

Efek diet tinggi lemak terhadap berat testis dan kadar glukosa darah puasa tikus Wistar jantan

Effect of a high-fat diet on testicular weight and fasting blood glucose levels in male Wistar rats

SAGO: Gizi dan Kesehatan

2026, Vol. 7(2) 443-449

© The Author(s) 2026

DOI: <http://dx.doi.org/10.30867/gikes.v7i2.3138><https://ejournal.poltekkesaceh.ac.id/index.php/gikes>

gikes

Rista Dwi Hermilasari^{1*}, Septy Handayani², Ellanda Rima Eryanna³

Poltekkes Kemenkes Aceh

Abstract

Background: Globally, modern lifestyle trends are characterized by increased consumption of high-fat food, which contribute to metabolic disorders. High-fat diets can also cause disorders in the male reproductive system. However, evidence regarding the association between changes in testicular weight and glycemic dysregulation as indicators of metabolic-reproductive disorders in animal studies remains limited.

Objectives: This study aimed to evaluate the effect of high-fat diet on testicular weight and fasting blood glucose levels in male Wistar rats.

Methods: This study was conducted in June to July 2024 at the Basic Dentistry Laboratory, University of Jember using a randomized posttest-only control group design. A total of 14 male Wistar rats were divided into two groups: P1 (normal diet) and group P2 consisting of 2 ml of egg yolk given for 28 days. The rats were provided with drinking water ad libitum. Fasting blood glucose levels were measured using an Easy Touch GCU glucometer. After the rats were euthanized and dissected, testicular weight was measured using a digital scale with an accuracy of 0,1 g. Data were analyzed using an independent t-test with a significance value of $p < 0.05$.

Results: Administration of a high-fat diet to male Wistar rats showed lower testicular weight compared with the normal diet group, but the difference was not statistically significant ($p = 0.315$). In contrast, administration of high-fat diet to Wistar rats showed a significant difference in fasting blood glucose levels compared the normal diet group ($p < 0.001$).

Conclusion: A high-fat diet significantly increases fasting blood glucose levels, indicating impaired glucose homeostasis and potentially contributing to changes in testicular weight, which may disrupt reproductive function.

Keywords:

High-fat diet, fasting blood glucose, reproduction, Wistar rats, testis

Abstrak

Latar Belakang: Secara global, tren gaya hidup modern saat ini ditandai dengan meningkatnya konsumsi makanan tinggi lemak yang berkontribusi menimbulkan gangguan metabolik. Diet tinggi lemak juga dapat menyebabkan gangguan pada sistem reproduksi pria. Namun, keterkaitan antara perubahan berat testis dengan disregulasi glikemik sebagai indikator gangguan metabolik-sistem reproduksi pada studi hewan coba masih terbatas.

Tujuan: Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efek pemberian diet tinggi lemak terhadap berat testis dan kadar glukosa darah puasa pada tikus Wistar jantan.

Metode: Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juni hingga Juli 2024 di Laboratorium Kedokteran Gigi Dasar, Universitas Jember menggunakan desain *randomized posttest-only control group*. Sebanyak 14 ekor tikus Wistar jantan terbagi menjadi kelompok P1 (diet normal) dan kelompok P2 dengan pemberian kuning telur 2 ml selama 28 hari. Pemberian air minum tikus secara ad libitum. Kadar glukosa darah puasa diukur menggunakan glukometer merk Easy Touch GCU. Setelah terminasi dan pembedahan tikus, berat testis diukur menggunakan timbangan digital dengan ketelitian 0,1 g. Data dianalisis dengan uji independent t-test dengan nilai signifikansi $p < 0.05$.

