metabolic equivalent task*).¹⁴ Aktivitas seperti bekerja menggunakan komputer, menonton televisi, bermain gawai, serta penggunaan media digital dalam waktu yang lama menyebabkan durasi *sedentary behavior* meningkat secara signifikan dalam beberapa

dekade terakhir.¹⁵ Kondisi tersebut menjadi perhatian global karena berhubungan dengan peningkatan risiko obesitas, sindrom metabolik, penyakit kardiovaskular, dan penurunan kualitas hidup.¹⁶

Penelitian terbaru menunjukkan bahwa *sedentary behavior* tidak hanya berdampak pada kesehatan metabolik, tetapi juga berhubungan dengan penurunan kebugaran kardiorespiratori.¹⁷ Individu yang menghabiskan waktu lebih lama dalam aktivitas sedentari cenderung memiliki kapasitas aerobik yang lebih rendah dibandingkan individu dengan waktu duduk yang lebih sedikit.¹⁸ Bahkan, beberapa penelitian melaporkan bahwa *sedentary behavior* dapat memberikan dampak negatif terhadap kebugaran kardiorespiratori secara independen dari tingkat aktivitas fisik yang dilakukan.¹⁹ Fenomena ini terjadi ketika seseorang memenuhi rekomendasi aktivitas fisik tetapi tetap menghabiskan sebagian besar waktunya dalam perilaku sedentari.²⁰ Kondisi tersebut menunjukkan bahwa peningkatan aktivitas fisik saja mungkin belum cukup untuk mengoptimalkan kebugaran kardiorespiratori apabila tidak disertai dengan pengurangan *sedentary behavior*.²¹

Mengingat aktivitas fisik dan *sedentary behavior* merupakan dua faktor perilaku yang dapat dimodifikasi dan memiliki pengaruh penting terhadap kesehatan, pemahaman mengenai hubungan keduanya dengan VO₂max menjadi sangat relevan.⁹ Berbagai penelitian telah melaporkan hasil yang beragam terkait besarnya kontribusi aktivitas fisik dan *sedentary behavior* terhadap kebugaran kardiorespiratori pada berbagai kelompok usia dan karakteristik populasi.^{12,17} Oleh karena itu, *literature review* ini bertujuan untuk menelaah secara komprehensif bukti ilmiah terkini mengenai peran aktivitas fisik dan *sedentary behavior* terhadap VO₂max sebagai indikator kebugaran kardiorespiratori. Diharapkan hasil kajian ini dapat menjadi dasar ilmiah dalam pengembangan strategi peningkatan aktivitas fisik dan pengurangan perilaku sedentari guna mendukung peningkatan kebugaran dan kesehatan masyarakat secara berkelanjutan.

Aktivitas Fisik dan VO₂max

Aktivitas fisik merupakan salah satu faktor yang paling berpengaruh terhadap

tingkat kebugaran kardiorespiratori dan nilai VO₂max.⁹ VO₂max menggambarkan kapasitas maksimal tubuh dalam mengambil, mengangkut, dan memanfaatkan oksigen selama aktivitas fisik intensitas maksimal.⁵ Individu yang aktif secara fisik umumnya memiliki kebugaran kardiorespiratori yang lebih baik dibandingkan individu yang kurang aktif.¹² Aktivitas fisik yang dilakukan secara teratur mampu meningkatkan kemampuan sistem kardiovaskular dan respirasi dalam memenuhi kebutuhan oksigen selama aktivitas berlangsung.⁹ Oleh karena itu, aktivitas fisik dianggap sebagai salah satu determinan utama kebugaran kardiorespiratori pada berbagai kelompok usia.²²

