



Global Journal Sport Science

<https://jurnal.sainsglobal.com/index.php/gjss>

Volume 4, Nomor 2 April 2026

e-ISSN: 3089-5405

DOI.10.35458

Miokin yang Diinduksi Olahraga dan Adaptasi Metabolik: Sistematis Literatur Review

Andi Sri Dewi Anggraeni M¹ *, Sarifin G¹, Nana Aulia Massakuta¹, Mariyal Qibtiyah¹, Irfan Yunus²

¹ Jurusan Fisioterapi, Fakultas Ilmu Keolahragaan dan Kesehatan, Universitas Negeri Makassar, Indonesia

² Jurusan Pendidikan Jasmani, Kesehatan, dan Rekreasi, Fakultas Ilmu Keolahragaan dan Kesehatan, Universitas Negeri Makassar, Indonesia

* E-mail: a.sri.dewi.anggraeni@unm.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mensintesis bukti mengenai efek latihan fisik terhadap respons miokin dan hubungannya dengan adaptasi metabolik. Metode: Pencarian literatur dilakukan di basis data PubMed untuk artikel yang diterbitkan antara Januari 2016 hingga Mei 2026. Studi yang memenuhi syarat meliputi *Randomized Controlled Trial* (RCT), *Clinical Trial*, dan *Quasi-experimental study* yang melibatkan partisipasi manusia, intervensi latihan atau rehabilitasi, penilaian miokin spesifik, dan hasil metabolik. Seleksi studi dilakukan menggunakan perangkat lunak Rayyan. Setelah tahap identifikasi, penyaringan, dan penilaian teks lengkap, data dirangkum dalam tabel sintesis. Hasil: Dua belas studi memenuhi kriteria inklusi. Temuan menunjukkan bahwa intervensi latihan memodulasi beberapa miokin, khususnya IL-6, irisin, myostatin, dan Klotho. Perubahan ini dikaitkan dengan peningkatan parameter metabolik, termasuk sensitivitas insulin, regulasi glukosa, komposisi tubuh, kapasitas aerobik, fungsi mitokondria, dan kesehatan kardiovaskular. Beberapa penelitian juga melaporkan penurunan biomarker inflamasi dan perbaikan indeks sindrom metabolik dan jalur metabolisme neuroprotektif. Kesimpulan: Olahraga fisik menginduksi perubahan yang menguntungkan pada profil miokin yang berkontribusi pada adaptasi metabolik di berbagai populasi.

Kata Kunci: Latihan, Miokin, Adaptasi metabolik.

PENDAHULUAN

Latihan fisik dikenal sebagai intervensi non-farmakologis yang efektif dalam meningkatkan kesehatan dan mencegah berbagai penyakit. Berbagai mekanisme yang terlibat dalam latihan dapat dijelaskan oleh perubahan fisiologis dan adaptasi metabolik, seperti pelepasan miokin. Miokin disekresikan sebagai respons terhadap kontraksi otot rangka selama latihan teratur dan memainkan peran kunci dalam mencegah atau mengurangi penyakit yang berkaitan dengan penuaan, seperti demensia, obesitas, diabetes, dan penyakit kardiovaskular serta metabolik (Kwon et al., 2020). Miokin berperan dalam pengaturan metabolisme lipid yang berkaitan dengan olahraga (Charlotte et al., n.d.).

Miokin seperti interleukin-6 (IL-6) di otot dapat memengaruhi penyerapan glukosa dan oksidasi lemak (Charlotte et al., n.d.). Selain itu, miokin seperti irisin, faktor neurotropik turunan otak (BDNF), faktor pertumbuhan fibroblast-21 (FGF-21), dan miostatin berperan dalam mengatur metabolisme glukosa, oksidasi lemak, biogenesis mitokondria, sensitivitas insulin, dan proses inflamasi (Sciences, 2026). Miokin memodulasi aktivitas metabolisme otot melalui mekanisme autokrin, dan terlibat dalam

pengaturan metabolisme jaringan seperti hati, pankreas, dan jaringan adiposa melalui jalur parakrin dan endokrin (Pedersen & Febbraio, 2008). Otot rangka menunjukkan plastisitas yang kuat, dengan fungsi metabolisme yang beradaptasi dengan cepat terhadap berbagai intensitas latihan, kadar nutrisi dan hormone (Pedersen & Febbraio 2008). Dengan demikian, otot rangka dapat bereaksi terhadap peningkatan kebutuhan atau perubahan kondisi nutrisi dengan pengaturan dinamis proses biologis seperti homeostasis glukosa dan metabolisme lipid. Mekanisme autokrin miokin memungkinkan otot rangka untuk mengontrol pertumbuhan, perkembangan, dan proses regenerasinya sendiri (Gu et al., 2026).