Hasil: Pemberian diet tinggi lemak pada tikus Wistar jantan menunjukkan bahwa berat testis lebih rendah dibandingkan dengan kelompok diet normal, namun tidak berbeda secara signifikan ($p = 0.315$). Namun, pemberian diet tinggi lemak

¹ Program Studi Gizi, Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Jember, Jember, Indonesia. E-mail: ristadh91@gmail.com

² Program Studi Gizi, Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Jember, Jember, Indonesia. E-mail: septyhandayani@unej.ac.id

³ Program Studi Gizi, Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Jember, Jember, Indonesia. E-mail: ellanda.rimaerv@unej.ac.id

Penulis Koresponding

Rista Dwi Hermilasari: Program Studi Gizi, Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Jember, Jember, Indonesia. E-mail: ristadh91@gmail.com

Diterima: 08/02/2026

Revisi: 05/04/2026

Disetujui: 29/04/2026

Diterbitkan: 04/08/2026

pada tikus Wistar terbukti terdapat perbedaan kadar glukosa darah puasa yang signifikan dibandingkan kelompok diet normal ($p < 0.001$).

Kesimpulan: Diet tinggi lemak memicu peningkatan kadar glukosa darah puasa secara signifikan yang menandakan homeostasis glukosa terganggu dan berpotensi menyebabkan perubahan berat testis, yang berpotensi mengganggu fungsi reproduksi.

Kata Kunci:

Diet tinggi lemak, glukosa darah puasa, reproduksi, tikus Wistar, testis

Pendahuluan

Perkembangan gaya hidup modern telah mendorong perubahan pola makan masyarakat ke arah yang kurang sehat seperti tingginya konsumsi makanan cepat saji dan olahan serta rendahnya aktivitas fisik. Kondisi ini berkontribusi padapeningkatan obesitas, intoleransi glukosa, dan resistensi insulin. Hal ini menjadi tantangan kesehatan masyarakat secara global (Ahmed & Mohammed, 2025; Barber et al., 2024; Dewistamara et al., 2025; Mo et al., 2025; Y. Zhang et al., 2024).

Tren konsumsi makanan tinggi lemak mengalami peningkatan di berbagai negara di dunia. Di negara Inggris dan Amerika lebih dari 50% total asupan energi harian berasal dari lemak (Marino et al., 2021). Prevalensi konsumsi lemak lebih dari 30% total energi harian di China meningkat signifikan dari 22,4% pada tahun 1991 menjadi 67,2% pada tahun 2015 (Wang et al., 2020). Sementara, di Asia Selatan dilaporkan mencapai 75% (Bhagtani et al., 2025). Studi longitudinal berdasarkan survei konsumsi pangan masyarakat Indonesia tahun 2011-2019 juga menunjukkan peningkatan konsumsi lemak yang melebihi Angka Kecukupan Gizi (AKG) (Retiaty et al., 2025). Peningkatan ini mencerminkan perubahan pola makan yang tidak seimbang dan berkontribusi terhadap peningkatan prevalensi *overweight* dan obesitas secara global, yang mencapai 45,1% hampir setengah populasi orang dewasa. Hal ini meningkatkan risiko penyakit tidak menular, salah satunya adalah diabetes mellitus (Ahmed & Mohammed, 2025; Wang et al., 2020; Al Rahmad, 2021).

Gangguan metabolik dapat memberikan dampak negatif terhadap fertilitas pria (Leisegang et al., 2021; Service et al., 2023). Diet tinggi lemak dapat mengganggu fungsi reproduksi pria diantaranya penurunan kualitas

sperma, kadar testosteron, dan keberhasilan fertilisasi (Crean & Senior, 2019). Sebaliknya, studi *in vivo* menunjukkan bahwa perbaikan pola makan dari diet tinggi lemak ke diet normal dapat memperbaiki integritas *blood-testis barrier* dan menurunkan lipotoksisitas testis sehingga meningkatkan fertilitas (Kang et al., 2025; Zhang et al., 2023). Sel Sertoli berperan dalam metabolisme glukosa menjadi laktat berfungsi sebagai sumber energi bagi sel germinal (Maleki et al., 2024). Diet tinggi lemak dapat menyebabkan fluks glikolisis meningkat dan memicu kebocoran elektron mitokondria. Akibatnya, produksi *Reactive Oxygen Species* (ROS) berlebihan dapat meningkatkan stres oksidatif dalam jaringan testis. Akibatnya, terjadi gangguan spermatogenesis dan disfungsi reproduksi (Falvo et al., 2023; Uddand Rao et al., 2024).

