EFEKTIVITAS LATIHAN FISIK TERHADAP SINDROM METABOLIK PADA LANSIA: SYSTEMATIC REVIEW

Farita Adhynda Amithya[1],
[1] *Program Studi Magister Fisioterapi, Fakultas Ilmu Kesehatan, Universitas Muhammadiyah Surakarta*

*Corresponding author: Farita Adhynda Amithya, Email : j128240006@student.ums.ac.id

Abstract

Intrpduction: Sindrom metabolic pada lansia meningkatkan resiko penyakit kardiovaskular dan diabetes tipe 2. Latihan fisik merupakan langkah pemberinan intervensi non-farmakologis yang potensial untuk mengelola metabolic syndrome.

Objectives: menilai efektivitas berbagai jenis latihan fisik dalam memperbaiki parameter sindrom metabolic yang banyak terjadi pada populasi lansia.

Method: penelurusan literatur dilakukan pada database PubMed yang diterbitkan antara 2015-2025. Kriteria inklsi meliputi studi dengan subjek lansia lebih dari 60 tahun dan memiliki diagnose sindrom metabolic dan menerima berbagao intervensi latihan fisik.

Result: Intervensi latihan fisik terutama latihan aerobic dan kombinasi latihan lain menunjukkan hasil penelitian terjadi peningkatan signifikan pada parameter sindrom metabolic termasuk dalam penurunan tekanan darah, lingkar pinggang, kadar glukosa darah, dan peningkatan profil lipid.

Conclusion: latihan fisik dengan berbagai jenis latihan fisik terbukti efektif dalam memperbaiki parameter sindrom metabolic pada lansia. Latihan fisik diharapkan menjadi bagian dari lifestyle yang berkelanjutan.

Keyword: Lanjut Usia; Sindrom Metabolik; Latihan Fisik; Systematic Review

Introduction

Meningkatnya populasi lanjut usia menjadi salah satu tantangan utama dalam dunia kesehatan abad ini. Diperkirakan jumlah penduduk lansia akan menjadi dua kali lipat pada 2050 dilihat dari proyeksi yang dilaporkan pada tahun 2019, sehingga satu dari enam orang di dunia berada dalam kelompok usia lansia. Peningkatan populasi orang lanjut usia juga meningkatkan resiko kesehatan yang kompleks sindrom metabolik (Miranda-Tueros et al., 2024). Sindrom metabolik adalah sekumpulan faktor resiko yang mencakup obesitas sentral, dislipidemia, dan gangguan metabolisme glukosa, yang secara signifikan meninvkatkan kemungkinan penyakit kardiovaskular dan diabetes melitus tipe 2 (Chomiuk et al., 2024). Sindrom metabolik cenderung lebih banyak terjadi pada usia lanjut, karena proses penuaan mengakibatkan penurunan massa otot (sarkopenia), perubahan hormonal, serta peningkatan resistensi insulin. Selain itu, penurunan kekuatan otot ekstremitas bawah sebesar 2,5–4% per tahun setelah usia 75 tahun, berdampak langsung pada penurunan mobilitas, keseimbangan, dan kualitas hidup lansia (Aartolahti et al., 2020).

