



ATIVIDADE FÍSICA COMO MEIO DE MODIFICAÇÃO DO STATUS INFLAMATÓRIO NA OBESIDADE: REVISÃO NARRATIVA DA LITERATURA

PHYSICAL ACTIVITY AS A MEANS OF MODIFYING INFLAMMATORY STATUS IN OBESITY: A NARRATIVE LITERATURE REVIEW

Autores

Valentina Jardim De La Rocque¹

Henrique Onofre Colombo Silva¹

Geovanne Felix de Oliveira¹

Douglas Reis Abdalla²

Resumo

A obesidade é uma condição multifatorial associada a inflamação crônica de baixo grau, decorrente do excesso de tecido adiposo e aumento de adipocinas pró-inflamatórias, como TNF- α e IL-6, que contribuem para resistência à insulina, diabetes tipo 2 e doenças cardíacas. Este estudo revisa narrativamente a literatura sobre o papel da atividade física na modulação do status inflamatório em indivíduos obesos. Globalmente, a prevalência de obesidade atingiu 2,2 bilhões de adultos em 2020, projetando-se 3,3 bilhões até 2035. O tecido adiposo, um órgão endócrino ativo, regula a homeostase energética e a inflamação, mas na obesidade há redução de adiponectina anti-inflamatória e elevação de citocinas inflamatórias, exacerbando complicações metabólicas. A relação neutrófilo-linfócito (NRL) emerge como marcador inflamatório acessível, correlacionando-se com resistência insulínica. Exercícios aeróbicos e de resistência reduzem gordura visceral, melhoram a sensibilidade à insulina e modulam adipocinas, atenuando a inflamação sistêmica. Estudos indicam que 7,5 MET-h/semana de atividade física associam-se a $\text{NRL} \leq 1,90$, melhorando a qualidade de vida. Portanto, a prática regular de exercícios, orientada por profissionais, é uma intervenção eficaz na reversão do estado inflamatório e suas complicações, destacando a necessidade de mais pesquisas para otimizar estratégias terapêuticas.

Palavras-chave: Obesidade, inflamação, atividade física, qualidade de vida.

Filiação

1. Discente do Curso de Medicina-Universidade de Uberaba- UNIUBE, Uberaba/MG, Brasil

2. Docente do Curso de Medicina, Departamento de Clínica Médica – Universidade Federal do Triângulo Mineiro – UFTM, Uberaba/MG, Brasil.

Abstract

Obesity is a multifactorial condition associated with low-grade chronic inflammation, stemming from excess adipose tissue and increased pro-inflammatory adipokines, such as TNF- α and IL-6, which contribute to insulin resistance, type 2 diabetes, and cardiovascular diseases. This study narratively reviews the literature on the role of physical activity in modulating the inflammatory status in obese individuals. Globally, obesity prevalence reached 2.2 billion adults in 2020, with projections estimating 3.3 billion by 2035. Adipose tissue, an active endocrine organ, regulates energy homeostasis and inflammation; however, in obesity, there is a reduction in anti-inflammatory adiponectin and an increase in inflammatory cytokines, worsening metabolic complications. The neutrophil-to-lymphocyte ratio (NLR) emerges as an accessible inflammatory marker, correlating with insulin resistance. Aerobic and resistance exercises reduce visceral fat, enhance insulin sensitivity, and modulate adipokines, mitigating systemic inflammation. Studies suggest that 7.5 MET-h/week of physical activity is associated with an $\text{NLR} \leq 1.90$, improving quality of life. Therefore, regular exercise, guided by professionals, is an effective intervention for reversing the inflammatory state and its complications, highlighting the need for further research to optimize therapeutic strategies.

Keywords: Obesity, inflammation, physical activity, quality of life.

Autor Correspondente

Dr. Douglas Reis Abdalla, PhD.
E-mail: douglas.abdalla@uftm.edu.br

INTRODUÇÃO

A sociedade atual vivencia uma fase caracterizada por excesso alimentar, com dietas altamente calóricas e ricas em gorduras, combinado a redução de exercícios físicos (Suzuki, 2019). Isso contribui diretamente para o aumento da obesidade, a qual é, por definição, a condição em que o índice de massa corporal (IMC) do indivíduo é igual ou superior a 30 kg/m² (Hales et al., 2016). Trata-se de uma condição multifatorial que pode estar relacionada a diferentes fatores, como biológicos, genéticos, comportamentais, socioeconômicos e ambientais (Vasconcelos et al., 2021).