Salah satu indikator awal menilai gangguan metabolik pada hewan coba adalah kadar glukosa darah puasa. Pemberian diet tinggi lemak dapat memicu peningkatan kadar glukosa darah puasa. Studi yang menunjukkan keterkaitan kadar glukosa darah puasa dengan parameter organ reproduksi terutama testis masih terbatas (Li et al., 2023). Diet tinggi lemak dilaporkan dapat mempengaruhi perubahan berat testis dan integritas jaringan testis pada studi *in vivo* (Falvo et al., 2023; Hafez et al., 2025). Penilaian parameter fungsi reproduksi cenderung berfokus terhadap kualitas sperma dan hormonal dibandingkan dengan indikator awal penanda gangguan reproduksi, seperti berat testis. Selain itu, perubahan berat testis akibat disregulasi glikemik masih belum ditelaah pada studi *in vivo* (Luo et al., 2020).

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efek pemberian diet tinggi lemak terhadap berat testis dan kadar glukosa darah puasa pada tikus Wistar jantan.

Metode

Penelitian ini adalah eksperimen murni menggunakan *randomized posttest only control group design*. Penelitian dilakukan mulai bulan Juni hingga Juli 2024 di Laboratorium Kedokteran Gigi Dasar, Universitas Jember. Sampel penelitian adalah 14 ekor tikus *Rattus novogicus* yang memenuhi kriteria inklusi diantaranya tikus jantan sehat dan aktif tanpa kelainan anatomi, galur Wistar, berat 150–200 g, dan usia 2–3 bulan. Tikus yang mati selama penelitian akan dieksklusi. Besar minimum sampel berdasarkan pedoman *World Health Organization* minimal 5 hewan coba tiap kelompok. Randomisasi tikus menjadi dua kelompok yakni kelompok tikus yang diberi diet normal *Comfeed BR-2* (P1) dan kelompok tikus yang diberi diet tinggi lemak kuning telur bebek 2 ml (P2), selama 28 hari. Dosis 2 ml digunakan dalam penelitian ini karena minim efek toksik dan durasi 28 hari menyebabkan perubahan fisiologis dan tidak menimbulkan kerusakan yang irreversibel. Tikus ditempatkan dalam kandang pada suhu 22–25°C dengan siklus gelap: terang (12:12 jam), kelembaban 50–60%, sertadiberikan air minum *ad libitum* selama penelitian. Seluruh prosedur dalam penelitian ini telah disetujui oleh komisi etik penelitian Fakultas Kedokteran Gigi, Universitas Jember atas nomor 2612-KEPK-2024.

Pemeriksaan kadar glukosa darah puasa menggunakan alat glukometer merek *Easy Touch GCU*. Sampel darah tikus diambil melalui vena ekor setelah tikus dipuasakan selama 8-12 jam. Setelah perlakuan selesai, tikus diterminasi dengan anastesi kloroform lalu dilakukan dislokasi servikal. Selanjutnya, dilakukan pembedahan dan organ testis diambil kemudian dibersihkan dari jaringan ikat maupun lemak. Organ testis ditimbang menggunakan timbangan digital pada tingkat ketelitian 0,1 g dan hasil pengukuran dinyatakan dalam satuan gram. Analisis data kadar glukosa darah puasa dan berat testis tikus menggunakan ujiindependent t-test. Hasil uji yang signifikan dinyatakan pada nilai signifikansi $<0,05$.

