

Peningkatan Kadar Irisin Setelah 8 Minggu Latihan Resisten Intensitas Sedang Pada Wanita Obesitas

Febry Saputra¹, Desiana Merawati^{1*}, Sugiharto¹

¹Departemen Ilmu Keolahragaan, Fakultas Ilmu Keolahragaan, Universitas Negeri Malang, Indonesia.

Informasi Artikel:

Dikirim: 12 April 2023; Direvisi: 31 Mei 2023; Diterbitkan: 1 Juni 2023

ABSTRAK

Masalah: Saat ini obesitas telah menjadi ancaman serius bagi kesehatan global dengan tingkat prevalensi yang terus mengalami peningkatan diseluruh dunia. Latihan ditenggarai memiliki efek positif dalam meningkatkan sekresi irisin yang dapat berperan dalam mengatur oksidasi lemak dan memperbaiki gangguan metabolisme.

Tujuan: Studi ini bertujuan untuk membuktikan efek latihan resisten intensitas sedang terhadap peningkatan kadar irisin pada wanita obesitas.

Metode: Penelitian ini adalah true experimental dengan rancangan pretest-posttest control group design. Sebanyak 16 wanita obesitas, berusia 20-25 tahun ikut tergabung dalam penelitian yang terbagi menjadi 2 kelompok, yaitu kelompok kontrol (K_1 ; $n = 8$), kelompok latihan resisten (K_2 ; $n = 8$). Latihan dilakukan dengan intensitas sedang (60-70% 1-RM), 4 set, 12 repetisi, durasi 45 menit, frekuensi 3x/minggu selama 8 minggu. Kadar irisin diukur *pretest* dan *posttest* menggunakan metode ELISA Kit. Uji *Paired Sample T-Test* digunakan untuk menganalisis data dengan taraf signifikansi 5%.

Hasil: Hasil analisis kadar irisin antara *pretest* dengan *posttest* pada K_1 (0.91 ± 1.02 vs. 0.94 ± 1.31 ng/mL; $p=0.961$), dan K_2 (1.09 ± 1.61 vs. 5.22 ± 3.29 ng/mL; $p=0.035$).

Kesimpulan: Penelitian ini membuktikan bahwa latihan resisten yang dilakukan selama 8 minggu memiliki dampak positif dalam meningkatkan kadar irisin pada wanita obesitas.

Kata Kunci: Irisin; latihan resisten; obesitas, metabolisme, sindrom metabolik

Increase in Irisin Levels After 8 Weeks of Moderate Intensity Resistance Exercise in Obese Women

ABSTRACT

Problems: Currently, obesity has become a serious threat to global health with prevalence rates continuing to increase throughout the world. Exercise is suspected to have a positive effect in increasing irisin secretion which can play a role in regulating fat oxidation and improving metabolic disorders.


Purpose: This study aims to prove the effect of moderate intensity resistance training on increasing irisin levels in obese women.

Methods: This study was true experimental with a pretest-posttest control group design. A total of 16 obese women aged 20-25 years joined the study which was divided into 2 groups, namely the control group (K_1 ; $n = 8$), and the resistance exercise group (K_2 ; $n = 8$). Exercise is done with moderate intensity (60-70% 1-RM), 4 sets, 12 repetitions, duration 45 minutes, frequency 3x/week for 8 weeks. Irisin levels were measured pretest and posttest using the ELISA Kit method. Paired Sample T-Test was used to analyze data with a significance level of 5%.

Results: The results of analysis of irisin levels between the pretest and posttest on K_1 (0.91 ± 1.02 vs. 0.94 ± 1.31 ng/mL; $p = 0.961$), and K_2 (1.09 ± 1.61 vs. 5.22 ± 3.29 ng/mL; $p = 0.035$).

Conclusion: This study proves that resistance training during 8 weeks has a positive impact on increasing irisin levels in obese women.

Keywords: Irisin; resistance training; obesity, metabolism, metabolic syndrome

 10.24036/patriot.v%vi%i.966



Penulis Korespondensi:

Desiana Merawati

Departemen Ilmu Keolahragaan, Fakultas Ilmu Keolahragaan, Universitas Negeri Malang.