De acordo com a World Obesity Federation (2024), o cenário atual e as projeções futuras da obesidade no mundo e no Brasil são alarmantes. A partir disso, desde 2020 cerca de 2.2 bilhões de adultos apresentavam sobrepeso e obesidade, representando 42% da população adulta global. Esse cenário é motivo de preocupação e alerta para a saúde brasileira e mundial, tendo em vista que a obesidade é associada a diferentes malefícios, entre eles: resistência à insulina, diabetes tipo 2, dislipidemia, hipertensão e risco aumentado de doenças cardiovasculares. Ademais, esse quadro também pode gerar inflamação crônica de baixo grau devido ao excesso de tecido adiposo, o qual intensifica a produção de adipocinas inflamatórias como TNF- α e IL-6, o que contribui para desordens metabólicas e cardiovasculares (Calcaterra et al., 2021).

Apesar dos grandes malefícios à saúde que a obesidade pode causar, a prática regular de atividades físicas somadas a mudanças nos hábitos alimentares pode melhorar exponencialmente a qualidade de vida dos pacientes obesos, além de serem essenciais na otimização do tratamento farmacológico. O exercício físico contribui na redução das complicações ocasionada pelo excesso de peso, como a inflamação crônica e o excesso de gordura visceral, o que melhora a saúde metabólica e reduz o risco de doenças cardiovasculares (Calcaterra et al., 2021). Além disso, segundo Vasconcelos (2021), é necessário destacar a importância dos componentes psicológicos e comportamentais no tratamento da obesidade, visto que ambos têm mostrado um grande impacto na redução de peso e consequentemente em uma melhor qualidade de vida para os pacientes.

Ainda que haja grande prevalência dos efeitos benéficos da atividade física, é interessante ressaltar a importância de um profissional para auxiliar nos treinos e na alimentação, uma vez que de acordo com Scheffer et al. (2020) exercícios regulares de moderada intensidade podem reduzir a suscetibilidade à contrição de diversas infecções, por outro lado, atividades rigorosas podem causar um comprometimento no sistema imune ocasionando um efeito contrário. Dessa forma, entende-se que o auxílio de um profissional seria benéfico para calcular o volume de treinos ideal para cada paciente.

Assim sendo, o objetivo desse artigo visa buscar na literatura evidências acerca da influência do exercício físico no status inflamatório por meio das relações hematimétricas em pacientes obesos.

CENÁRIO DA OBESIDADE

De acordo com a World Obesity Federation (2024), estima-se que a prevalência global de sobrepeso e obesidade seja de 2.53 bilhões de adultos (46%), número este que pode chegar a 3.3 bilhões (54%) até o ano de 2035. No Brasil, a obesidade é um problema crescente, que acompanha a tendência global, apresentando 110 milhões de adultos com altos índices de massa corporal (IMC), e se projeta em um crescimento anual de 1,9% de 2020 até 2035. Além disso, prevê-se que, globalmente, mais de

750 milhões de crianças estejam acima do peso em 2035, o que representa 39% da população infantil entre 5 e 19 anos.

A obesidade é resultante de um balanço energético positivo, no qual a ingestão calórica excede o gasto energético, levando ao acúmulo de gordura corporal (Anjos, 2006). O livro "Obesidade e Saúde Pública" de Luiz Antonio dos Anjos destaca que esse desequilíbrio ocorre principalmente devido a mudanças no estilo de vida moderno, caracterizado pelo sedentarismo e pela má alimentação. Nesse sentido, é importante ressaltar que o uso prolongado de dispositivos eletrônicos somado à redução de exercícios físicos diminui significativamente o gasto calórico diário. Dessa forma, apesar da taxa metabólica basal permanecer relativamente estável, entende-se que esse cenário cria um ambiente favorável para o ganho de peso (Anjos, 2006).