Hasil

Berat Testis

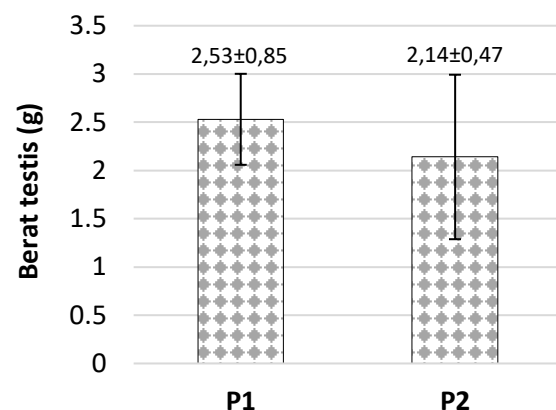
Rerata berat organ testis tikus Wistar dapat diamati pada Gambar 1. Hasil menunjukkan bahwa rerata berat testis kelompok P2 sebesar

$2,14 \pm 0,47$ g lebih rendah dibandingkan dengan rerata berat testis kelompok P1 yaitu $2,53 \pm 0,85$ g. Berdasarkan hasil analisis uji statistik independent t-test ditemukan bahwa berat testis kelompok tikus yang diberi diet tinggi lemak tidak ada perbedaan signifikan dengan kelompok tikus diet normal ($p = 0,315$).

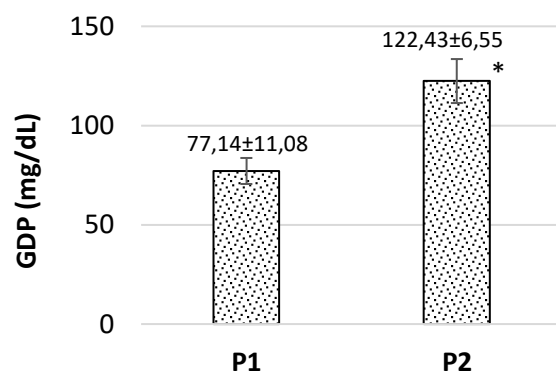
Kadar Glukosa Darah Puasa

Rerata kadar glukosa darah puasa pada tikus Wistar telah disajikan pada Gambar 2.

Hasil perhitungan diketahui bahwa rerata kadar glukosa darah puasa pada kelompok P2 lebih tinggi dibandingkan dengan kelompok P1, yaitu kelompok P2 sebesar $122,43 \pm 6,55$ mg/dL dan pada kelompok P1 sebesar $77,14 \pm 11,08$ mg/dL. Menurut hasil uji independent t-test diketahui bahwa terdapat perbedaan secara signifikan antara kadar glukosa darah puasa tikus kelompok yang diberi diet tinggi lemak dengan kelompok tikus yang diberi diet normal ($p < 0,001$).



Gambar 1. Rerata berat testis tikus (P1=Diet Normal, P2=Diet Tinggi Lemak).



Gambar 2. Rerata kadar glukosa darah puasa (GDP) tikus (P1=Diet Normal, P2=Diet Tinggi Lemak; *terdapat perbedaan yang signifikan [$p < 0,05$]).

Pembahasan

Diet tinggi lemak memiliki pengaruh terhadap perubahan fisiologis tubuh, khususnya menimbulkan gangguan metabolik seperti obesitas, resistensi insulin, dan hiperglikemia yang mencerminkan homeostasis energi dan glukosa terganggu. Gangguan metabolik akibat diet tinggi lemak dapat menyebabkan gangguan pada fungsi reproduksi pria (Adthapanyawanich et al., 2025; Hafez et al., 2025).