Email: desiana.merawati.fik@um.ac.id

Pendahuluan

Irisin merupakan myokine yang terdapat pada otot rangka dan memiliki peran dalam mengatur oksidasi lemak serta menjaga keseimbangan glukosa (Tine Kartinah et al., 2018), mencegah terjadinya peningkatan sindrom metabolik dan gangguan metabolisme (Huh et al., 2015). Obesitas kini menjadi ancaman serius bagi kesehatan global dengan tingkat prevalensi yang terus mengalami peningkatan di seluruh dunia (GBD 2015 Obesity Collaborators et al., 2017) dan diprediksi akan terus mengalami peningkatan hingga 57,8% dari total populasi dunia pada tahun 2030 (Kelly et al., 2008). Sementara itu, di Indonesia tingkat prevalensi obesitas pada wanita berusia 18 tahun ke atas pada tahun 2018 mengalami peningkatan sebesar 29,3 %, dibandingkan dengan tahun 2013 (13,9%) (Riskesdas, 2018). Seiring bertambahnya usia, kadar irisin yang bersirkulasi akan mengalami penurunan (Tanisawa et al., 2014). Secara teori, irisin yang rendah berdampak terhadap penurunan metabolisme lemak (Houti et al., 2016). Selain itu, penurunan kadar irisin juga menjadi salah satu pertanda terjadinya sindrom metabolik pada obesitas (Du et al., 2016). Akumulasi lemak yang berlebih pada penderita obesitas dapat memicu berbagai faktor risiko penyakit tidak menular yang erat kaitannya dengan sindrom metabolik, seperti hipertensi, penyakit kardiovaskular, dan diabetes mellitus tipe 2 (Miyamoto-Mikami et al., 2015; Jiang et al., 2016).

Latihan fisik, seperti latihan resisten menjadi salah satu metode pendekatan nonfarmakologis yang dapat digunakan untuk mengatasi permasalahan obesitas, hal itu dapat terjadi karena ketika melakukan latihan resisten kontraksi otot rangka akan mengalami peningkatan yang berimplikasi pada peningkatan sekresi irisin (Sugiharto et al., 2022; Rejeki et al., 2021; Paley & Johnson, 2018). Peningkatan sekresi irisin dapat dipicu oleh latihan resisten dan mendorong terjadinya pencoklatan lemak putih pada jaringan adiposa (Boström et al., 2012). Ketika melakukan latihan resisten, irisin yang tersekresi akan menstimulasi peningkatan ekspresi *Uncoupling Protein 1* (UCP-1) yang terdapat pada jaringan adiposa, sehingga terjadi peningkatan *thermogenesis* (Lee et al., 2014; Wang et al., 2019), sehingga penggunaan lemak sebagai sumber energi akan meningkat dan mempertahankan homeostasis lemak (Szumilewicz et al., 2019).

Latihan fisik yang dilakukan secara teratur dapat mengurangi serta mencegah penumpukan lemak di seluruh tubuh, meskipun mekanisme detailnya masih belum jelas (Zhao et al., 2017; Merawati et al., 2023). Penelitian yang dilakukan oleh Dianatinasab et al. (2020) pada 60 wanita kelebihan berat badan dengan sindrom metabolik yang diberi intervensi latihan aerobik, latihan resistensi, dan latihan kombinasi dengan frekuensi 3 kali perminggu selama 8 minggu tidak mengubah kadar irisin yang bersirkulasi dan tidak ada perbedaan yang signifikan secara statistik yang diamati antara metode latihan. Namun, pada penelitian yang dilakukan Kim et al. (2016) pada 28 orang dewasa yang berusia 19-35 tahun yang mengalami kelebihan berat badan ($BMI \geq 23 \text{ kg/m}^2$), diberi intervensi latihan latihan aerobik dan latihan resisten dengan frekuensi 5 kali per minggu selama 8 minggu, menunjukkan bahwa kadar irisin yang bersirkulasi meningkat secara signifikan pada latihan resisten dan tidak signifikan dalam latihan aerobik. Tujuan penelitian ini adalah untuk membuktikan efek latihan resisten intensitas sedang terhadap peningkatan kadar irisin pada wanita obesitas.