Meskipun latihan fisik terbukti dapat memperbaiki berbagai parameter sindrom metabolik, seperti tekanan darah, kadar gula darah, dan profil lipid, penelitian yang fokus pada kelompok lanjut usia masih terbatas jumlahnya. Salah satu uji coba terkontrol secara acak (RCT) selama 12 minggu pada lansia menunjukkan bahwa, meskipun terdapat perbaikan awal, hasil tersebut tidak bertahan lama setelah intervensi selesai, terutama pada peserta yang tidak mendapatkan dukungan pengobatan secara optimal. Hingga saat ini, belum ada kesepakatan yang pasti mengenai jenis latihan apa yang paling tepat, berapa lama latihan harus dilakukan, seberapa sering dalam seminggu, dan dengan intensitas seperti apa agar efektif untuk lansia dengan sindrom metabolik (Wang et al., 2015). Selain itu, Lebih jauh, banyak penelitian hanya berfokus pada parameter klinis seperti tekanan darah, glukosa, dan lipid, sedangkan output fungsional lansia (misalnya kekuatan otot, kapasitas fisik, dan kualitas hidup) masih jarang dievaluasi secara sistematis. Hal ini diperkuat oleh penelitian cross-sectional yang menunjukkan bahwa wanita lanjut usia dengan sindrom metabolik memiliki kekuatan otot, power tungkai bawah, dan kapasitas fungsional yang lebih rendah dibandingkan lansia tanpa sindrom metabolik (Conde-Pipó et al., 2022).

Urgensi penelitian ini diperkuat oleh tingginya prevalensi pada populasi lanjut usia secara global yang membutuhkan intervensi tepat guna untuk mencegah komplikasi jangka panjang dan menurunkan beban kesehatan masyarakat. Latihan fisik telah diakui sebagai pendekatan nonfarmakologis yang efektif dalam menangani berbagai komponen sindrom metabolik. (Zhou et al., 2022) menemukan bahwa kombinasi latihan aerobik dan resistensi selama 12 minggu dapat memperbaiki glukosa darah, tekanan darah, trigliserida, serta kekuatan otot pada lansia. Namun, masih sedikit penelitian yang mengevaluasi keberlanjutan manfaat setelah intervensi dihentikan.

Selain itu, efek sinergis antara latihan fisik dan intervensi diet belum banyak dikaji secara sistematis, padahal kombinasi keduanya berpotensi menghasilkan dampak yang lebih signifikan terhadap kesehatan metabolik dan fungsional lansia (Agner et al., 2018).Latihan seperti aerobic dan strengthening juga

merupakan intervensi yang hemat biaya dan terbukti menunda disfungsi fisik serta mencegah penyakit kronis (Zaleski et al., 2016). Strength and balance training pun telah direkomendasikan sebagai bagian dari panduan aktivitas fisik untuk lansia guna mencegah jatuh dan disabilitas (Aartolahti et al., 2020). Oleh karena itu, penelitian ini penting untuk mengevaluasi efektivitas latihan fisik, baik secara mandiri maupun dikombinasikan dengan intervensi diet, dalam penanganan sindrom metabolik pada lansia, dengan mempertimbangkan hasil klinis, fungsional, dan kualitas hidup secara menyeluruh.

Tujuan dari pembuatan artikel ini untuk mengevaluasi dampak dari exercise terhadap sindrom metabolic pada lansia dengan harapan bisa membantu menurunkan dan sebagai langkah preventif untuk penurunan kejadian sindrom metabolic.

Method

Pemilihan artikel menggunakan metode PICO dengan strategi Population (P) yaitu orang lanjut usia berusai lebih dari 60 tahun didiagnosis dengan sindrom metabolik. Intervention (I) yaitu latihan fisik seperti latihan aerobik, latihan kekuatan, atau kombinasi keduanya. Comparison (C) yaitu tanpa diberikan latihan atau intervensi lain. Outcome (O) yaitu perubahan kadar glukosa darah, tekana darah, lingkar pinggang, dan profil lipid. Pencarian artikel menggunakan PubMed dengan keyword "syndrome metabolic" AND "Exercise" AND "older Adults".