Berdasarkan hasil pada penelitian ini menunjukkan bahwa rerata berat testis pada kelompok tikus yang diberi perlakuan diet tinggi lemak lebih rendah dibandingkan dengan kelompok yang diberi diet normal, namun tidak berbeda signifikan ($p > 0.05$). Temuan ini sejalan dengan penelitian eksperimental sebelumnya melaporkan bahwa diet tinggi lemak dapat mengganggu spermatogenesis, penurunan steroidogenesis, dan salah satunya adalah mengakibatkan terjadinya penurunan berat testis (Hafez et al., 2025). Hasil penelitian ini juga didukung oleh temuan studi lain yang menunjukkan bahwa kelompok tikus yang diberi diet tinggi lemak menyebabkan berat testis relatif menurun dibandingkan kelompok diet normal (Billah et al., 2022). Selain itu, sampel yang jumlahnya terbatas dalam penelitian ini dapat memengaruhi signifikansi hasil berat testis, sehingga perbedaan nyata antar kelompok tidak nampak. Penurunan berat testis akibat diet tinggi lemak terjadi melalui beragam mekanisme yang saling berhubungan meliputi gangguan hormonal, disfungsi metabolisme, dan stres oksidatif. Selain itu, diet tinggi lemak memicu produksi reactive oxygen species (ROS) yang berlebihan dalam jaringan testis.

Hasil penelitian ini menemukan bahwa kadar glukosa darah pada kelompok tikus yang mendapatkan perlakuan diet tinggi lemak lebih tinggi dibandingkan kelompok yang diberi diet normal yang menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan ($p < 0.05$). Temuan ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa kadar glukosa darah puasa meningkat secara signifikan pada kelompok tikus yang diberi diet tinggi lemak dibandingkan kelompok diet normal (Xie et al., 2023). Penelitian *in vivo* sebelumnya juga melaporkan bahwa pemberian diet tinggi lemak dapat meningkatkan kadar glukosa darah puasa secara signifikan (Hu et al., 2021). Penelitian lain juga menemukan bahwa tikus yang diberi diet tinggi lemak akan memengaruhi metabolisme

glukosa secara sistemik sehingga kadar glukosa darah puasa mengalami peningkatan secara signifikan (Mengr et al., 2023).

Diet tinggi lemak berdampak terhadap metabolisme lemak dan glukosa yang dapat menghambat jalur pensinyalan insulin *Phosphatidylinositol 3-Kinase/Protein Kinase B* (PI3K/Akt). Selain itu, diet tinggi lemak juga memicu fosforilasi *Insulin Receptor Substrate-1* (IRS-1) di hati menurun sehingga jalur utama respon insulin yaitu aktivasi PI3K/Akt menjadi terhambat. Keadaan ini disertai dengan adanya penurunan fosforilasi Akt (Ser473) di jaringan perifer yang mengakibatkan inhibisi translokasi *Glucose Transporter 4* (GLUT 4) menuju membran sel serta pengambilan glukosa oleh jaringan adiposa dan otot menurun (Budi et al., 2022; Mengr et al., 2023; Wang et al., 2025). Dampak inhibisi sinyal PI3K/Akt di hati membuat kemampuan insulin mengendalikan ekspresi enzim *Phosphoenolpyruvate Carboxykinase* (PEPCK) dan *Glucose-6-Phosphatase* (G6Pase) menurun sehingga produksi glukosa endogen meningkat (Park et al., 2024). Pengambilan glukosa oleh jaringan perifer yang diikuti peningkatan glukoneogenesis di hati akibat diet tinggi lemak dapat memodulasi peningkatan kadar glukosa darah. Hal ini mencerminkan terjadinya disregulasi homeostasis glukosa dan berkembangnya resistensi insulin (Abbasi & Khodadadi, 2025; Lei et al., 2023).

Kesimpulan

Diet tinggi lemak berpotensi memicu gangguan metabolik yang ditandai dengan kenaikan kadar glukosa darah puasa tikus secara signifikan. Kondisi ini mengindikasikan adanya kemungkinan gangguan homeostasis glukosa dan resistensi insulin. Berat testis tikus pada kelompok yang diberi diet tinggi lemak cenderung lebih rendah dibandingkan dengan kelompok diet normal meskipun tidak berbeda signifikan.