Peningkatan VO₂max akibat aktivitas fisik terjadi melalui berbagai adaptasi fisiologis pada sistem kardiovaskular. Aktivitas fisik aerobik yang dilakukan secara rutin dapat meningkatkan volume sekuncup (*stroke volume*) dan curah jantung maksimal sehingga distribusi oksigen ke jaringan tubuh menjadi lebih efisien.²³ Adaptasi tersebut memungkinkan tubuh mengantarkan oksigen dalam jumlah yang lebih besar selama aktivitas fisik intensitas tinggi.⁶ Selain itu, latihan fisik juga meningkatkan volume plasma dan kapasitas transport oksigen dalam sirkulasi darah.²⁴ Peningkatan kemampuan sistem kardiovaskular ini merupakan salah satu mekanisme utama yang berkontribusi terhadap peningkatan VO₂max setelah program latihan yang dilakukan secara teratur.⁷

Selain memengaruhi sistem kardiovaskular, aktivitas fisik juga menghasilkan adaptasi pada jaringan otot rangka. Latihan aerobik secara teratur meningkatkan jumlah dan fungsi mitokondria yang berperan dalam produksi energi aerobik.¹¹ Aktivitas fisik juga meningkatkan densitas kapiler pada jaringan otot sehingga proses pengambilan oksigen dari darah menuju sel otot berlangsung lebih efektif.²⁵ Peningkatan aktivitas enzim oksidatif dan kemampuan otot dalam memanfaatkan oksigen akan

meningkatkan kapasitas kerja aerobik tubuh secara keseluruhan.²⁵ Oleh karena itu, peningkatan VO₂max tidak hanya dipengaruhi oleh kemampuan jantung dan paru-paru dalam mengantarkan oksigen, tetapi juga oleh kemampuan jaringan otot dalam menggunakan oksigen tersebut.⁵

Berbagai penelitian menunjukkan adanya hubungan positif antara tingkat aktivitas fisik dan nilai VO₂max. Individu yang melakukan aktivitas fisik dengan intensitas sedang hingga tinggi secara rutin memiliki nilai VO₂max yang lebih tinggi dibandingkan individu yang kurang aktif.¹² Aktivitas fisik yang cukup juga berhubungan dengan peningkatan kebugaran kardiorespiratori pada anak-anak dan remaja.¹² Pada populasi dewasa dan lansia, aktivitas fisik yang dilakukan secara teratur membantu mempertahankan kapasitas aerobik dan memperlambat penurunan VO₂max yang terjadi seiring bertambahnya usia.² Individu yang aktif secara fisik cenderung memiliki kapasitas fungsional yang lebih baik dibandingkan individu yang menjalani gaya hidup sedentari.⁹

Besarnya peningkatan VO₂max dipengaruhi oleh karakteristik aktivitas fisik yang dilakukan, termasuk intensitas, frekuensi, durasi, dan jenis latihan. Latihan aerobik seperti berjalan cepat, jogging, berlari, bersepeda, dan berenang merupakan bentuk aktivitas fisik yang paling sering direkomendasikan untuk meningkatkan kebugaran kardiorespiratori.¹³ Dalam beberapa tahun terakhir, *high-intensity interval training* (HIIT) mendapat perhatian karena mampu meningkatkan VO₂max secara signifikan dalam waktu yang relatif lebih singkat dibandingkan latihan kontinu intensitas sedang.¹³ Hasil meta-analisis menunjukkan bahwa HIIT memberikan peningkatan kapasitas aerobik yang lebih besar pada berbagai kelompok populasi, baik individu sehat maupun individu dengan faktor risiko penyakit kronis.²⁶ Meskipun demikian, pemilihan bentuk aktivitas fisik tetap perlu disesuaikan dengan usia, tingkat kebugaran,

dan kondisi kesehatan masing-masing individu.¹⁵

Secara keseluruhan, aktivitas fisik memiliki peran yang sangat penting dalam meningkatkan dan mempertahankan VO₂max sebagai indikator kebugaran kardiorespiratori.⁹ Berbagai adaptasi fisiologis yang terjadi pada sistem kardiovaskular, respirasi, dan otot rangka berkontribusi terhadap peningkatan kemampuan tubuh dalam mengambil, mengangkut, dan memanfaatkan oksigen selama aktivitas fisik.^{22,23} Hubungan positif antara aktivitas fisik dan VO₂max telah dibuktikan secara konsisten pada berbagai kelompok usia dan tingkat kebugaran.⁸ Oleh karena itu, peningkatan aktivitas fisik secara teratur menjadi salah satu strategi utama yang direkomendasikan untuk meningkatkan kebugaran kardiorespiratori serta mendukung kesehatan jangka panjang.^{9,15}