Tabel 1. Keyword PICO

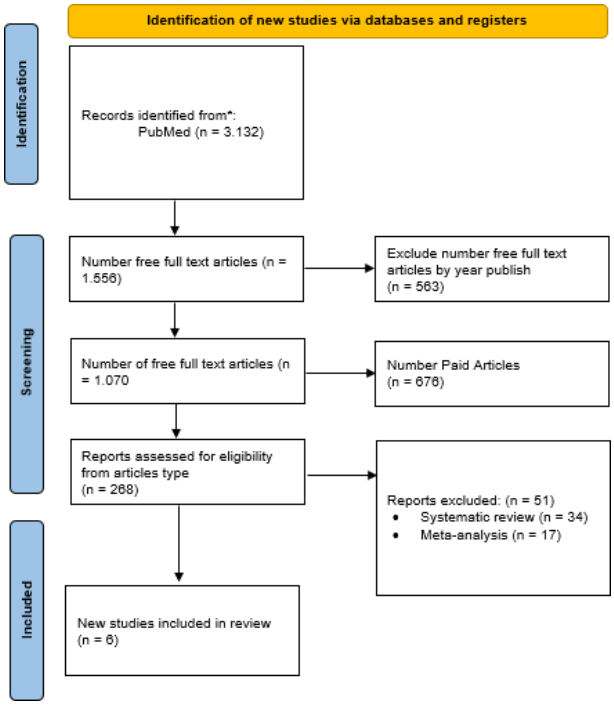
Pico Element	Keyword	Sinonim
Population	"Older Adults"	"elderly", "aged", "geriatrics", "older people
Intervention	"Exercice"	"physical activity", "aerobic training", "resistance training"
Comparison	"Metabolic Syndrome"	"insulin resistance syndrome" , "cardiometabolic syndrome"
Outcome	"Glucose","Lipid","Blood Pressure"	"blood glucose","fasting glucose","fasting blood sugar" "blood lipids", "lipid profile", "triglycerides", "cholesterol" "hypertension", "arterial pressure"

Item pelaporan pilihan untuk artikel ini yaitu dengan menggunakan PRISMA yang mencakup tahap identifikasi artikel dari database, penyaringan duplikasi, penilaian kelayakan berdasarkan judul dan abstrak, evaluasi teks lengkap, hingga jumlah akhir studi yang memenuhi kriteria inklusi dan disertakan dalam analisis sistematik. Kerangka kerja PICOS (population, intervensi, perbandingan,

hasil, dan desain studi) diterapkan untuk memilih studi yang relevan. Kemudian, JBI Critical Appraisal Tools digunakan untuk menilai kualitas metodologis untuk studi observasional dan quasi-exeprimental mencakup kejelasan kriteria inklusi, populasi dan setting, keandalan pengukuran, pengendalian faktor perancu, validitas analisis statistik, kecukupan tindak lanjut, ketepatan alat ukur, serta kesesuaian hasil dan kesimpulan, yang dinilai secara independen oleh dua penilai menggunakan kategori "Yes", "No", "Unclear", atau "Not Applicable", kemudian hasilnya diekstraksi dan dicatat dalam tabel, serta hanya artikel dengan lebih dari 70% "Yes" yang disertakan dalam analisis untuk memastikan validitas dan kualitas metodologis studi yang diikutsertakan dalam systematic review.

Tabel 2. Kriteria Eligibel

	Inclusion Criteria	Exclusion Criteria
Population	● Lansia >60 tahun ● Memiliki diagnosis sindrom metabolik	● Subjek memiliki penyakit penyerta berat seperti kanker atau gagal ginjal yang memengaruhi hasil
Intervention	Exercise seperti aerobic, latihan dengan penambahan beban, strengthening, atau kombinasi	Intervensi non-latihan seperti hanya diet atau penggunaan farmakoterapi
Comparison	Tidak ada latihan/Kelompok control/intervensi berbeda	Tanpa diberikan intervensi tambahan atau intervensi lain
Outcome	Sindrom metabolik menurut WHO apabila terdapat ≥3 dari 5 kriteria yaituTekanan darah (≥130/85 mmHg), lingkar pinggang (≥102 cm pada pria dan ≥88 cm pada wanita), glukosa darah puasa (≥100 mg/dl), dan nilai lipid (trigliserida ≥150 mg/dL)	Memiliki kriteria sindrom metabolik kurang dari 3
Publicatioin Type	Bersumber dari Pubmed	Bersumber bukan dari Pubmed