Temuan ini mengindikasikan bahwa efek pemberian diet tinggi lemak terhadap sistem reproduksi cenderung memengaruhi penurunan massa organ testis. Penelitian lebih lanjut perlu dilakukan dengan pengukuran hormon testosteron, penanda stres oksidatif seperti aktivitas enzim antioksidan jaringan testis (SOD dan GPx) dan Malondialdehid (MDA) untuk mengkaji mekanisme perubahan fungsi reproduksi secara komprehensif akibat diet tinggi lemak.

Deklarasi Konflik Kepentingan

Penulis tidak mempunyai konflik kepentingan kepada pihak manapun selama proses pelaksanaan penelitian maupun penyusunan artikel ilmiah.

Daftar Rujukan

- Abbasi, E., & Khodadadi, I. (2025). High-fat diet may increase the risk of insulin resistance by inducing dysbiosis. *Metabolism Open*, 27, 100381. <https://doi.org/10.1016/j.metop.2025.100381>
- Adthapanyawanich, K., Aitsarangkun, K., Ayutthaya, N., Kreungnium, S., Mark, P. J., Nakata, H., Chen, W., Chinda, K., Amatyakul, P., & Tongpob, Y. (2025). Molecular Mechanisms and Therapeutic Potential of Mulberry Fruit Extract in High-Fat Diet-Induced Male Reproductive Dysfunction: A Comprehensive Review. *Nutrients*, 17(2), 273. <https://doi.org/10.3390/nu17020273>
- Ahmed, S. K., & Mohammed, R. A. (2025). Obesity: Prevalence, causes, consequences, management, preventive strategies and future research directions. *Metabolism Open*, 27, 100375. <https://doi.org/10.1016/j.metop.2025.100375>
- Al Rahmad, A. H. (2021). Faktor risiko obesitas pada guru sekolah perempuan serta relevansi dengan PTM selama pandemi Covid-19. *Amerta Nutrition*, 5(1), 31–40. <https://doi.org/10.20473/amnt.v5i1.2021.31-40>
- Barber, T. M., Kabisch, S., & Pfeiffer, A. F. H. (2024). Dietary and Lifestyle Strategies for Obesity. *Nutrients*, 16(16), 2714. <https://doi.org/10.3390/nu16162714>
- Bhagtani, D., Adams, J., Imamura, F., Lahiri, A., Pradeepa, R., Mahmood, S., Shamim, A. A., Akter, F., Loomba, M., Athauda, L., De Silva, L., Khawaja, K. I., Ahmad, S., Jha, V., Kasturiratne, A., Katulanda, P., Mridha, M. K., Anjana, R. M., Chambers, J. C., & Forouhi, N. G. (2025). Quantification of regional variation in ultra-processed food consumption and its sociodemographic correlates across Bangladesh, India, Pakistan, and Sri Lanka: insights from the South Asia Biobank. *Lancet Regional Health Southeast Asia*, 39, 100633. <https://doi.org/10.1016/j.lansea.2025.100633>
- Billah, M. M., Khatiwada, S., Lecomte, V., Morris, M. J., & Maloney, C. A. (2022). Ameliorating high-fat diet-induced sperm and testicular oxidative damage by micronutrient-based antioxidant intervention in rats. *European Journal of Nutrition*, 61(7), 3741–3753. <https://doi.org/10.1007/s00394-022-02917-9>
- Budi, Y. P., Li, Y.-H., Huang, C., Wang, M.-E., Lin, Y.-C., Jong, D.-S., Chiu, C.-H., & Jiang, Y.-F. (2022). The role of autophagy in high-fat diet-induced insulin resistance of adipose tissues in mice. *PeerJ*, 10, e13867. <https://doi.org/10.7717/peerj.13867>
- Crean, A. J., & Senior, A. M. (2019). High-fat diets reduce male reproductive success in animal models: A systematic review and meta-analysis. *Obesity Reviews*, 20(6), 921–933. <https://doi.org/10.1111/obr.12827>
- Dewistamara, M. G., Qomariyah, N., & Khaleyla, F. (2025). Effect of Different Types of High-Fat Diet (HFD) for Induction of Type 2 Diabetes Mellitus in Animal Model. *LenteraBio*, 14(3), 331–339. <https://doi.org/10.26740/lenterabio.v14n3.p331-339>
- Falvo, S., Minucci, S., Santillo, A., Senese, R., & Chief, G. (2023). A short-term high-fat diet alters rat testicular activity and blood-testis barrier integrity through the SIRT1/ NRF2/ MAPKs signaling pathways. *Frontiers Endocrinology*, 14, 1274035. <https://doi.org/10.3389/fendo.2023.1274035>
- Hafez, M. H., Gad, S. B., & El-sayed, Y. S. (2025). Quercetin-mediated restoration of high-fat diet-induced male reproductive dysfunction through modifying spermatogenesis and unraveling 3 β -HSD, 17 β -HSD, and StAR pathways. *BMC Pharmacology Toxicology*, 26(1), 90. <https://doi.org/10.1186/s40360-025-00918-y>
- Hu, S., Wang, L., Wu, Y., Yang, D., Xu, Y., Li, L., Li, B., Li, M., Li, J., Wang, G., Zhang, X., Niu, C., Mazidi, M., & Douglas, A. (2021). Effects of dietary macronutrients and body composition on glucose homeostasis in mice. *National Science Review*, 8(1), 177. <https://doi.org/10.1093/nsr/nwaa177>
- Kang, Y., Li, P., Yuan, S., Fu, S., Zhang, X., Zhang, J., Dong, C., & Xiong, R. (2025). Progress in Investigating the Impact of Obesity on Male Reproductive Function. *Biomedicines*, 13(9),