Metode

Metode penelitian ini adalah *true experimental* dengan rancangan *pretest-posttest control group design* (Rejeki et al., 2022). Sebanyak 16 wanita obesitas berusia 20-25 tahun, index massa tubuh (IMT) ≥ 25 kg/m², saturasi oksigen normal, tekanan darah normal, denyut jantung istirahat normal dipilih untuk berpartisipasi dalam penelitian. Subjek secara random dibagi ke dalam 2 kelompok, yaitu kelompok kontrol (K₁; n = 8), dan kelompok intervensi latihan resisten (K₂; n = 8).

Latihan resisten dilakukan dengan intensitas sedang (60-70% 1-RM), 4 set, 12 repetisi, dengan durasi 45 menit/sesi latihan, frekuensi 3x/minggu selama 8 minggu. Pemanasan dan pendinginan masing-masing dilakukan selama 5 menit, sedangkan latihan inti dibagi menjadi 2 bagian, yaitu latihan *upper body* dan latihan *lower body* menggunakan peralatan gym merk cybex dan life fitness. Latihan *upper body* meliputi *chest press*, *shoulder press*, *lat pull down*, dan *rowing*, sedangkan latihan *lower body* meliputi *leg press*, *leg curl*, *leg extension* dan *hip abduction* (Pranoto et al., 2023; Rejeki et al., 2023). Latihan dilakukan setiap hari senin, rabu, jum'at pukul 07:00-09:00 WIB.

Pengambilan sampel darah dilakukan pada vena cubiti sebanyak 4 ml dengan pengambilan sebanyak 2 kali, yaitu *pretest* (0 minggu) dan 24 jam *posttest* (8 minggu). Sampel darah disentrifugasi selama 15 menit dengan kecepatan 3.000 rpm. Serum yang diperoleh dipisahkan dan segera dilakukan analisis kadar irisin menggunakan metode ELISA Kit (EK-067-29 (Lot 608791), Phoenix, CA, USA). Akurasi ELISA Kit yang digunakan sudah divalidasi oleh penelitian sebelumnya (Rejeki et al., 2021; Sugiharto et al., 2022).

Analisis data menggunakan SPSS versi 21.0. Uji normalitas menggunakan *saphiro-wilk*, sementara itu untuk mengetahui perbedaan kadar irisin antara *pretest* dan *posttest* pada masing-masing kelompok menggunakan uji *paired sample t-test*, sedangkan untuk mengetahui perbedaan kadar irisin serum *pretest* dengan *posttest* antar kelompok menggunakan uji *independent sample t-test* dengan taraf signifikansi 5%.

Hasil

Hasil analisis karakteristik subjek penelitian yang meliputi usia, tekanan darah sistole (TDS), tekanan darah diastole (TDD), denyut jantung istirahat (DJI), saturasi oksigen (SpO₂), suhu tubuh (ST), tinggi badan (TB), berat badan (BB), index massa tubuh (IMT) pada kelompok kontrol (K₁) dan kelompok latihan resisten (K₂) tidak menunjukkan perbedaan bermakna yang dapat dilihat pada Tabel 1. Hasil analisis rata-rata kadar irisin antara *pretest* dengan *posttest* pada kedua kelompok disajikan pada Tabel 2-3.

Tabel 1. Hasil Analisis Karakteristik Subjek Penelitian pada Kedua Kelompok

Variabel	Kelompok	n	Mean	SD	Normalitas	p-value
Usia (tahun)	K ₁	8	22.63	1.40	0.127	0.104
	K ₂	8	23.75	1.16	0.114	
TDS (mmHg)	K ₁	8	108.56	8.42	0.567	0.493
	K ₂	8	111.75	9.65	0.699	
TDD (mmHg)	K ₁	8	71.00	6.16	0.890	0.643
	K ₂	8	73.00	10.14	0.139	
DJI (bpm)	K ₁	8	85.93	4.04	0.858	0.420
	K ₂	8	90.81	15.70	0.251	

SpO ₂ (%)	K ₁	8	98.25	0.70	0.056	0.693
	K ₂	8	98.37	0.51	0.100	
ST (°C)	K ₁	8	35.80	0.61	0.221	0.294
	K ₂	8	35.15	1.53	0.292	
TB (m)	K ₁	8	155.08	5.68	0.060	0.678
	K ₂	8	154.02	4.19	0.175	
BB (kg)	K ₁	8	66.22	6.57	0.393	0.891
	K ₂	8	66.71	7.40	0.523	
IMT (kg/m ²)	K ₁	8	33.66	12.45	0.101	0.257
	K ₂	8	28.17	2.22	0.546	