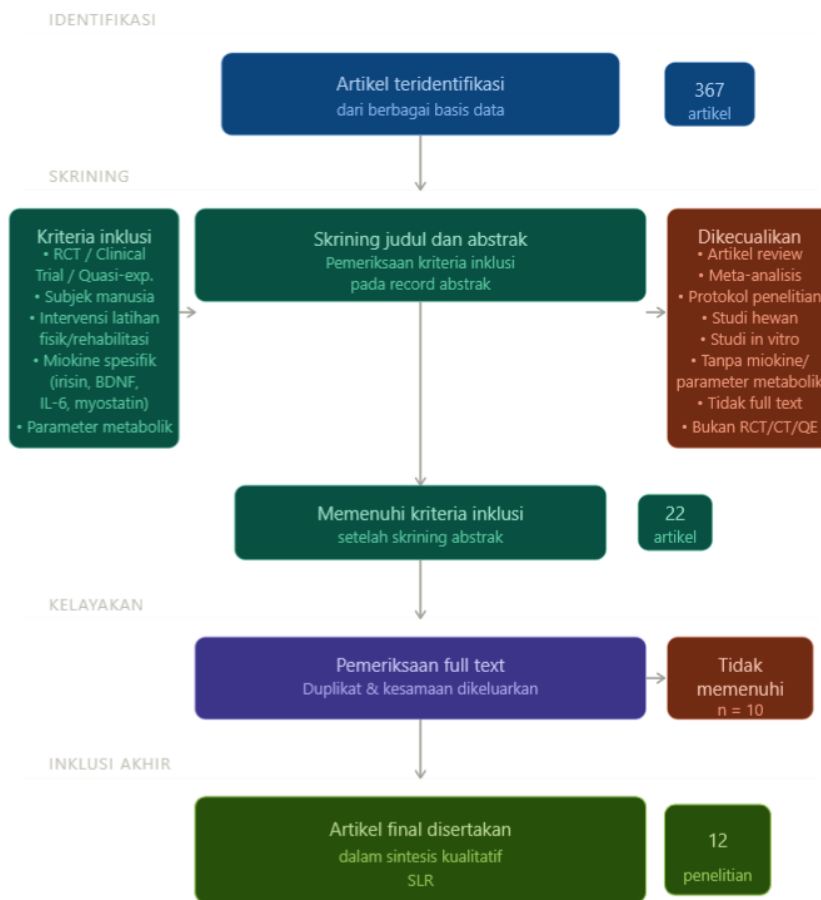
Selama latihan fisik, terjadi peningkatan kebutuhan bahan bakar energi otot. Penyediaan berbagai bahan bakar untuk latihan (yaitu, fosfokreatin, karbohidrat, dan lipid) diatur oleh interaksi beberapa hormon endokrin, yaitu insulin, glukagon, katekolamin, hormon pertumbuhan (GH), dan kortisol (Mccarthy et al., 2022). Diketahui bahwa kadar ATP seluler di berbagai otot agak terbatas; sehingga tidak mampu mendukung kontraksi otot permanen. Oleh karena itu, beberapa jalur bioenergetik harus digunakan untuk terus memasok ATP termasuk glikolisis (anaerobik) dan/atau fosforilasi oksidatif mitokondria (aerobik) (Kuznetsov et al., 2025) mekanisme penyediaan ATP untuk kontraksi otot membutuhkan sistem seluler yang sangat terorganisir baik dalam jalur glikolisis maupun fosforilasi oksidatif (OxPhos). Jalur-jalur ini tidak hanya diatur dengan ketat, tetapi juga saling terhubung, dan penghambatan OxPhos mengaktifkan glikolisis, sedangkan peningkatan ketersediaan asam lemak dan glukosa ke mitokondria selama olahraga menurunkan pemanfaatan glikogen otot dan glikolisis (Kuznetsov et al., 2025) Sekresi hormon sebagai respons terhadap berbagai bentuk latihan sangat penting dalam memobilisasi substrat metabolik yang sesuai untuk pasokan bahan bakar, menyesuaikan fungsi kardiovaskular, dan mengatur keseimbangan air dan elektrolit. Dengan latar belakang potensi genetik, latihan keras selama bertahun-tahun dapat menghasilkan adaptasi kardiovaskular, metabolik, dan neuroendokrin yang mendorong adaptasi terhadap tingkat kinerja olahraga yang baru (Mccarthy et al., 2022). Banyak hormon endokrin penting dalam memulai dan mengatur adaptasi yang diinduksi pelatihan yang terjadi di berbagai organ (Stugiewicz et al., n.d.)

Meskipun sejumlah penelitian telah menunjukkan bahwa latihan fisik dapat memengaruhi kadar miokin dan berbagai parameter metabolik, kajian yang secara komprehensif membahas keterkaitan antara respons miokin akibat latihan fisik dengan adaptasi metabolik masih terbatas. Oleh karena itu, tinjauan sistematis ini dilakukan untuk mengumpulkan, menelaah, dan mensintesis bukti ilmiah mengenai perubahan miokin yang dipicu oleh latihan fisik serta hubungannya dengan adaptasi metabolik yang mendasari manfaat latihan dalam praktik rehabilitasi.