Sedentary Behavior dan VO₂max

Sedentary behavior merupakan perilaku dengan pengeluaran energi yang sangat rendah, yaitu $\leq 1,5$ MET (*metabolic equivalent task*), yang dilakukan dalam posisi duduk, berbaring, atau bersandar saat terjaga.¹⁴ Dalam beberapa dekade terakhir, *sedentary behavior* meningkat secara signifikan akibat perkembangan teknologi, serta perubahan pola kerja dan aktivitas sehari-hari.¹⁵ Aktivitas seperti bekerja menggunakan komputer, menonton televisi, bermain gawai, dan penggunaan media digital dalam waktu lama menyebabkan masyarakat menghabiskan sebagian besar waktunya dalam posisi duduk.¹⁴ *World Health Organization* menempatkan *sedentary behavior* sebagai salah satu faktor risiko penting yang berkontribusi terhadap berbagai masalah kesehatan global.¹⁵ Oleh karena itu, perhatian terhadap dampak *sedentary behavior* terhadap kebugaran kardiorespiratori semakin meningkat dalam beberapa tahun terakhir.²⁷

Berbagai penelitian menunjukkan bahwa *sedentary behavior* berhubungan dengan kebugaran kardiorespiratori dan nilai

VO₂max yang rendah.¹⁷ Individu yang menghabiskan lebih banyak waktu untuk duduk cenderung memiliki kapasitas aerobik yang lebih rendah dibandingkan individu yang lebih aktif bergerak sepanjang hari.¹⁸ Studi observasional menunjukkan bahwa durasi *sedentary behavior* yang tinggi berkaitan dengan penurunan kemampuan sistem kardiovaskular dalam mendukung aktivitas fisik yang membutuhkan penggunaan oksigen secara optimal.²⁸ Selain itu, *sedentary behavior* yang berlangsung dalam jangka panjang berhubungan dengan peningkatan risiko obesitas, hipertensi, dan gangguan metabolik yang secara tidak langsung dapat memengaruhi kebugaran kardiorespiratori.²⁹ Kondisi tersebut menjadikan *sedentary behavior* sebagai salah satu faktor penting yang perlu diperhatikan dalam upaya mempertahankan VO₂max.³⁰

Hubungan antara *sedentary behavior* dan VO₂max dapat dijelaskan melalui berbagai mekanisme fisiologis. Perilaku sedentari yang berkepanjangan menyebabkan berkurangnya kontraksi otot rangka sehingga aktivitas metabolik otot menurun.³¹ Penurunan aktivitas otot tersebut dapat mengurangi aktivitas enzim yang berperan dalam metabolisme lipid dan glukosa serta menurunkan sensitivitas insulin.³² Selain itu, *sedentary behavior* juga dikaitkan dengan penurunan fungsi mitokondria dan kapasitas oksidatif otot yang berperan penting dalam produksi energi aerobik.³³ Kondisi ini menyebabkan kemampuan tubuh dalam memanfaatkan oksigen menjadi kurang optimal sehingga kapasitas aerobik dan nilai VO₂max dapat mengalami penurunan.³⁴