Gambar 1. Diagram Alir PRISMA

Dari 268 artikel yang ditemukan, 6 studi diatas yang memenuhi seluruh kriteria inklusi, yaitu penelitian pada lansia (≥60 tahun) dengan diagnosis sindrom metabolik, menggunakan intervensi aktivitas fisik atau mengevaluasi tingkat aktivitas fisik, serta melaporkan minimal dua outcome klinis seperti lingkar pinggang, tekanan darah, kadar glukosa darah puasa, kadar profil lipid, atau diagnosis sindrom metabolik. Studi yang terpilih mencakup desain eksperimental (randomized controlled trial), longitudinal, dan observasional dengan kualitas metodologis yang memadai berdasarkan penilaian JBI.

Tabel 3. JBI Appraisal Tools

Penulis	Jenis Studi	Skor JBI	Catatan
(Chomiuk et al., 2024)	Observasional	87,5 %	Penelitian ini menetapkan durasi intervensi >150 menit/minggu, sesuai dengan rekomendasi WHO. Namun, keterbatasan studi ini adalah tidak dijelaskannya metode *blinding* serta kurangnya informasi tentang pengendalian terhadap *loss to follow-up*, yang dapat memengaruhi validitas internal.
(Zhou et al., 2022)	Randomized Control Trial	91,6%	Kombinasi latihan aerobik dan resistensi dilakukan 3 kali/minggu selama 24 minggu, menunjukkan intervensi yang terstruktur. Meskipun demikian, keterbatasan utama terletak pada tidak dijelaskannya metode randomisasi dan prosedur *blinding*, yang dapat menimbulkan risiko bias implementasi.
(Lin et al., 2015)	Randomized Control Trial	83,3%	Intervensi dilakukan 5 kali/minggu selama 3 bulan dan menghasilkan perbaikan pada

			beberapa komponen sindrom metabolik. Namun, keterbatasannya adalah tidak dijelaskannya strategi untuk mengontrol faktor perancu serta tidak adanya laporan tentang evaluasi kepatuhan peserta terhadap program latihan.
(Stetic et al., 2021)	Randomized Control Trial	87,5%	Studi ini berfokus pada intervensi latihan kekuatan selama 12 minggu. Studi ini memberikan hasil positif pada glukosa darah dan tekanan darah. Keterbatasan utamanya adalah tidak adanya pelaporan tentang pengawasan terhadap intensitas latihan dan keikutsertaan peserta, serta kurangnya klarifikasi pada metode rekrutmen subjek.
(Zając- Gawlak et al., 2021)	Longitudinal	79,1%	Penelitian bersifat longitudinal selama 7 tahun tanpa intervensi spesifik, melainkan observasi terhadap tingkat aktivitas fisik. Keterbatasan utamanya adalah penggunaan data observasional tanpa kontrol terhadap faktor lain yang mungkin memengaruhi hasil, serta potensi *recall bias* dari pengukuran aktivitas fisik secara *self-report*.
(Xu et al., 2019)	Observasional	75%	Kelemahan utama terletak pada tidak ditentukannya durasi dan intensitas intervensi fisik, karena studi menggunakan data retrospektif dari survei populasi. Selain itu, tidak adanya pengawasan langsung terhadap aktivitas fisik menyebabkan risiko bias interpretasi hasil.

Result

Pencarian artkel dilakukan melalui beberapa database PubMed dengan total 3.132 artikel yang berhasil diidentifikasi. Dilhat dari total keseluruhan, 563 artikel tidak digunakan karena diluar tahun sesuai kriteria inklusi. Sejumlah artikel yang lolos dan memiliki free full text access sebanyak 1.070 kemudian diseleksi melalui tipe artikel dimana systematic review dan meta-analysis tidak termasuk di dalamnya.Dari 268 artikel yang telah diperoleh, disesuaikan lagi dengan kriteria inklusi yang terlah tersedia sebelumnya hingga tersisa 6 artikel untuk di review dalam artikel ini.