METODE

Penelitian ini merupakan systematic literatur review dengan mekanisme pencarian literatur yang dilakukan pada tanggal 29 Mei 2026 melalui database *PubMed* dengan rentang publikasi Januari 2016 hingga Mei 2026. Dengan pencarian kata kunci yang berkaitan dengan terapi latihan, rehabilitasi, miokin, dan metabolisme, yaitu: ("*Exercise Therapy*" OR "*Rehabilitation*" OR *exercise therapy* OR *rehabilitation*) AND (irisin OR IL-6 OR myostatin) AND (*metabolism* OR "*energy metabolism*" OR *mitochondrial* OR "*mitochondrial biogenesis*" OR "*insulin sensitivity*").

Seleksi artikel dilakukan melalui tahapan identifikasi, screening judul dan abstrak, serta penilaian full text berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi. Seluruh artikel yang diperoleh diekspor dalam format NBIB dan diimpor ke RAYYAN untuk proses identifikasi duplikasi dan seleksi artikel. Data yang digunakan meliputi karakteristik studi, populasi, jenis intervensi, dan hasil utama penelitian. Selanjutnya, hasil penelitian dianalisis secara naratif dan disajikan dalam bentuk tabel sintesis untuk menggambarkan hubungan antara latihan fisik, respons miokin, dan adaptasi metabolik pada populasi rehabilitasi. Alur penelitian ditampilkan pada gambar 1.



Gambar 1. Alur pencarian data

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebanyak 12 studi memenuhi kriteria inklusi sehingga dianalisis dalam review ini. Penelitian ini menyajikan penelitian dengan populasi meliputi individu sehat dengan kebiasaan sedentary, atlet terlatih dan amatir, Wanita obesitas dan memiliki resistensi insulin, remaja obesitas. Pasien dengan depresi imunometabolik (IMD), pasien dengan depressive disorder, bipolar disorder and, schizophrenia and with comorbid OB dan lansia sehat. Intervensi yang dilakukan termasuk terapi lari, Latihan resistensi, *aerobic* (AE) and *resistance exercise* (RE), sprint intensitas moderate, Moderate intensity training (MIT), Latihan sprint, Latihan fisik intensitas tinggi, *Deep Water Running* (DWR), Perendaman subjek dalam air pada suhu 39°C selama 1 jam (HWI), beristirahat selama 1 jam pada suhu lingkungan (AMB). Selanjutnya, periode intervensi selama 2 minggu, yang terdiri dari 10 sesi perendaman air panas (INT) dan suplementasi seperti urolithin A, simvastatin dan asam amino esensial taurine.

Tabel 1. Temuan Studi Mengenai Respons Miokin dan Adaptasi Metabolik yang Diinduksi oleh Latihan Fisik

No.	Penulis	Sampel	Study design	Intervensi	Temuan
1.	Vreijling SR, et al. 2025	Pasien dengan depresi imunometabolik (IMD)	<i>Clinical trial</i>	16 pekan terapi lari dan kelompok yang menggunakan obat antidepresan seperti escitalopram/sertraline	terapi lari menurunkan indeks sindrom metabolik dan indeks <i>Immunometabolic depression</i> Meskipun tidak berbeda secara signifikan secara statistik dalam

				perubahan tingkan keparahan energy-related symptom (AES), indeks inflamasi, dan metabolit PC1, terdapat tren yang konsisten menuju peningkatan yang lebih besar dengan terapi lari di seluruh hasil dibandingkan penggunaan antidepresan (Vreijling et al., 2025)
2	Zhao et al. 2024	Atlet pria terlatih.	RCT	Dua puluh atlet pria yang terlatih dalam latihan beban selama 8 minggu. Peserta diberi suplemen 1 g Urolithin A setiap hari.
				Kelompok sulementasi Urolithin A (UA) menunjukkan penurunan pada penanda degradasi protein otot serta perbaikan pada CRP. Terjadi perubahan signifikan pada kadar CRP dibandingkan sebelum intervensi. Sementara kadar IL-6 dan aktivitas SOD tidak mengalami perubahan yang bermakna (Zhao et al., 2024)
3	Middelbeek RJW et al. 2021	Pria sehat yang kurang aktif (sedentari)	RCT	<i>Moderate intensity training</i> (MIT) : 6 sesi (2 minggu latihan ergometer sepeda pada 60% VO(2peak)), secara bertahap meningkat dari 40 menjadi 60 menit atau <i>sprint intensity training</i> (SIT): 6 sesi selama 2 minggu sebanyak 6 × 30 detik .
				Terjadi penurunan biomarker inflamasi dan regulasi metabolik (IL-6, HGF, dan leptin). Kelompok MIT meningkatkan kadar MCP-1 serta Klotho yang tidak terjadi pada kelompok SIT. Kedua protokol pelatihan tersebut sama-sama meningkatkan VO(2peak) dan menurunkan persentase lemak serta lemak visceral. Program pelatihan MIT dan SIT sama-sama mengurangi konsentrasi IL-6, Faktor Pertumbuhan Hepatosit (HGF) dan Leptin (Middelbeek et al., 2021)
4.	Batitucci et al. 2019	Wanita obesitas dengan gaya hidup kurang gerak/ sedentari	RCT	latihan fisik intensitas tinggi, <i>Deep Water Running</i> (DWR), selama 8 minggu, 3 kali/minggu, selama 50 menit per sesi latihan, dengan detak jantung maksimum 70-85%. Yang dibagi
				DWR meningkatkan laju metabolisme istirahat (RMR) secara independen dari suplementasi dan kadar irisin menunjukkan perbedaan signifikan hanya pada GTAU dalam 1 jam setelah latihan (Batitucci et al., 2019)