Tabel 2. Kadar Irisin *Pretest* dan *Posttest* pada Kedua Kelompok

Kelompok	Pengamatan	n	Mean	SD	Normalitas	p-value
K ₁	Pretest	8	0.91	1.02	0.136	0.961
	Posttest	8	0.94	1.31	0.120	
K ₂	Pretest	8	1.09	1.61	0.101	0.035*
	Posttest	8	5.22	3.29	0.175	

Keterangan: (*) Menunjukkan nilai signifikan dengan pretest ($p < 0.05$)

Tabel 3. Kadar Irisin *Pretest*, *Posttest*, dan *Delta* pada Kedua Kelompok

Pengamatan	Kelompok	n	Mean	SD	Normalitas	p-value
Pretest	K ₁	8	0.91	1.02	0.136	0.787
	K ₂	8	1.09	1.61	0.101	
Posttest	K ₁	8	0.94	1.31	0.120	0.004*
	K ₂	8	5.22	3.29	0.175	
Delta	K ₁	8	0.03	1.39	0.680	0.027*
	K ₂	8	4.12	4.47	0.224	

Keterangan: (*) Menunjukkan nilai signifikan dengan pretest ($p < 0.05$)

Pembahasan

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa terdapat peningkatan rata-rata kadar irisin antara *pretest* dengan *posttest* pada kelompok latihan resisten (K₂), sedangkan pada kelompok kontrol (K₁) tidak menunjukkan adanya peningkatan (Tabel 2). Hal ini sesuai dengan hasil penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Kim et al. (2015) yang melaporkan bahwa latihan resisten secara signifikan meningkatkan kadar irisin. Demikian juga penelitian oleh Tsuchiya et al. (2015) melaporkan bahwa latihan resisten secara signifikan meningkatkan kadar irisin. Peningkatan kadar irisin kemungkinan disebabkan oleh efek intervensi latihan resisten yang dilakukan selama 8 minggu sehingga memberi efek positif pada peningkatan kadar irisin. Qiu et al. (2015) melaporkan bahwa latihan yang dilakukan secara kronis memiliki dampak positif dalam meningkatkan kadar irisin yang bersirkulasi dalam darah. Hal ini dapat terjadi karena latihan resisten dapat meningkatkan kontraksi otot rangka (Boström et al., 2012; Kim et al., 2015). Kontraksi otot rangka akan meningkatkan kebutuhan ATP sehingga ATP yang terdapat pada otot menurun (Sugiharto et al., 2022). Kontraksi otot yang dibantu Ca²⁺ untuk menghubungkan aktin dan miosin sehingga mengakibatkan terjadinya kontraksi

tersebut. Ca^{2+} pada otot akan merangsang *Adenosin Monofosfat Protein Kinase* (AMPK) yang kemudian mengaktivasi enzim *Mitogen Activated Protein Kinase* (MAPK) untuk membentuk energi dengan merangsang PGC-1 α yang kemudian akan mengaktivasi FNDC 5. Berikutnya, FNDC5 akan membelah diri dan dilepaskan dalam aliran darah menjadi irisin (Merawati et al., 2023; Rejeki et al., 2021). Akibat dari pelepasan irisin memicu terjadinya proses pencoklatan pada jaringan lemak putih yang mengakibatkan adanya peningkatan pengeluaran energi, penurunan akumulasi lemak tubuh dan perbaikan metabolisme dengan menstimulasi ekspresi UCP-1 (Wrann, 2015; Boström et al., 2012; Fatouros et al., 2018; Perakakis et al., 2017). Peningkatan ekspresi UCP-1 mengakibatkan adanya peningkatan termogenesis dan oksidasi lemak (Merawati et al., 2022). Karena itu, peningkatan kadar irisin setelah diinduksi latihan resisten menjadi salah satu cara untuk menurunkan tingkat prevalensi obesitas.