Tabel 4. Tabel Artikel

Judul	Penulis	Desain Studi	Partisipan	Intervensi	Hasil
Physical Activity in Metabolic Syndrome	(Chomiuk et al., 2024)	Observasional	100 lansia dengan metabolic syndrome	Aktivitas fisik seperti berjalan cepat, olahraga ringan (> 150 menit/minggu)	Aktivitas fisik secara signifikan menurunkan lingkar pinggang dan kadar glukosa puasa
Benefits of different combinations of aerobic and resistance exercise for improving plasma glucose and lipid metabolism and sleep quality among elderly patients with metabolic syndrome: a randomized	(Zhou et al., 2022)	Randomized Control Trial	132 Lansia dengan metabolic syndrome	Aerobic, resistensi, kombinasi dengan doses 3x/minggu selama 24 minggu	Kombinasi latihan paling efektif menurunkan glukosa darah, meningkatkan HDL, dan memperbaiki kualitas tidur

controlled trial					
The Effects of a Diet and Exercise Program for Older Adults With Metabolic Syndrome	(Lin et al., 2015)	Randomized Control Trial	85 lansia dengan metabolic syndrome	Diet di kombinasikan dengan aerobic exercise 5x perminggu selama 3 bulan	Adanya penurunan signifikan pada tekanan darah, lingkar pinggang, dan glukosa puasa
Influence of Physical Activity on the Regulation of Disease of Elderly Persons with Metabolic Syndrome	(Stetic et al., 2021)	Randomized Control Trial	120 lansia dengan metabolic syndrome	Latihan kekuatan vs aerobic selama 12 minggu	Latihan kekuatan menunjukkan perbaikan lebih besar pada glukosa dan tekanan darah
Does physical activity lower the risk for metabolic syndrome: a longitudinal study of physically active older women	(Zając-Gawlak et al., 2021)	Longitudinal	70 lasia berjenis kelamin perempuan	Aktivitas fisik jangka panjang yang diukur selama 7 tahun	Lansia yang aktif memiliki resiko lebih rendah terkena syndrome metabolic secara signifikan dibandingkan yang tidak aktif
The Association Between Physical Activity And Metabolic Syndrome In Older Adults With Obesity	(Xu et al., 2019)	Cross- sectional study	287 lansia obesitas	Aktivitas fisik diukur dengan kuesioneer	Tingkat aktivitas tinggi berasosiasi negative dengan kejadian metabolic syndrome dan juga nilai BMI

Discussion

Tinjauan ini mengidentifikasi bahwa mayoritas pserta lansia menerima dengan baik dan memberikan respon positif terhadap intervensi yang diberikan. Para peserta lansia juga menunjukkan kepatuhan terhadap intervensi yang diberikan. Secara umum, aktivitas fisik seperti berjalan cepat, latihan aerobik, resistance training, dan kombinasi keduanya memberikan dampak signifikan terhadap parameter sindrom metabolik, seperti penurunan

lingkar pinggang, tekanan darah, kadar glukosa darah, serta profil lipid.

Secara rinci, (Chomiuk et al., 2024) menunjukkan bahwa aktivitas fisik yang teratur mampu menurunkan lingkar pinggang dan kadar glukosa darah puasa. Pada penelitian (Zhou et al., 2022) melaporkan bahwa kombinasi aerobic dan resistance training 3x/minggu selama 24 minggu efektif menurunkan glukosa darah dan meningkatkan kadar profil lipid. Penelitian (Lin et al., 2015) menemukan bahwa diet dan olahraga aerobik 5x/minggu selama 3 bulan dapat menurunkan tekanan darah, lingkar pinggang, dan glukosa puasa secara signifikan. Sementara itu, (Stetic et al., 2021) melaporkan bahwa latihan kekuatan selama 12 minggu lebih efektif dalam menurunkan tekanan darah dan glukosa dibandingkan latihan aerobik. Dalam (Zając-Gawlak et al., 2021) dan (Xu et al., 2019) menegaskan bahwa lansia yang aktif secara fisik memiliki risiko lebih rendah mengalami sindrom metabolik dibandingkan dengan yang tidak aktif.