			menjadi kelompok yang dilatih dan ditambah dengan plasebo (3 g pati), dan Latihan yang mendapatkan taurin (GTAU)	
5.	Wang X, Yan K, Wen C and Wang J (2022)	Pasien dengan CHF (<i>Chronic heart failure</i> /Gagal jantung kronis)	RCT Kelompok kontrol (CNG) yang suplementasi simvastatin, dan kelompok intervensi (IG) menerima suplementasi simvastatin ditambah latihan beban selama 6 bulan.	<i>Diastolic interventricular septal thickness (IVST), left ventricular ejection fraction (LVEF), left ventricular end-diastolic diameter (LVDD), and level serum CRP, galectin-3, IL-6N-terminal-probrain natriuretic peptide (NT-proBNP), high-sensitivity cardiac troponin T (hs-cTnT), and heart-type fatty acid-binding protein (H-FABP)</i> I menurun di kedua kelompok dan lebih rendah di kelompok intervensi (IG) dibandingkan dengan kelompok kontrol (CNG), sedangkan tingkat ekspresi relatif mRNA LVEF, JAK, dan STAT3, serta intensitas fluoresensi MMP limfosit darah tepi lebih tinggi di kelompok IG dibandingkan dengan kelompok CNG (Wang et al., 2022)
6.	LeBlancanc Blizzard et al 2017	Remaja obesitas	<i>Clinical trial</i> Remaja obesitas melakukan latihan aerobik (AE) dan latihan beban (RE) akut selama 45 menit. Pelatihan RE selama 6 minggu, dilakukan selama 45 menit, tiga kali seminggu dengan intensitas 60-65% dari 1RM.	Irisin meningkat secara signifikan selama latihan AE, tetapi tidak signifikan selama sesi RE. Perubahan absolut dan relatif irisin selama latihan AE berhubungan dengan perubahan absolut dan relatif sensitivitas irisin setelah intervensi RE selama 6 minggu (Leblanc et al., 2017)
7.	Hoekstra SP et al. 2018	Pria yang kurang aktif/sedentari dan kelebihan berat badan (<i>overweight</i>)	<i>Clinical trial</i> Intervensi berupa perendaman dalam air suhu 39°C selama 1 jam dilanjutkan dengan istirahat selama 1 jam pada suhu lingkungan. Selanjutnya, periode intervensi	Perendaman air panas menyebabkan peningkatan akut IL-6 dan nitrit plasma dibandingkan kondisi control. Tidak ditemukan perubahan pada ekspresi iHsp72 setelah paparan akut. Setelah intervensi jangka panjang, terjadi penurunan kadar glukosa