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa dampak negatif *sedentary behavior* terhadap kebugaran kardiorespiratori dapat terjadi secara independen dari aktivitas fisik.¹⁹ Individu yang telah memenuhi rekomendasi aktivitas fisik mingguan masih dapat mengalami dampak kesehatan yang merugikan apabila sebagian besar waktunya dihabiskan dalam aktivitas sedentari.²⁰ Hasil penelitian

menunjukkan bahwa individu dengan pola sedentary memiliki risiko lebih tinggi mengalami gangguan metabolik dan penurunan kebugaran kardiorespiratori dibandingkan mereka yang lebih sering melakukan aktivitas ringan selama waktu luangnya.³⁵ Temuan ini menunjukkan peningkatan aktivitas fisik belum tentu mampu menghilangkan seluruh dampak negatif dari *sedentary behavior* yang berlebihan.³⁶

Hubungan negatif antara *sedentary behavior* dan VO₂max telah dilaporkan pada berbagai kelompok usia. Pada anak-anak dan remaja, *screen time* yang tinggi berhubungan dengan kebugaran kardiorespiratori dan performa aerobik yang rendah.³⁷ Individu yang menghabiskan waktu lebih lama untuk menonton televisi atau menggunakan perangkat digital cenderung memiliki nilai VO₂max yang lebih rendah dibandingkan mereka yang memiliki waktu layar lebih sedikit.³⁷ Pada populasi dewasa, durasi duduk yang panjang selama bekerja maupun waktu luang juga dikaitkan dengan rendahnya kapasitas aerobik dan meningkatnya risiko penyakit kardiovaskular.¹⁸ Sementara itu, pada lansia, *sedentary behavior* yang tinggi berhubungan dengan penurunan fungsi fisik, berkurangnya kapasitas aktivitas sehari-hari, dan percepatan penurunan kebugaran kardiorespiratori.³⁸ Temuan-temuan tersebut menunjukkan bahwa dampak *sedentary behavior* terhadap VO₂max dapat terjadi sepanjang rentang kehidupan.³⁹

Secara keseluruhan, *sedentary behavior* merupakan faktor yang berkontribusi terhadap penurunan VO₂max dan kebugaran kardiorespiratori.¹⁷ Waktu sedentari yang tinggi dapat mengurangi aktivitas metabolik otot, menghambat berbagai adaptasi fisiologis yang mendukung kapasitas aerobik, serta meningkatkan risiko berbagai penyakit kronis yang berhubungan dengan rendahnya kebugaran kardiorespiratori.^{16, 31} Bukti ilmiah menunjukkan bahwa sedentary behavior dapat memberikan dampak negatif bahkan pada individu yang telah memenuhi rekomendasi

aktivitas fisik.¹⁹ Oleh karena itu, strategi peningkatan kebugaran kardiorespiratori sebaiknya tidak hanya berfokus pada peningkatan aktivitas fisik, tetapi juga pada pengurangan waktu sedentari dalam kehidupan sehari-hari.^{21, 40}

Simpulan

Aktivitas fisik dan *sedentary behavior* merupakan dua faktor perilaku yang memiliki pengaruh penting terhadap VO₂max sebagai indikator utama kebugaran kardiorespiratori. Aktivitas fisik yang dilakukan secara teratur, terutama aktivitas aerobik dengan intensitas sedang hingga tinggi, terbukti mampu meningkatkan VO₂max melalui berbagai adaptasi fisiologis pada sistem kardiovaskular, respirasi, dan otot rangka, termasuk peningkatan curah jantung, kapasitas transport oksigen, densitas kapiler, serta fungsi mitokondria. Sebaliknya, *sedentary behavior* yang tinggi berhubungan dengan penurunan kapasitas aerobik akibat rendahnya aktivitas metabolik otot, berkurangnya stimulasi fisiologis sistem kardiovaskular, serta meningkatnya risiko gangguan metabolik dan penyakit kronis. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa individu dengan tingkat aktivitas fisik yang tinggi cenderung memiliki VO₂max yang lebih baik, sedangkan individu dengan durasi sedentari yang panjang memiliki kebugaran kardiorespiratori yang lebih rendah. Dampak negatif *sedentary behavior* bahkan dapat terjadi secara independen dari aktivitas fisik, sehingga seseorang yang aktif berolahraga tetap berisiko mengalami penurunan kebugaran apabila menghabiskan sebagian besar waktunya dalam posisi duduk. Oleh karena itu, upaya meningkatkan kebugaran kardiorespiratori tidak hanya memerlukan peningkatan aktivitas fisik secara teratur, tetapi juga pengurangan *sedentary behavior* dalam kehidupan sehari-hari guna mendukung kesehatan dan kapasitas fungsional tubuh secara optimal.