Hasil studi-studi yang dianalisis menunjukkan bahwa aktivitas fisik, baik dalam bentuk aerobik, resistensi, maupun kombinasi, berdampak positif terhadap komponen utama sindrom metabolik. Temuan ini konsisten dengan literatur sebelumnya seperti yang dinyatakan oleh (Colberg et al., 2016), bahwa olahraga dapat meningkatkan kontrol glukosa darah pada diabetes tipe 2, menurunkan risiko kardiovaskular, dan meningkatkan kesejahteraan secara umum. Dalam (Liu et al., 2015) juga mendukung efektivitas kombinasi aerobic dan resistance training dalam menurunkan glukosa postprandial, insulin, dan inflamasi tingkat rendah. Temuan (Lin et al., 2015) juga diperkuat oleh studi (Al-Mhanna et al., 2023) yang menekankan bahwa kombinasi diet dan olahraga memberikan dampak yang optimal terhadap kualitas hidup lansia. Intervensi nutrisi yang seimbang dapat mencegah komplikasi seperti obesitas, sarcopenia, dan malnutrisi yang turut berkontribusi pada risiko sindrom metabolik.

Meskipun efek positif aktivitas fisik terhadap sindrom metabolik pada lansia telah banyak dibahas, masih terdapat beberapa kekosongan penelitian yang penting untuk diidentifikasi. Pertama, belum banyak studi yang mengevaluasi efektivitas jenis aktivitas fisik tertentu pada subpopulasi lansia dengan komorbiditas seperti diabetes tipe 2, hipertensi, atau osteoartritis secara spesifik (Chomiuk et al., 2024). Kedua, sebagian besar intervensi dalam studi hanya dilakukan dalam jangka pendek (rata-rata 8–24 minggu), sehingga kurang menjelaskan dampak jangka panjang dari intervensi (>1 tahun) terhadap keberlangsungan perbaikan parameter sindrom metabolik (Stetic et al., 2021). Ketiga, aspek kepatuhan lansia terhadap program latihan serta faktor-faktor penghambat partisipasi seperti keterbatasan mobilitas, motivasi, akses fasilitas, dan peran dukungan sosial belum dibahas secara mendalam (Xu et al., 2019). Keempat, interaksi antara jenis diet tertentu (misalnya diet rendah indeks glikemik atau tinggi serat) dan jenis latihan fisik terhadap masing-masing komponen sindrom metabolik masih menjadi area yang kurang tereksplorasi (Tamura et al., 2020).

Penerapan latihan kekuatan dibandingkan dengan aerobic selama 12 minggu menghasilkan latihan kekuatan menunjukkan perbaikan lebih besar pada glukosa dan tekanan darah (Stetic et al., 2021). Physical activity dan strengthening adalah hal yang penting untuk mencegah dan mengontrol sindrom metabolic. Aerobic exercise terbukti lebih efektif menurunkan prevalensi dari metabolic syndrome (Kwon et al., 2022).

Sindrom metabolik sangat erat kaitannya dengan gaya hidup yang ditandai dengan akses mudah terhadap pasokan makanan berkalori tinggi, padat nutrisi, dan kurangnya aktivitas fisik terlebih pada lansia yang mengalami penurunan metabolisme (Han & Lean, 2016). Lansia yang aktif memiliki resiko lebih rendah terkena syndrome metabolic secara signifikan dibandingkan yang tidak aktif (Zając-Gawlak et al., 2021). Hal yang sama juga dikemukakan dalam penelitian (Xu et al., 2019) dimana lansia dengan tingkat aktivitas tinggi berasosiasi negative dengan kejadian metabolic syndrome dan juga nilai BMI yang berlebihan.