Além disso, a obesidade pode ter origem em uma falha genética no controle central que regula o peso corporal. Dentro dessa herdabilidade, existem variantes poligênicas, que é a forma mais comum da doença, e variantes monogênicas, resultado da mutação de um gene específico. Em relação a esta última, variantes monogênicas podem causar transtornos alimentares precoces e importantes nos pacientes desde a infância, visto que a maioria dos genes afetados fazem parte da via leptina-melanocortina, a qual controla a sensação de saciedade e gasto energético, resultando em uma busca descontrolada por comida desde os primeiros anos de vida (Faccioli et al., 2023). Portanto, é notável que a obesidade resulta de uma interação de fatores que a predispõem, como componentes genéticos, comportamentais e ambientais (World Obesity Federation, 2024).

TECIDO ADIPOSO E INFLAMAÇÃO

Segundo Fonseca-Alaniz et al. (2006), tecido adiposo é caracterizado como um órgão metabolicamente ativo, que possui funções endócrinas essenciais e atua na secreção de substâncias bioativas, entre esses hormônios, adipocinas e citocinas. Sendo assim, é fundamental para a regulação da homeostase energética, modulação da inflamação e preservação da sensibilidade insulínica.

De acordo com Wu et al. (2013), o tecido adiposo apresenta três principais tipos de adipócitos, os quais apresentam diferentes funções e características morfológicas. Os adipócitos brancos são células especializadas no armazenamento de energia na forma de lipídios e como característica possuem uma grande gota lipídica com baixa capacidade termogênica. Já os adipócitos marrons possuem múltiplas gotículas lipídicas, abundância de mitocôndrias e alta expressão da proteína UCPL1, essas características são essenciais para que apresentem alta atividade termogênica e a capacidade de dissipar energia em forma de calor. Além disso, é válido destacar que os adipócitos bege compartilham características com os marrons, mas são induzidos em depósitos de tecido adiposo branco em resposta a estímulos específicos, como a exposição ao frio ou a ativação betoadrenérgica, e por isso representam uma população celular termogênica diferenciada.

Na patogênese da obesidade, diversos fatores desempenham papéis diferentes e importantes. Diante disso, o tecido adiposo secreta hormônios e proteínas bioativas, conhecidas como adipocinas (leptina, resistina, visfatin, adiponectina) que regulam os processos inflamatórios (El Assar et al., 2022). Além disso, a obesidade promove um aumento na secreção de citocinas pró-inflamatórias, como TNF- α e IL-6, que atuam na degradação muscular, na resistência anabólica e na rigidez arterial, e reduz adipocinas anti-inflamatórias, como a adiponectina (Vella et al., 2017).

Além disso, o tecido adiposo também parece ser responsável por secretar fatores humorais que regulam os reagentes sistêmicos

de fase aguda, como a proteína C reativa (PCR) e fatores inflamatórios - TNF- α , IL-6 e MCP-1. O TNF- α tem a capacidade de bloquear a ação da insulina nos adipócitos por meio de inibidores da via de sinalização da insulina, além de estar relacionada à resistência insulínica periférica. Da mesma forma, a IL-6 é a principal citocina reguladora da resposta inflamatória aguda, e também está associada à resistência insulínica e ao índice de massa corporal. Ademais, o desenvolvimento da inflamação e o recrutamento de células do sistema imune para o local da resposta inflamatória dependem muito da ação do fator quimiotático MCP-1 e seus receptores. Desse modo, foi comprovado o aumento dessas citocinas inflamatórias no grupo de pessoas obesas quando comparados à indivíduos com peso normal (Alemán et al., 2024).

Por outro lado, em pacientes com excesso de peso há uma redução significativa de adiponectinas, as quais apresentam propriedades anti-inflamatórias e sensibilizadoras à insulina, sendo secretadas predominantemente pelo tecido adiposo branco (Alemán et al., 2024). Dentre as suas propriedades elas auxiliam na redução da inflamação por inibirem TNF- α e IL-6, promovendo um ambiente anti-inflamatório (Vella et al., 2017). Além disso, elas favorecem uma maior sensibilização à insulina devido ao fato de aumentarem a captação de glicose no músculo esquelético e reduzirem a produção hepática de glicose, o que auxilia na melhora do metabolismo energético (Haapala et al., 2022). Ademais, também atuam na proteção cardiovascular, visto que melhoraram a função endotelial e reduzem a rigidez arterial, o que diminui o risco de doenças cardiovasculares (Scheffer & Latini, 2020).