				selama 2 minggu, yang terdiri dari 10 sesi perendaman air panas	puasa, insulin puasa, dan eHsp72 dibandingkan kelompok kontrol, sementara ekspresi iHsp72 saat istirahat tetap tidak berubah (Hoekstra et al., 2018)
8.	Karolkiewicz J. et al 2024	Wanita yang baru didiagnosis menderita resistensi insulin.	RCT	Kelompok pelatihan melakukan latihan sirkuit yang menggabungkan latihan kekuatan (50%-80% dari satu repetisi maksimum) dan daya tahan (50%-75% dari cadangan denyut jantung) selama 3 bulan, tiga sesi 33 menit setiap minggu.	Pola perubahan kadar IL-6 serum berbeda secara signifikan antar kelompok. Pola perubahan IL-10, FGF21, dan irisin tidak berbeda secara signifikan antar kelompok (Karolkiewicz et al., 2024)
9.	Soldevila-Matías P, et al. 2024	Pasien dengan gangguan depresi mayor, gangguan bipolar, dan skizofrenia serta dengan komorbiditas.	RCT	Program latihan terbimbing selama 12 minggu dengan intensitas dan frekuensi sedang, serta insentif berupa usulan aktivitas fisik mandiri dari spesialis.	Kelompok GPAG menunjukkan perbaikan neurokognitif dan fungsional dibanding kelompok kontrol. Peningkatan kognisi yang signifikan sebelum dan sesudah pelatihan aktivitas fisik ditemukan pada kelompok GPAG. Pada kelompok latihan IL-6, mROS dan potensial membran mitokondria dan kadar molekul adhesi antar sel 1 (ICAM1), adhesi leukosit-endotelium (LEPMN), dan p-selektin (PSEL), serta proses kardiometabolik (LDL, SBP dan insulin) secara signifikan memprediksi peningkatan neurokognitif (Correa-ghisays et al., 2024)
11.	Tomczyk M, et al. 2024	Pelari ketahanan pria amatir	RCT	Program pelatihan 12 minggu yang dikombinasikan dengan suplementasi n-3 PUFA (kelompok O-3 + TRAIN) atau trigliserida rantai sedang.	Pemberian suplementasi asam lemak omega-3 yang dikombinasikan dengan latihan menguntungkan metabolisme triptofan, peningkatan metabolit jalur kynurenine, metabolit neuroprotektif serta perbaikan rasio antara metabolit neurotoksik dan

					neuroprotektif dibandingkan suplementasi kelompok sedentari. (Tomczyk et al., 2024)
12.	Jeong D et al. 2026	Wanita sehat berusia ≥ 65 tahun tanpa resistensi insulin	RCT	Intervensi terdiri dari program latihan berbasis sirkuit yang dilakukan tiga kali seminggu: setiap sesi berlangsung selama 60 menit dengan intensitas sedang. Peserta dalam kelompok Asam Amino Esensial (EAA) dan RE + EAA mengonsumsi 5,5 g EAA dua kali sehari.	Kelompok RE + EAA menunjukkan peningkatan massa otot dan kebugaran. Terdapat penurunan kadar miostatin dan peningkatan follistatin pada kelompok RE maupun RE + EAA. Rasio follistatin/myostatin meningkat paling banyak pada kelompok RE + EAA. IL-6 dan IL-1 β secara signifikan berkurang pada kelompok RE dan RE + EAA sedangkan TNF- α hanya menurun pada kelompok RE + EAA (Jeong & Valentine, 2026)

Pengaruh Latihan terhadap miokin

Penelitian telah banyak mengkaji terkait miokin terhadap Latihan fisik. Miokin yang telah banyak diteliti adalah IL-6, IL-10, TNF- α , IL-8, IL-15, IL1 dan irisin (Jalil et al., 2025). Meskipun merupakan sumber molekul bioaktif yang signifikan, otot bukanlah satu-satunya kontributor, dengan banyak perubahan yang tidak teridentifikasi berpotensi memengaruhi pelepasan sitokin dalam skenario patologis. Mempelajari dampak intervensi pada profil pro/anti-inflamasi dan sintesis/pemecahan protein otot pada pasien kritis mengungkapkan temuan yang menarik (Jalil et al., 2025).

Hasil kajian menunjukkan bahwa Latihan fisik mampu mempengaruhi ekspresi miokin seperti IL-6, irisin, myostatin. IL-6 merupakan molekul pensinyalan penting selama olahraga, yang dilepaskan secara akut dari serat otot yang bekerja seiring dengan peningkatan durasi, intensitas, dan penipisan glikogen otot (Nash et al., 2023). Hasil penelitian oleh Middelbeek et al. (2021) menemukan penurunan IL-6 setelah MIT dan SIT, sedangkan penelitian Penelitian Karolkiewicz et al (2024) menunjukkan perubahan pola pada perempuan dengan resistensi insulin dengan program kombinasi. Penurunan IL-6 dan IL-8 terjadi setelah suplementasi asam amino. Temuan ini mengindikasikan bahwa terdapat hubungan antara latihan fisik dengan IL-6 sebagai mediator adaptasi Latihan.

Irisin merupakan suatu miokin yang disekresikan selama olahraga, memainkan peran penting dalam mengatur gangguan metabolisme (Lan & Yan, 2025). Dalam kondisi normal, peningkatan sirkulasi Irisin selama latihan akut bertujuan untuk melawan molekul stres yang dihasilkan oleh latihan. Dalam latihan akut, tubuh mengalami stres, mengganggu homeostasis lingkungan internal dan keseimbangan energi (Lan & Yan, 2025). peningkatan irisin terjadi setelah Latihan *deep water running* yang dikombinasikan dengan suplementasi taurine (Batitucci et al., 2019), sedangkan penelitian LeBlanca-Blizzar et al (2017) menemukan peningkatan irisin setelah Latihan aerobic dan berkaitan dengan peningkatan sensitivitas insulin setelah Latihan resistensi.