Peningkatan kadar irisin setelah diberi intervensi latihan resisten selama 8 minggu pada penelitian ini kemungkinan disebabkan karena faktor intervensi. Latihan resisten meningkatkan kontraksi aktif otot rangka (Iodice et al., 2020) yang menjadi faktor penting dalam peningkatan sekresi irisin (Daskalopoulou et al., 2014). Massa otot menjadi penentu kadar irisin yang bersirkulasi lebih tinggi pada manusia (Huh et al., 2012). Latihan resisten akan menyebabkan terjadinya hipertrofi pada otot rangka. Hal tersebut merupakan superkompensasi akibat latihan resisten yang dilakukan secara kronis selama 8 minggu. Hal tersebut sejalan dengan pernyataan Kim et al. (2015) yang menyatakan bahwa perubahan tingkat irisin yang bersirkulasi dalam darah berkaitan dengan peningkatan massa otot rangka dan penurunan massa lemak akibat latihan. Hal ini menunjukkan bahwa perubahan sirkulasi irisin setelah diberi intervensi latihan berhubungan erat dengan dampak positif pada komposisi tubuh pada penderita obesitas. Hal ini dapat terjadi karena pada saat latihan, otot yang berkontraksi akan memerlukan energi, akibatnya simpanan energi yang ada di dalam otot akan menurun dan terjadi peningkatan pelepasan irisin dalam sirkulasi darah guna mempertahankan keseimbangan energi selama latihan.

Kadar irisin akan mengalami peningkatan secara signifikan ketika ATP di dalam otot mengalami penurunan (Huh et al., 2012). Peningkatan kebutuhan energi pada saat otot berkontraksi mengakibatkan terjadinya peningkatan pelepasan irisin (Daskalopoulou et al., 2014). Hal ini menunjukkan bahwa salah satu faktor yang menandakan terjadinya peningkatan pelepasan irisin pada sirkulasi darah yaitu adanya peningkatan kontraksi pada otot dan penurunan ATP pada otot (Maalouf & Houry, 2019). Sirkulasi irisin di sepanjang hari paling rendah terjadi di pagi hari pukul 06:00, sedangkan paling tinggi pada malam hari pukul 21:00 (Anastasilakis et al., 2014). Hal tersebut disebabkan karena faktor neural, hormonal serta faktor peningkatan suhu lingkungan secara bertahap (Anastasilakis et al., 2014). Oleh sebab itu, untuk menghindari percepatan sekresi irisin pada subjek, pemberian intervensi latihan dan pengambilan darah dilakukan di pagi hari dimulai pada pukul 07:00-09:00. Waktu tersebut dipilih karena memberikan metabolisme serta suhu lingkungan yang sangat baik. Studi lain menunjukkan bahwa sekresi irisin pada peserta terlatih dan tidak terlatih dengan intensitas latihan 80% VO_{2max} dan suhu kamar 22°C menunjukkan tidak ada gangguan terhadap latihan dan perubahan kadar irisin murni diakibatkan oleh intervensi latihan, bukan karena faktor suhu (Qiu et al., 2018).

Keterbatasan penelitian ini, yaitu hanya dilakukan pada wanita obesitas, sehingga hasil penelitian tidak dapat digeneralisasikan pada kedua jenis kelamin. Penelitian di masa depan disarankan untuk membandingkan efek latihan resisten pada kedua jenis kelamin. Penelitian ini hanya melakukan analisis satu parameter, yaitu irisin sehingga tidak diketahui secara pasti bagaimana mekanisme peningkatan irisin setelah pemberian latihan. Oleh karena itu, penelitian di masa depan disarankan untuk menemukan mekanisme tersebut.

Kesimpulan

Penelitian ini membuktikan bahwa latihan resisten yang dilakukan dengan intensitas sedang (60-70% 1-RM), durasi 45 menit, frekuensi 3x/minggu selama 8 minggu memiliki dampak positif dalam meningkatkan kadar irisin pada wanita obesitas. Hasil penelitian ini dapat menjadi rekomendasi manajemen terapi untuk mengatasi permasalahan terkait obesitas.

Ucapan Terimakasih

Kami mengucapkan terimakasih atas dukungan Hibah Penelitian Publikasi Hasil Skripsi Tahun 2023 dari Universitas Negeri Malang, Indonesia, dengan Nomor Hibah: 5.4.106/UN32.20.1/LT/2023.