O PAPEL DA INFLAMAÇÃO NO DESENVOLVIMENTO DAS PRINCIPAIS DOENÇAS RELACIONADAS À OBESIDADE

A inflamação ocasionada em pacientes obesos pode prejudicar de modo significativo o funcionamento do corpo humano, assim, esse processo inflamatório pode induzir a resistência à insulina e a disfunção de células β pancreáticas, podendo predispor o desenvolvimento do diabetes tipo 2. Além disso, a inflamação crônica também está relacionada a complicações de longo prazo, como retinopatia, nefropatia, doença hepática gordurosa não alcoólica e doenças cardiovasculares (Rohm et al., 2022).

Durante a obesidade, com o aumento da infiltração de macrófagos e sua transformação em um fenótipo pró-inflamatório, que tem como principal gatilho a ativação do receptor TLR-4 por ácidos graxos saturados. Com isso há uma liberação exponencial de citocinas inflamatórias, as quais bloqueiam a sinalização de insulina, o que acarreta no desenvolvimento da intolerância à glicose e consequentemente do diabetes tipo 2. Da mesma forma, a inflamação presente no músculo esquelético, especialmente na região do tecido adiposo intermuscular e perimuscular, é capaz de promover resistência insulínica, devido a liberação de citocinas como IL-6 e TNF- α (Rohm et al., 2022).

Além disso, segundo Rohm et al (2022) a obesidade frequentemente pode resultar em um acúmulo excessivo de lipídeos, levando a quadros de esteatose hepática e esteatohepatite não alcoólica. Por outro lado, a infiltração de macrófagos M1 nas ilhotas pancreáticas resultam na ativação do inflamossoma NLRP3 e na secreção de IL-1 β , reduzindo a atividade das células β e aumentando a perda de sua massa. Por fim, entende-se que a inflamação crônica ocasionada pela obesidade também tem um importante papel no desenvolvimento de doenças cardiovasculares, retinopatia diabética, neuropatia e nefropatia.

RELAÇÃO NEUTRÓFILO LINFÓCITO (RNL) COMO MARCADOR DE INFLAMAÇÃO NA OBESIDADE

De acordo com Aydin et.al (2015), a relação neutrófilo-linfocito (RNL) é definida como a proporção entre o número de neutrófilos e linfócitos no sangue. Esse índice é utilizado como um marcador inflamatório, sendo especialmente relevante em pacientes obesos e naqueles com resistência insulínica (Karakaya et al., 2019). Segundo Karakaya et al. (2019), foi identificada uma correlação positiva entre os níveis de insulina, a contagem de neutrófilos e linfócitos e a RNL o que sugere que a inflamação decorrente da obesidade pode desempenhar um papel significativo na progressão da resistência à insulina.

Ademais, conforme mencionado por Aydin et al. (2015), a RNL é um marcador de inflamação simples, acessível e de baixo custo, o que justifica estar sendo cada vez mais estudada em diversas doenças inflamatórias, incluindo a síndrome metabólica. Desse modo, espera-se que a RNL esteja em crescente uso na prática médica, pois de acordo com os achados descritos, se apresenta como uma ferramenta simples e eficaz na avaliação da inflamação e no monitoramento do risco metabólico em indivíduos obesos.

EXERCÍCIO E OBESIDADE- A PARTICIPAÇÃO NO TRATAMENTO

Dado o exposto, a obesidade é caracterizada pelo acúmulo excessivo de gordura corporal e resulta em prejuízos à saúde (Anjos, 2006). Além disso, o estilo de vida sedentário tem sido um fator determinante para o aumento da prevalência da obesidade em nível global. Diante disso, o exercício físico tem um papel fundamental na prevenção e tratamento dessa condição, promovendo melhora na gestão do peso corporal e da homeostase metabólica (HE et al., 2024).