Miostatin memiliki dampak pada metabolisme seluruh tubuh, tetapi tidak jelas sejauh mana hal ini disebabkan oleh faktor-faktor selain hipertrofi otot. Beberapa peneliti telah melaporkan bahwa miostatin dapat mengurangi sensitivitas insulin pada sel otot. Berbeda dengan IGF-1 dan insulin, miostatin menghambat PI3 Pensinyalan K-Akt (Rodriguez et al. 2014; Langleite et al., 2016). Penelitian Jeong et al (2026) melaporkan penurunan kadar myostatin dan peningkatan kadar follistatin setelah Latihan resistensi. Selain itu penelitian Middelbeek et al. (2021) melaporkan peningkatan kadar klotho setelah Latihan intensitas sedang. Gen α -Klotho mengkode protein transmembran tipe I satu lintasan sepanjang 1014 asam amino Klotho dianggap sebagai biomarker kuat umur panjang dan memiliki beberapa fungsi anti-penuaan seperti mengatur metabolisme kalsium dan fosfat (menghindari pengendapan kalsium

fosfat sel dan mengurangi mekanisme apoptosis, mengurangi proses inflamasi dan stres oksidatif, dan melindungi sel dari stres oksidatif, sehingga memperoleh efek anti-penuaan (Amaro-gahete et al., 2018)

Latihan menginduksi adaptasi metabolik

Selain mempengaruhi miokin, Latihan fisik menghasilkan adaptasi metabolik. Adaptasi meliputi peningkatan sensitivitas insulin, perbaikan komposisi tubuh, peningkatan kapasitas aerobik, perbaikan metabolisme dan peningkatan fungsi kardiovaskular. Perbaikan metabolisme glukosa merupakan temuan yang paling banyak. Vreijling et al. (2025) menunjukkan penurunan indeks sindrom metabolik pada pasien dengan imunometabolik depression. Temuan ini serupa dengan penelitian Hoekstra et al. (2018) yang menemukan penurunan kadar glukosa setelah intervensi perendaman air anas selama 2 minggu. Selain itu peningkatan sensitivitas dengan peningkatan kadar irisin dilaporkan oleh Leblanc et al. (2017). Perubahan komposisi tubuh dan kapasitas aerobik juga ditemukan secara konsisten. Middelbeek et al. (2021) melaporkan peningkatan VO_2 peak disertai penurunan persentase lemak tubuh dan lemak visceral setelah program MIT maupun SIT. Peningkatan VO_2 peak mencerminkan peningkatan kapasitas oksidatif otot rangka dan fungsi mitokondria yang lebih baik. Adaptasi ini meningkatkan kemampuan tubuh untuk menggunakan lemak sebagai sumber energi dan mengurangi akumulasi jaringan adiposa yang berhubungan dengan risiko penyakit metabolik.

Beberapa studi juga menunjukkan perbaikan metabolisme energi yang lebih spesifik. Batitucci et al. (2019) menemukan peningkatan resting metabolic rate (RMR) setelah program latihan Deep Water Running, terutama pada kelompok yang menerima suplementasi taurin. Taurin diketahui dapat meningkatkan ekspresi PGC-1 α yang berperan penting dalam biogenesis mitokondria dan regulasi metabolisme energi. Selain itu, Tomczyk et al. (2024) melaporkan bahwa kombinasi latihan ketahanan dan suplementasi omega-3 memperbaiki metabolisme triptofan melalui peningkatan metabolit neuroprotektif pada jalur kynurenine. Temuan ini menunjukkan bahwa adaptasi metabolik akibat latihan tidak hanya terjadi pada metabolisme glukosa dan lipid, tetapi juga melibatkan jalur metabolisme asam amino yang berhubungan dengan fungsi neurologi.

Pada populasi klinis, manfaat metabolik latihan juga terlihat pada fungsi kardiovaskular. Wang et al. (2022) melaporkan bahwa kombinasi latihan resistensi dan simvastatin menghasilkan peningkatan *left ventricular ejection fraction* (LVEF) serta penurunan biomarker inflamasi dan kerusakan miokard pada pasien gagal jantung kronis. Latihan beban adalah salah satu terapi intervensi untuk gagal jantung kongestif yang dapat meningkatkan tekanan darah diastolik, sehingga meningkatkan aliran darah koroner dan memperbaiki fungsi jantung (Wang et al., 2022). Efikasi total simvastatin yang dikombinasikan dengan latihan beban untuk CHF lebih tinggi dibandingkan hanya dengan pengobatan simvastatin. Selain itu, IVST dan LVDD menurun dan LVEF meningkat dengan kombinasi tersebut. NT-proBNP, hs-cTnT, dan H-FABP adalah penanda penting yang menunjukkan cedera kardiomyosit (Wang et al., 2022). Sementara itu, Soldevila-Matías et al. (2024) menunjukkan bahwa perbaikan parameter kardiometabolik seperti LDL, tekanan darah sistolik, dan insulin berkaitan dengan peningkatan fungsi neurokognitif pada pasien dengan gangguan mental berat dan obesitas. Hasil tersebut menunjukkan bahwa adaptasi metabolik akibat latihan memiliki dampak sistemik yang melibatkan interaksi antara sistem metabolik, kardiovaskular, dan neurologis.