Referensi

- Anastasilakis, A. D., Polyzos, S. A., Saridakis, Z. G., Kynigopoulos, G., Skouvaklidou, E. C., Molyvas, D., Vasiloglou, M. F., Apostolou, A., Karagiozoglou-Lampoudi, T., Siopi, A., Mougios, V., Chatzistavridis, P., Panagiotou, G., Filippaios, A., Delaroudis, S., & Mantzoros, C. S. (2014). Circulating irisin in healthy, young individuals: day-night rhythm, effects of food intake and exercise, and associations with gender, physical activity, diet, and body composition. *The Journal of clinical endocrinology and metabolism*, 99(9), 3247–3255. <https://doi.org/10.1210/jc.2014-1367>.
- Boström, P., Wu, J., Jedrychowski, M. P., Korde, A., Ye, L., Lo, J. C., Rasbach, K. A., Boström, E. A., Choi, J. H., Long, J. Z., Kajimura, S., Zingaretti, M. C., Vind, B. F., Tu, H., Cinti, S., Højlund, K., Gygi, S. P., & Spiegelman, B. M. (2012). A PGC1- α -dependent myokine that drives brown-fat-like development of white fat and thermogenesis. *Nature*, 481(7382), 463–468. <https://doi.org/10.1038/nature10777>.
- Daskalopoulou, S. S., Cooke, A. B., Gomez, Y. H., Mutter, A. F., Filippaios, A., Mesfum, E. T., & Mantzoros, C. S. (2014). Plasma irisin levels progressively increase in response to increasing exercise workloads in young, healthy, active subjects. *European journal of endocrinology*, 171(3), 343–352. <https://doi.org/10.1530/EJE-14-0204>.
- Du, X. L., Jiang, W. X., & Lv, Z. T. (2016). Lower Circulating Irisin Level in Patients with Diabetes Mellitus: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Hormone and metabolic research = Hormon- und Stoffwechselforschung = Hormones et metabolisme*, 48(10), 644–652. <https://doi.org/10.1055/s-0042-108730>.

-
- Fatouros I. G. (2018). Is irisin the new player in exercise-induced adaptations or not? A 2017 update. *Clinical chemistry and laboratory medicine*, 56(4), 525–548. <https://doi.org/10.1515/cclm-2017-0674>.
- GBD 2015 Obesity Collaborators, Afshin, A., Forouzanfar, M. H., Reitsma, M. B., Sur, P., Estep, K., Lee, A., Marczak, L., Mokdad, A. H., Moradi-Lakeh, M., Naghavi, M., Salama, J. S., Vos, T., Abate, K. H., Abbafati, C., Ahmed, M. B., Al-Aly, Z., Alkerwi, A., Al-Raddadi, R., Amare, A. T., et al. (2017). Health Effects of Overweight and Obesity in 195 Countries over 25 Years. *The New England journal of medicine*, 377(1), 13–27. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1614362>.
- Houti, L., Hamani-Medjaoui, I., Lardjam-Hetraf, S. A., Ouhaibi-Djellouli, H., Chougrani, S., Goumidi, L., & Mediène-Benchekor, S. (2016). Prevalence of Metabolic Syndrome and its Related Risk Factors in the City of Oran, Algeria: the ISOR Study. *Ethnicity & disease*, 26(1), 99–106. <https://doi.org/10.18865/ed.26.1.99>.
- Huh, J. Y., Panagiotou, G., Mougios, V., Brinkoetter, M., Vamvini, M. T., Schneider, B. E., & Mantzoros, C. S. (2012). FND5 and irisin in humans: I. Predictors of circulating concentrations in serum and plasma and II. mRNA expression and circulating concentrations in response to weight loss and exercise. *Metabolism: clinical and experimental*, 61(12), 1725–1738. <https://doi.org/10.1016/j.metabol.2012.09.002>.
- Huh, J. Y., Siopi, A., Mougios, V., Park, K. H., & Mantzoros, C. S. (2015). Irisin in response to exercise in humans with and without metabolic syndrome. *The Journal of clinical endocrinology and metabolism*, 100(3), E453–E457. <https://doi.org/10.1210/jc.2014-2416>.
- Iodice, P., Trecroci, A., Dian, D., Proietti, G., Alberti, G., & Formenti, D. (2020). Slow-Speed Resistance Training Increases Skeletal Muscle Contractile Properties and Power Production Capacity in Elite Futsal Players. *Frontiers in sports and active living*, 2, 8. <https://doi.org/10.3389/fspor.2020.00008>.
- Jiang, S. Z., Lu, W., Zong, X. F., Ruan, H. Y., & Liu, Y. (2016). Obesity and hypertension. *Experimental and therapeutic medicine*, 12(4), 2395–2399. <https://doi.org/10.3892/etm.2016.3667>.
- Kelly, T., Yang, W., Chen, C. S., Reynolds, K., & He, J. (2008). Global burden of obesity in 2005 and projections to 2030. *International journal of obesity (2005)*, 32(9), 1431–1437. <https://doi.org/10.1038/ijo.2008.102>.
- Kim, H. J., Lee, H. J., So, B., Son, J. S., Yoon, D., & Song, W. (2016). Effect of aerobic training and resistance training on circulating irisin level and their association with change of body composition in overweight/obese adults: a pilot study. *Physiological research*, 65(2), 271–279. <https://doi.org/10.33549/physiolres.932997>.
- Kim, H. J., So, B., Choi, M., Kang, D., & Song, W. (2015). Resistance exercise training increases the expression of irisin concomitant with improvement of muscle function in aging mice and humans. *Experimental gerontology*, 70, 11–17. <https://doi.org/10.1016/j.exger.2015.07.006>.