2054.
<https://doi.org/10.3390/biomedicines13092054>
- Lei, C., Wang, J., Li, X., Mao, Y., & Yan, J. (2023). Changes of insulin receptors in high fat and high glucose diet mice with insulin resistance. *Adipocyte*, 12(1), 1–10. <https://doi.org/10.1080/21623945.2023.2264444>
- Leisegang, K., Sengupta, P., Agarwal, A., & Henkel, R. (2021). Obesity and male infertility: Mechanisms and management. *Andrologia*, 53(1), e13617. <https://doi.org/10.1111/and.13617>
- Li, C., Ni, S., Sun, H., Zhu, S., Feng, Y., Yang, X., Huang, Q., Jiang, S., & Tang, N. (2023). Effects of PM(2.5) and high-fat diet interaction on blood glucose metabolism in adolescent male Wistar rats: A serum metabolomics analysis based on ultra-high performance liquid chromatography/mass spectrometry. *Ecotoxicology Environmental Safety*, 262, 115200. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2023.115200>
- Luo, D., Zhang, M., Su, X., Liu, L., Zhou, X., Zhang, X., Zheng, D., Yu, C., & Guan, Q. (2020). High fat diet impairs spermatogenesis by regulating glucose and lipid metabolism in Sertoli cells. *Life Science*, 257, 118028. <https://doi.org/10.1016/j.lfs.2020.118028>
- Maleki, A. H., Azar, J. T., Razi, M., & Tofighi, A. (2024). The Effect of Different Exercise Modalities on Sertoli-germ Cells Metabolic Interactions in High-fat Diet-induced Obesity Rat Models: Implication on Glucose and Lactate Transport, Igf1, and Igf1R-dependent Pathways. *Reproductive Sciences*, 31(8), 2246–2260. <https://doi.org/10.1007/s43032-024-01533-8>
- Marino, M., Puppo, F., Del Bo', C., Vinelli, V., Riso, P., Porrini, M., & Martini, D. (2021). A Systematic Review of Worldwide Consumption of Ultra-Processed Foods: Findings and Criticisms. *Nutrients*, 13(8), 2778. <https://doi.org/10.3390/nu13082778>
- Mengr, A., Strnadová, V., Strnad, S., Vrkoslav, V., Pelantová, H., Kuzma, M., Comptdaer, T., Železná, B., Kuneš, J., Galas, M., Pacesová, A., & Maletínská, L. (2023). Feeding High-Fat Diet Accelerates Development of Peripheral and Central Insulin Resistance and Inflammation and Worsens AD-like Pathology in APP/PS1 Mice. *Nutrients*, 15(17), 3690. <https://doi.org/10.3390/nu15173690>
- Mo, Q., Deng, X., Zhou, Z., & Yin, L. (2025). High-Fat Diet and Metabolic Diseases: A Comparative Analysis of Sex-Dependent Responses and Mechanisms. *International Journal Molecular Sciences*, 26(10), 4777. <https://doi.org/10.3390/ijms26104777>