SIMPULAN

Latihan fisik terbukti mampu memodulasi berbagai miokin, terutama IL-6, irisin, myostatin, follistatin, dan Klotho, yang berperan dalam regulasi inflamasi, metabolisme energi, dan fungsi otot. Perubahan miokin tersebut berkaitan dengan berbagai adaptasi metabolik yang menguntungkan, termasuk peningkatan sensitivitas insulin, perbaikan metabolisme glukosa dan lipid, peningkatan kapasitas aerobik, perbaikan komposisi tubuh, serta peningkatan fungsi kardiovaskular dan mitokondria. Temuan ini menunjukkan bahwa miokin berperan sebagai mediator penting yang menghubungkan kontraksi otot selama latihan dengan adaptasi metabolik sistemik. Dengan demikian, latihan fisik merupakan strategi nonfarmakologis yang efektif untuk meningkatkan kesehatan metabolik dan mendukung rehabilitasi pada berbagai kondisi klinis.

DAFTAR PUSTAKA

- Amaro-gahete, F. J., De-la-o, A., Jurado-fasoli, L., Espuch-oliver, A., Robles-gonzalez, L., Navarro-lomas, G., Haro, T. De, Femia, P., Castillo, M. J., & Gutierrez, A. (2018). Exercise training as S-Klotho protein stimulator in sedentary healthy adults : Rationale , design , and methodology. *Contemporary Clinical Trials Communications*, 11(May), 10–19. <https://doi.org/10.1016/j.conctc.2018.05.013>
- Batitucci, G., Fernanda, C., Brandao, C., Giolo, F., Carvalho, D., Sergio, J., Pfrimer, K., Ferrioli, E., Queiroz, F., Papoti, M., Ivone, S., Morhy, B., Varella, M., Junqueira-franco, M., Sanchez, A., Cristini, E., & Freitas, D. (2019). Cytokine Taurine supplementation increases irisin levels after high intensity physical training in obese women. *Cytokine*, 123(June), 154741. <https://doi.org/10.1016/j.cyto.2019.154741>
- Charlotte, M., Severinsen, K., & Pedersen, B. K. (n.d.). *Muscle–Organ Crosstalk: The Emerging Roles of Miokins*. 594–609. <https://doi.org/10.1210/endrev/bnaa016>
- Correa-ghisays, P., Balanz, V., Victor, V. M., Tom, P., Crespo-facorro, B., Corral-m, R., & Tabar, R. (2024). *Exercise as a promoter of neurocognitive improvement in people with psychiatric disorders and comorbid obesity : A randomized controlled trial Constanza San-Martin Valenzuela*. 342(September). <https://doi.org/10.1016/j.psychres.2024.116226>
- Gu, H., Albrecht, E., Deng, Z., & Maak, S. (2026). *Metabolism Key hormones for the control of muscle mass : Miokins*. xxx. <https://doi.org/10.1016/j.beem.2026.102115>
- Hoekstra, S. P., Bishop, N. C., Faulkner, S. H., Bailey, S. J., & Leicht, C. A. (2018). *Acute and chronic effects of hot water immersion on inflammation and metabolism in sedentary , overweight adults*. 66, 2008–2018. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00407.2018>
- Pedersen BK, Febbraio MA. Muscle as an endocrine organ: focus on muscle-derived interleukin-6. *Physiol Rev*. 2008 Oct;88(4):1379-406. <https://doi.org/10.1152/physrev.90100.2007>.
- Jalil, Y., Damiani, L. F., García-valdés, P., Basoalto, R., Gallastegui, J., & Gutierrez-arias, R. (2025). *Miokin Secretion Dynamics and Their Role in Critically Ill Patients : A Scoping Review*. 1–22.
- Jeong, D., & Valentine, R. J. (2026). *Combined resistance exercise and essential amino acid intake enhance follistatin / myostatin ratio and muscle fitness in older women : a randomized controlled trial*. 23(1), 1–17.
- Karolkiewicz, J., Krzywicka, M., Szuli, M., Musialik, K., Musia, D., Zieli, J., Bilka, A., & Ratajczak, M. (2024). *Effects of a Circuit Training Program on Miokin Levels in Insulin-Resistant Women : A Randomised Controlled Trial*. 2024. <https://doi.org/10.1155/jdr/6624919>
- Kuznetsov, A. V, Margreiter, R., Hagenbuchner, J., & Ausserlechner, M. J. (2025). Energy metabolism in different skeletal muscles and muscle fibers : implications for injury and dietary supplementation. *Pflügers Archiv - European Journal of Physiology*, 1231–1240. <https://doi.org/10.1007/s00424-025-03112-5>
- Lan, T., & Yan, X. (2025). *Irisin , the Miokin : Guardian and Mediator in Cardiovascular System*. <https://doi.org/10.1002/edm2.70097>
- Langley, T. M., Lee, S., Holen, T., Hjorth, M., Pourteymour, S., & G, S. W. (2016). *Myostatin in relation to physical activity and dysglycaemia and its effect on energy metabolism in human skeletal muscle cells*. *Thompson 2003*, 45–60. <https://doi.org/10.1111/apha.12631>