-
- Lee, P., Smith, S., Linderman, J., Courville, A. B., Brychta, R. J., Dieckmann, W., Werner, C. D., Chen, K. Y., & Celi, F. S. (2014). Temperature-acclimated brown adipose tissue modulates insulin sensitivity in humans. *Diabetes*, 63(11), 3686–3698. <https://doi.org/10.2337/db14-0513>.
- Maalouf, G. E., & El Khoury, D. (2019). Exercise-Induced Irisin, the Fat Browning Myokine, as a Potential Anticancer Agent. *Journal of obesity*, 2019, 6561726. <https://doi.org/10.1155/2019/6561726>.
- Merawati, D., Sugiharto, S., Pranoto, A., Andiana, O., & Angga, P. D. (2022). The comparison of the effect of acute moderate and high-intensity exercise on the uncoupling protein -1 secretion. *Jurnal SPORTIF : Jurnal Penelitian Pembelajaran*, 8(2), 201 - 216. https://doi.org/10.29407/js_unpgri.v8i2.17674.
- Merawati, D., Sugiharto, Susanto, H., Taufiq, A., Pranoto, A., Amelia, D., & Rejeki, P. S. (2023). Dynamic of irisin secretion change after moderate-intensity chronic physical exercise on obese female. *Journal of basic and clinical physiology and pharmacology*, 10.1515/jbcpp-2023-0041. Advance online publication. <https://doi.org/10.1515/jbcpp-2023-0041>.
- Miyamoto-Mikami, E., Sato, K., Kurihara, T., Hasegawa, N., Fujie, S., Fujita, S., Sanada, K., Hamaoka, T., Tabata, I., & Iemitsu, M. (2015). Endurance training-induced increase in circulating irisin levels is associated with reduction of abdominal visceral fat in middle-aged and older adults. *PloS one*, 10(3), e0120354. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0120354>.
- Paley, C. A., & Johnson, M. I. (2018). Abdominal obesity and metabolic syndrome: exercise as medicine?. *BMC sports science, medicine & rehabilitation*, 10, 7. <https://doi.org/10.1186/s13102-018-0097-1>.
- Perakakis, N., Triantafyllou, G. A., Fernández-Real, J. M., Huh, J. Y., Park, K. H., Seufert, J., & Mantzoros, C. S. (2017). Physiology and role of irisin in glucose homeostasis. *Nature reviews. Endocrinology*, 13(6), 324–337. <https://doi.org/10.1038/nrendo.2016.221>.
- Pranoto, A., Cahyono, M. B. A., Yakobus, R., Izzatunnisa, N., Ramadhan, R. N., Rejeki, P. S., Miftahussurur, M., Effendi, W. I., Wungu, C. D. K., & Yamaoka, Y. (2023). Long-Term Resistance-Endurance Combined Training Reduces Pro-Inflammatory Cytokines in Young Adult Females with Obesity. *Sports (Basel, Switzerland)*, 11(3), 54. <https://doi.org/10.3390/sports11030054>.
- Qiu, S., Cai, X., Sun, Z., Schumann, U., Zügel, M., & Steinacker, J. M. (2015). Chronic Exercise Training and Circulating Irisin in Adults: A Meta-Analysis. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 45(11), 1577–1588. <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0293-4>.
- Rejeki, P.S., Pranoto, A., Prasetya, R.E., & Sugiharto. (2021). Irisin serum increasing pattern is higher at moderate-intensity continuous exercise than at moderate-intensity interval exercise in obese females. *Comparative Exercise Physiology*, 17(5), 475–484. <https://doi.org/10.3920/CEP200050>.