Review ini memiliki beberapa keterbatasan, antara lain: keterbatasan database dan bahasa yang hanya menyertakan artikel berbahasa Inggris, variasi desain dan durasi intervensi yang menyulitkan perbandingan langsung antar studi, serta kurangnya informasi detail tentang metode randomisasi dan blinding dalam beberapa artikel. Selain itu, sebagian studi bersifat observasional sehingga tidak dapat menunjukkan hubungan kausal secara langsung.

Conclusion

Dalam review ini menunjukkan bahwa aktivitas fisik, baik dalam bentuk aerobik, latihan kekuatan, maupun kombinasi keduanya, secara konsisten memberikan manfaat terhadap parameter sindrom metabolik pada lansia, termasuk penurunan lingkar pinggang, tekanan darah, kadar glukosa darah, dan profil lipid. Temuan ini menegaskan pentingnya intervensi gaya hidup aktif sebagai strategi preventif dan terapeutik dalam pengelolaan sindrom metabolik pada populasi usia lanjut.

Namun, masih terdapat kesenjangan penelitian, terutama terkait efek jangka panjang, kepatuhan lansia terhadap program latihan, serta interaksi spesifik antara diet dan jenis latihan tertentu. Oleh karena itu, penelitian lanjutan diperlukan untuk mengembangkan intervensi yang lebih individual, terintegrasi, dan berbasis komunitas. Secara praktis, hasil studi ini dapat menjadi dasar untuk perumusan kebijakan promotif dan preventif di layanan kesehatan primer dan komunitas lansia. Implementasi program latihan terstruktur perlu didorong melalui kolaborasi antar tenaga kesehatan, pengambil kebijakan, dan keluarga lansia.

Acknowledgments

Penulis menyampaikan apresiasi yang sebesar-besarnya kepada dosen pembimbing serta seluruh sivitas di Program Studi Fisioterapi atas bimbingan, dukungan, dan fasilitas yang telah diberikan selama proses penyusunan penelitian ini. Terima kasih juga ditujukan kepada rekan-rekan sejawat yang telah memberikan saran, dukungan moral, serta kontribusi positif selama tahap penelaahan literatur hingga penyusunan karya ini.

References

Aartolahti, E., Lönnroos, E., Hartikainen, S., & Häkkinen, A. (2020). Long-term strength and balance training in prevention of decline in muscle strength and mobility in older adults. *Aging Clinical and Experimental Research*, *32*(1), 59–66. https://doi.org/10.1007/s40520-019-01155-0

Al-Mhanna, S. B., Rocha-Rodriguesc, S., Mohamed, M., Batrakoulis, A., Aldhahi, M. I., Afolabi, H. A., Yagin, F. H., Alhussain, M. H., Gülü, M., Abubakar, B. D., Ghazali, W.

S. W., Alghannam, A. F., & Badicu, G. (2023). Effects of combined aerobic exercise and diet on cardiometabolic health in patients with obesity and type 2 diabetes: a systematic review and meta-analysis. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, *15*(1), 1–

15. https://doi.org/10.1186/s13102-023-00766-5

Chomiuk, T., Niezgoda, N., Mamcarz, A., & Śliż, D. (2024). Physical activity in metabolic syndrome. *Frontiers in Physiology*, *15*(February), 1–8. https://doi.org/10.3389/fphys.2024.1365761

Colberg, S. R., Sigal, R. J., Yardley, J. E., Riddell, M. C., Dunstan, D. W., Dempsey, P. C., Horton, E. S., Castorino, K., & Tate, D. F. (2016). Physical activity/exercise and diabetes: A position statement of the American Diabetes Association. *Diabetes Care*, *39*(11), 2065– 2079. https://doi.org/10.2337/dc16-1728