Dessa forma, o exercício físico exerce um impacto significativo no metabolismo adiposo e na composição corporal do paciente obeso. Dentre eles, o exercício aeróbico desempenha um papel fundamental na otimização do uso de gordura subcutânea, no aumento da atividade mitocondrial e na redução do estado inflamatório sistêmico (HE et al., 2024). Sessões únicas de exercício aeróbico elevam a população de macrófagos e neutrófilos do tipo M2 no músculo esquelético, contribuindo para a melhora da sensibilidade à insulina. Além disso, o treinamento aeróbico de longo prazo modula a secreção de adiponectinas e protege as mitocôndrias musculares atenuando os efeitos prejudiciais de dietas ricas em gordura (HE et al., 2024).

O treinamento de resistência, por sua vez, demonstrou ser eficaz na melhoria da tolerância à glicose, na redução do tamanho dos adipócitos, e na diminuição da gordura visceral, da adiposidade geral e da pressão arterial. Ademais, esse tipo de exercício promove o aumento da massa muscular livre de gordura, melhorando a força e a capacidade funcional dos pacientes obesos. Desse modo, os estudos indicam que o treinamento de resistência também auxilia no combate às complicações da obesidade ao otimizar a sinalização da insulina e reduzir respostas inflamatórias (HE et al., 2024).

EXERCÍCIO E INFLAMAÇÃO/RNL NA OBESIDADE

De acordo com Vella et al (2017), o exercício físico é visto como uma efetiva intervenção para reduzir os efeitos inflamatórios decorrentes da obesidade. Isso porque, a atividade física diminui a ativação das citocinas pró inflamatórias, como TNF- α e IL-6, enquanto estimula a liberação de citocinas de ação anti inflamatória como IL-10 (Calcaterra et al., 2021). Também é válido destacar que esse hábito eleva os níveis de adiponectina, as

quais apresentam um papel essencial na otimização da sensibilidade à insulina e na regulação da função metabólica (Vella et al., 2017).

Segundo Rias et al (2020), a associação entre a prática regular de atividades físicas e valores baixos de RNL contribui significativamente para uma melhor qualidade de vida. Os achados deste estudo indicam que pacientes com diabetes mellitus tipo 2 que realizam exercícios regularmente de pelo menos 7,5 de equivalente metabólico da tarefa (EMT) - h/semana e têm um RNL de até 1,90, provavelmente apresentam uma melhor condição de saúde e bem estar.

Além disso, foi descoberto que a prática de exercícios físicos dentro desses valores de EMT auxiliam na redução das taxas de RNL, consequentemente evitando uma redução da qualidade de vida (Rias et al., 2020). Dessa forma, é evidente os benefícios da atividade física e o sinergismo dela com a RNL, promovendo melhorias tanto no componente mental quanto físico, resultando em uma melhora exponencial da qualidade de vida.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A proposta dessa revisão integrativa foi de analisar evidências científicas sobre como a obesidade pode gerar um quadro de

inflamação e como o exercício físico pode ser um meio de reversão. Nesse sentido, o estudo buscou especificar quais são os principais benefícios fisiológicos, metabólicos e imunológicos promovidos pela prática regular de atividade física nesses indivíduos, ressaltando a modulação do estado inflamatório e seu impacto na saúde e qualidade de vida.

Dessa forma, observa-se que a obesidade pode preceder um quadro inflamatório persistente desencadeado pelo excesso de tecido adiposo e secreção de citocinas pró inflamatórias nos pacientes obesos. Em contrapartida, a prática de atividades físicas contribui para a redução desses marcadores inflamatórios, melhora a sensibilidade à insulina, além de promover efeitos positivos na saúde cardiovascular por meio da redução de tecido adiposo corporal, figura 01.

Portanto, entende-se que a obesidade é um problema de grande relevância em escala mundial com projeções ainda mais alarmantes para os próximos anos. Assim, torna-se essencial que os profissionais de saúde incentivem a prática de exercícios físicos e que a comunidade científica busque cada vez mais atualizações sobre o assunto, a fim de aprimorar as linhas de tratamento no enfrentamento das complicações associadas à obesidade.