Daftar Pustaka

1. Ross R, Blair SN, Arena R, et al. 2016. Importance of assessing cardiorespiratory fitness in clinical practice: A case for fitness as a clinical vital sign. *Circulation*. 134(24):e699.
2. Lee DC, Lavie CJ, Blair SN. 2016. Cardiorespiratory fitness and healthy aging. *Journal of Internal Medicine*. 281(6):635–644.
3. Kodama S, Saito K, Tanaka S, et al. 2009. Cardiorespiratory fitness as a quantitative predictor of all-cause mortality and cardiovascular events: A meta-analysis. *JAMA*. 301(19):2024–2035.
4. Lavie CJ, Arena R, Kaminsky LA, et al. 2019. Cardiorespiratory fitness as a vital sign in patients with cardiovascular disease. *Current Problems in Cardiology*. 44(3):77–109.
5. Bassett DR, Howley ET. 2000. Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 32(1):70–84.
6. Poole DC, Jones AM. 2017. Measurement of the maximum oxygen uptake VO₂max: VO₂peak is no longer acceptable. *Journal of Applied Physiology*. 122(4):997–1002.
7. Joyner MJ, Coyle EF. 2008. Endurance exercise performance: The physiology of champions. *Journal of Physiology*. 586(1):35–44.
8. Laukkanen JA, Isozozor NM, Kunutsor SK. 2022. Objectively assessed cardiorespiratory fitness and all-cause mortality risk. *Mayo Clinic Proceedings*. 97(6):1055–1063.
9. Warburton DER, Bredin SSD. 2017. Health benefits of physical activity: A systematic review of current systematic reviews. *Current Opinion in Cardiology*. 32(5):541–556.
10. Booth FW, Roberts CK, Laye MJ. 2012. Lack of exercise is a major cause of chronic diseases. *Comprehensive Physiology*. 2(2):1143–1211.
11. Granata C, Jamnick NA, Bishop DJ. 2018. Principles of exercise prescription, and how they influence exercise-induced changes of transcription factors and other regulators of mitochondrial biogenesis. *Sports Medicine*. 48(7):1541–1559.
12. Ortega FB, Ruiz JR, Castillo MJ, Sjöström M. 2008. Physical fitness in childhood and adolescence: A powerful marker of health. *International Journal of Obesity*. 32(1):1–11.
13. Milanović Z, Sporiš G, Weston M. 2015. Effectiveness of high-intensity interval training versus moderate-intensity continuous training on cardiorespiratory fitness: A systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*. 45(10):1469–1481.
14. Tremblay MS, Aubert S, Barnes JD, et al. 2017. Sedentary Behavior Research Network (SBRN) – terminology consensus project process and outcome. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*. 14(1):75.
15. World Health Organization. 2020. WHO Guidelines on Physical Activity and Sedentary Behaviour. Geneva: World Health Organization.
16. Owen N, Healy GN, Matthews CE, Dunstan DW. 2010. Too much sitting: The population health science of sedentary behavior. *Exercise and Sport Sciences Reviews*. 38(3):105–113.
17. Prince SA, Dempsey PC, Reed JL, et al. 2024. The effect of sedentary behaviour on cardiorespiratory fitness: A systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*. 54(4):997–1013.
18. Kulinski JP, Khera A, Ayers CR, et al. 2014. Association between cardiorespiratory fitness and accelerometer-derived physical activity and sedentary time. *Mayo Clinic Proceedings*. 89(8):1063–1071.
19. Ekelund U, Steene-Johannessen J, Brown WJ, et al. 2016. Does physical activity attenuate, or even eliminate, the detrimental association of sitting time with mortality? *The Lancet*. 388(10051):1302–1310.
20. Owen N, Sparling PB, Healy GN, Dunstan DW, Matthews CE. 2010. Sedentary behavior: Emerging evidence for a new health risk. *Mayo Clinic Proceedings*. 85(12):1138–1141.
21. Saunders TJ, Mclsaac T, Douillette K, et al. 2020. Sedentary behaviour and health in adults: An overview of systematic reviews. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*. 45(S2):S217.
22. Blair SN, Cheng Y, Holder JS. 2001. Is physical activity or physical fitness more important in defining health benefits? *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 33(6):S399.
23. Hellsten Y, Nyberg M. 2016. Cardiovascular adaptations to exercise training. *Comprehensive Physiology*. 6(1):1–32.