-
- Rejeki, P. S., Pranoto, A., Rahmanto, I., Izzatunnisa, N., Yosika, G. F., Hernaningsih, Y., Wungu, C. D. K., & Halim, S. (2023). The Positive Effect of Four-Week Combined Aerobic-Resistance Training on Body Composition and Adipokine Levels in Obese Females. *Sports* (Basel, Switzerland), 11(4), 90. <https://doi.org/10.3390/sports11040090>.
- Sugiharto, S., Merawati, D., Susanto, H., Pranoto, A., & Taufiq, A. (2022). The exercise-instrumental music program and irisin levels in younger non-professional athletes. *Comparative Exercise Physiology*, 18(1), 65–73. <https://doi.org/10.3920/CEP210015>.
- Szumilewicz, A., Dornowski, M., Piernicka, M., Worska, A., Kuchta, A., Kortas, J., Błudnicka, M., Radzimiński, Ł., & Jastrzębski, Z. (2019). High-Low Impact Exercise Program Including Pelvic Floor Muscle Exercises Improves Pelvic Floor Muscle Function in Healthy Pregnant Women - A Randomized Control Trial. *Frontiers in physiology*, 9, 1867. <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.01867>.
- Tanisawa, K., Taniguchi, H., Sun, X., Ito, T., Cao, Z. B., Sakamoto, S., & Higuchi, M. (2014). Common single nucleotide polymorphisms in the FNDC5 gene are associated with glucose metabolism but do not affect serum irisin levels in Japanese men with low fitness levels. *Metabolism: clinical and experimental*, 63(4), 574–583. <https://doi.org/10.1016/j.metabol.2014.01.005>.
- Tine Kartinah, N., Rosalyn Sianipar, I., Nafi'ah, & Rabia (2018). The Effects of Exercise Regimens on Irisin Levels in Obese Rats Model: Comparing High-Intensity Intermittent with Continuous Moderate-Intensity Training. *BioMed research international*, 2018, 4708287. <https://doi.org/10.1155/2018/4708287>.
- Tsuchiya, Y., Ando, D., Takamatsu, K., & Goto, K. (2015). Resistance exercise induces a greater irisin response than endurance exercise. *Metabolism: clinical and experimental*, 64(9), 1042–1050. <https://doi.org/10.1016/j.metabol.2015.05.010>.
- Wang, K., Song, F., Xu, K., Liu, Z., Han, S., Li, F., & Sun, Y. (2019). Irisin Attenuates Neuroinflammation and Prevents the Memory and Cognitive Deterioration in Streptozotocin-Induced Diabetic Mice. *Mediators of inflammation*, 2019, 1567179. <https://doi.org/10.1155/2019/1567179>.
- Wrann C. D. (2015). FNDC5/irisin - their role in the nervous system and as a mediator for beneficial effects of exercise on the brain. *Brain plasticity* (Amsterdam, Netherlands), 1(1), 55–61. <https://doi.org/10.3233/BPL-150019>.
- Zhao, J., Su, Z., Qu, C., & Dong, Y. (2017). Effects of 12 Weeks Resistance Training on Serum Irisin in Older Male Adults. *Frontiers in physiology*, 8, 171. <https://doi.org/10.3389/fphys.2017.00171>.