- Leblanc, D. R. B., Rioux, B. V., Pelech, C., Moffatt, T. L., & Dustin, E. (2017). *Exercise-induced irisin release as a determinant of the metabolic response to exercise training in obese youth : the EXIT trial*. 5, 1–11. <https://doi.org/10.14814/phy2.13539>
- Mccarthy, O., Tan, A. S. Y., Pitt, J. P., Churm, R., Keay, N., Rees, D. A., & Bracken, R. M. (2022). *Passing on the exercise baton : What can endocrine patients learn from elite athletes ? December 2021*, 781–792. <https://doi.org/10.1111/cen.14683>
- Middelbeek, R. J. W., Motiani, P., Brandt, N., Nigro, P., Zheng, J., Virtanen, K. A., Kalliokoski, K. K., Hannukainen, J. C., & Goodyear, L. J. (2021). Exercise intensity regulates cytokine and klotho responses in men. *Nutrition and Diabetes*. <https://doi.org/10.1038/s41387-020-00144-x>
- Nash, D., Hughes, M. G., Butcher, L., Smith, P., Cullen, T., & Webb, R. (2023). *6 signaling in acute exercise and chronic training : Potential consequences for health and athletic performance*. May 2022, 4–19. <https://doi.org/10.1111/sms.14241>
- Kwon JH, Moon KM, Min KW. *Exercise-Induced Miokins can Explain the Importance of Physical Activity in the Elderly : An Overview*. *Healthcare (Basel)*. 2020 Oct 1;8(4):378. doi: 10.3390/healthcare8040378. PMID: 33019579; PMCID: PMC7712334.
- Pedersen, B. K., & Febbraio, M. A. (2008). Muscle as an endocrine organ: Focus on muscle-derived interleukin-6. *Physiological Reviews*, 88(4), 1379–1406. <https://doi.org/10.1152/physrev.90100.2007>
- Sciences, H. (2026). *M E DI CINE Effects of exercise-induced miokins on rehabilitation and metabolic regulation*. 9(3), 846–851. <https://doi.org/10.32322/jhsm.1883007>
- Stugiewicz, M., Tkaczyszyn, M., Kasztura, M., Banasiak, W., Ponikowski, P., & Jankowska, E. A. (n.d.). *The influence of iron deficiency on the functioning of skeletal muscles : experimental evidence and clinical implications Skeletal muscle : highly specialized*. 1–12.
- Tomczyk, M., Wiącek, M. B., Kortas, J. A., Kochanowicz, M., Jost, Z., Fisk, H. L., Calder, P. C., & Antosiewicz, J. (2024). Omega - 3 fatty acid supplementation affects tryptophan metabolism during a 12 - week endurance training in amateur runners : a randomized controlled trial. *Scientific Reports*, 1–10. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-54112-x>
- Vreijling, S. R., Penninx, B. W. J. H., Verhoeven, J. E., Teunissen, C. E., Blujdea, E. R., Beekman, A. T. F., Lamers, F., & Jansen, R. (2025). Brain Behavior and Immunity Running therapy or antidepressants as treatments for immunometabolic depression in patients with depressive and anxiety disorders : A secondary analysis of the MOTAR study. *Brain Behavior and Immunity*, 123(August 2024), 876–883. <https://doi.org/10.1016/j.bbi.2024.10.033>
- Wang, X., Yan, K., Wen, C., & Wang, J. (2022). *Simvastatin Combined with Resistance Training Improves Outcomes in Patients with Chronic Heart Failure by Modulating Mitochondrial Membrane Potential and the Janus Kinase / Signal Transducer and Activator of Transcription 3 Signaling Pathways*. 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/8430733>
- Zhao, H., Zhu, H., Yun, H., Liu, J., Song, G., Teng, J., Zou, D., Lu, N., & Liu, C. (2024). Journal of the International Society of Sports Nutrition Assessment of Urolithin A effects on muscle endurance , strength , inflammation , oxidative stress , and protein metabolism in male athletes with resistance training : an 8-week randomized , double-blind , placebo-controlled study. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 21(1). <https://doi.org/10.1080/15502783.2024.2419388>