24. Convertino VA. 2007. Blood volume response to physical activity and inactivity. *American Journal of the Medical Sciences*. 334(1):72–79.
25. Hoppeler H, Vogt M. 2001. Muscle tissue adaptations to endurance training. *Journal of Experimental Biology*. 204(18):3133–3139.
26. Weston M, Taylor KL, Batterham AM, Hopkins WG. 2014. Effects of low-volume high-intensity interval training versus moderate-intensity continuous training on fitness in adults: A meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*. 48(16):1227–1234.
27. Tremblay MS, Colley RC, Saunders TJ, Healy GN, Owen N. 2010. Physiological and health implications of a sedentary lifestyle. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*. 35(6):725–740.
28. Kulinski JP, Khera A, Ayers CR, et al. 2014. Association between cardiorespiratory fitness and accelerometer-derived physical activity and sedentary time. *Mayo Clinic Proceedings*. 89(8):1063–1071.
29. Owen N, Healy GN, Matthews CE, Dunstan DW. 2010. Too much sitting: The population health science of sedentary behavior. *Exercise and Sport Sciences Reviews*. 38(3):105–113.
30. Biswas A, Oh PI, Faulkner GE, et al. 2015. Sedentary time and its association with risk for disease incidence, mortality, and hospitalization in adults: A systematic review and meta-analysis. *Annals of Internal Medicine*. 162(2):123–132.
31. Hamilton MT, Healy GN, Dunstan DW, Zderic TW, Owen N. 2008. Too little exercise and too much sitting: Inactivity physiology and the need for new recommendations on sedentary behavior. *Current Cardiovascular Risk Reports*. 2(4):292–298.
32. Zderic TW, Hamilton MT. 2006. Physical inactivity amplifies the sensitivity of skeletal muscle to the lipid-induced downregulation of lipoprotein lipase activity. *Journal of Applied Physiology*. 100(1):249–257.
33. Booth FW, Roberts CK, Thyfault JP, Rueggsegger GN, Toedebusch RG. 2017. Role of inactivity in chronic diseases: Evolutionary insight and pathophysiological mechanisms. *Physiological Reviews*. 97(4):1351–1402.
34. Bankoski A, Harris TB, McClain JJ, et al. 2011. Sedentary activity associated with metabolic syndrome independent of physical activity. *Diabetes Care*. 34(2):497–503.
35. Ekelund U, Steene-Johannessen J, Brown WJ, et al. 2016. Does physical activity attenuate, or even eliminate, the detrimental association of sitting time with mortality? *The Lancet*. 388(10051):1302–1310.
36. Carson V, Hunter S, Kuzik N, et al. 2016. Systematic review of sedentary behaviour and health indicators in school-aged children and youth. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*. 41(6):S265.