- Park, J., Yoo, J., & Han, J. (2024). HM-Chromanone Alleviates Hyperglycemia by Activating AMPK and PI3K / AKT Pathways in Mice Fed a High-Fat Diet. *Nutrients*, 16(22), 3972. <https://doi.org/10.3390/nu16223972>
- Retiaty, F., Andarwulan, N., Palupi, N. S., Ernawati, F., & Kazimierczak, R. (2025). Contribution of Food , Energy, Macronutrients and Fiber Consumption Patterns to Obesity and Other Non-Communicable Disease Risks in the Indonesian Population. *Nutrients*, 17(9), 1459. <https://doi.org/10.3390/nu17091459>
- Service, C. A., Puri, D., Azzawi, S. Al, Hsieh, T., & Patel, D. P. (2023). The impact of obesity and metabolic health on male fertility: a systematic review. *Fertility Sterility*, 120(6), 1098–1111. <https://doi.org/10.1016/j.fertnstert.2023.10.017>
- Uddand Rao, V. V. S., Eraniappan, S., Balakrishnan, A., Singaravel, S., Roy, A., Parim, B. N., Ponnusamy, C., Ganapathy, S., & Sasikumar, V. (2024). Systems Biology in Reproductive Medicine Hydroxycitric acid and capsaicin combination alleviates obesity-induced testicular apoptosis, oxidative stress and inflammation. *Systems Biology Reproductive Medicine*, 70(1), 20–37. <https://doi.org/10.1080/19396368.2024.2306403>
- Wang, J., Dai, L., Yu, T., & Id, J. X. (2025). Insights into the progressive impact of high- fat-diet induced insulin resistance on skeletal muscle and myocardium: A comprehensive study on C57BL6 mice. *PLoS One*, 20(1), e0310458. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0310458>
- Wang, Wang, H., Zhang, B., Popkin, B. M., & Du, S. (2020). Elevated Fat Intake Increases Body Weight and the Risk of Overweight and Obesity among Chinese Adults: 1991-2015 Trends. *Nutrients*, 12(11), 3272. <https://doi.org/10.3390/nu12113272>

Xie, D., Zhang, Y., Guo, Y., Xue, X., Zhao, S., Geng, C., Li, Y., Yang, R., Gan, Y., Li, H., Ren, Z., & Jiang, P. (2023). The impact of high-glucose or high-fat diets on the metabolomic profiling of mice. *Frontiers Nutrition*, 10, 1171806.

<https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1171806>

Zhang, W., Tian, Z., Qi, X., & Chen, P. (2023). Switching from high - fat diet to normal diet

ameliorate BTB integrity and improve fertility potential in obese male mice. *Scientific Reports*, 13(1), 14152. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-41291-2>

Zhang, Y., Wang, R., & Liu, T. (2024). Exercise as a Therapeutic Strategy for Obesity: Central and Peripheral Mechanisms. *Metabolites*, 14(11), 589. <https://doi.org/10.3390/metabo14110589>