Han, T. S., & Lean, M. E. (2016). A clinical perspective of obesity, metabolic syndrome and cardiovascular disease. *JRSM Cardiovascular Disease*, *5*, 204800401663337. https://doi.org/10.1177/2048004016633371

Kwon, D.H., Cho, Y.G., Park, H.A., Koo, H. . (2022). The Difference in the Prevalence of Metabolic Syndrome and Muscle-Strengthening Exercise : A Cross-Sectional Study. *Utrients*, *14*(5391).

Lin, Y. H., Chu, L. L., Kao, C. C., Chen, T. B., Lee, I., & Li, H. C. (2015). The effects of a diet and exercise program for older adults with metabolic syndrome. *Journal of Nursing Research*, *23*(3), 197–205. https://doi.org/10.1097/jnr.0000000000000078

Liu, Y., Liu, S. xin, Cai, Y., Xie, K. ling, Zhang, W. liang, & Zheng, F. (2015). Effects of combined aerobic and resistance training on the glycolipid metabolism and inflammation levels in type 2 diabetes mellitus. *Journal of Physical Therapy Science*, *27*(7), 2365–2371. https://doi.org/10.1589/jpts.27.2365

Miranda-Tueros, M., Ramirez-Peña, J., Cabanillas-Lazo, M., Paz-Ibarra, J. L., & Pinedo- Torres, I. (2024). Effects of Aerobic Exercise on Components of the Metabolic Syndrome in Older Adults With Type 2 Diabetes Mellitus: Systematic Review and Meta-Analysis. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Publica*, *41*(2), 146–155. https://doi.org/10.17843/rpmesp.2024.412.12751

Stetic, L., Belcic, I., Sporis, G., Stetic, L., & Starcevic, N. (2021). Influence of physical activity on the regulation of disease of elderly persons with metabolic syndrome. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *18*(1), 1–17. https://doi.org/10.3390/ijerph18010275

Tamura, Y., Omura, T., Toyoshima, K., & Araki, A. (2020). Nutrition management in older adults with diabetes: A review on the importance of shifting prevention strategies from metabolic syndrome to frailty. *Nutrients*, *12*(11), 1–29. https://doi.org/10.3390/nu12113367

Xu, F., Cohen, S. A., Lofgren, I. E., Greene, G. W., Delmonico, M. J., & Greaney, M. L. (2019). The Association

between Physical Activity and Metabolic Syndrome in Older Adults with Obesity. *Journal of Frailty and Aging*, *8*(1), 27–32. https://doi.org/10.14283/jfa.2018.34

Zając-Gawlak, I., Pelclová, J., Groffik, D., Přidalová, M., Nawrat-Szołtysik, A., Kroemeke, A., Gába, A., & Sadowska-Krępa, E. (2021). Does physical activity lower the risk for metabolic syndrome: a longitudinal study of physically active older women. *BMC Geriatrics*, *21*(1), 1–9. https://doi.org/10.1186/s12877-020-01952-7

Zaleski, A. L., Taylor, B. A., Panza, G. A., Wu, Y., Pescatello, L. S., Thompson, P. D., & Fernandez, A. B. (2016). Coming of Age: Considerations in the Prescription of Exercise for Older Adults. *Methodist DeBakey Cardiovascular Journal*, *12*(2), 98–104. https://doi.org/10.14797/mdcj-12-2-98

Zhou, Y., Wu, W., Zou, Y., Huang, W., Lin, S., Ye, J., & Lan, Y. (2022). Benefits of different combinations of aerobic and resistance exercise for improving plasma glucose and lipid metabolism and sleep quality among elderly patients with metabolic syndrome: a randomized controlled trial. *Endocrine Journal*, *69*(7), 819–830. https://doi.org/10.1507/endocrj.EJ21-0589