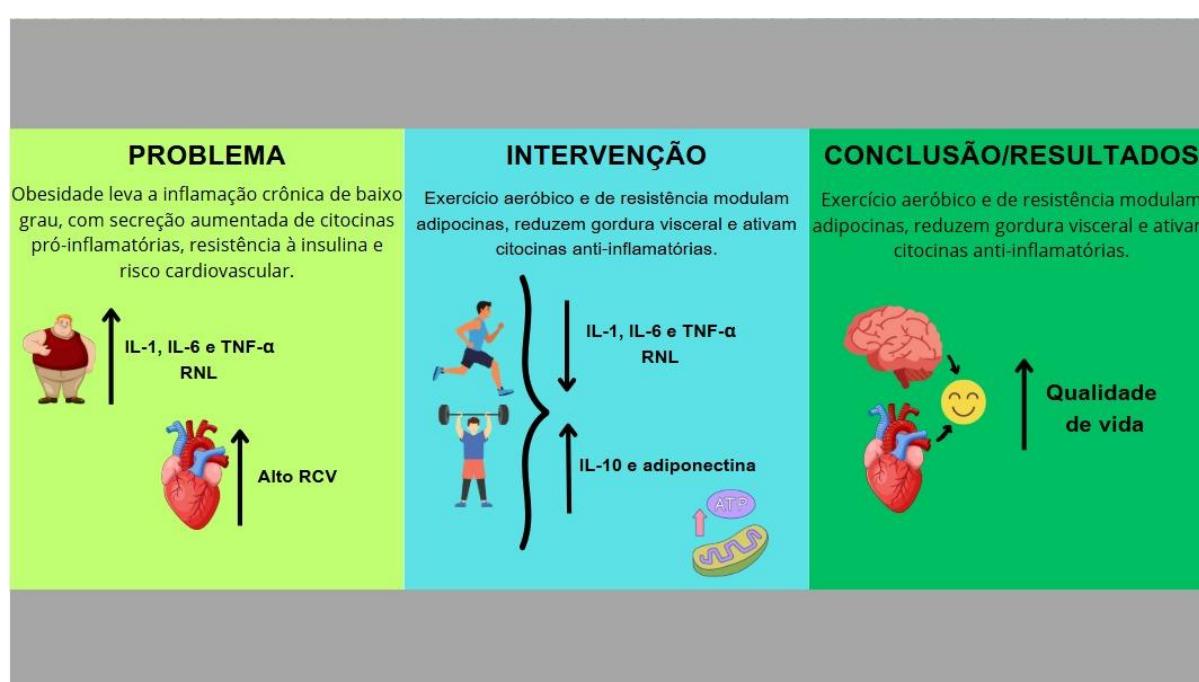


Figura 1: Esquema sobre a relação do estado inflamatório e a prática de atividades físicas

Fonte: Autores, 2025.

REFERÊNCIAS

ALEMAN, Mariano Nicolás; LUCIARDI, María Constanza; ALBORNOZ, Emilce Romina; BAZÁN, María Cristina; ABREGÚ, Adela Victoria. Relationship between inflammatory biomarkers and insulin resistance in excess-weight Latin children. *Clin Exp Pediatr*, v. 67, n. 1, p. 37-45, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.3345/cep.2022.01382>. Acesso em: 21 jan. 2025.

ANJOS, Luiz Antonio dos. Obesidade e saúde pública. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 2006. 100 p. (Coleção Temas em Saúde).

AYDIN, Murat; YILMAZ, Ahsen; DONMA, Mustafa Metin; TULUBAS, Feti; DEMIRKOL, Muhammed; ERDOGAN, Murat; GUREL, Ahmet. Neutrophil/lymphocyte ratio in obese

adolescents. *North Clin Istanbul*, v. 2, n. 2, p. 87-91, 2015. doi: 10.14744/nci.2015.25238. Acesso em: 18 jan. 2025.

CALCATERRA, Valeria; VANDONI, Matteo; ROSSI, Virginia; BERARDO, Clarissa; GRAZI, Roberta; CORDARO, Erika; TRANFAGLIA, Valeria; CARNEVALE PELLINO, Vittoria; CEREDA, Cristina; ZUCCOTTI, Gianvincenzo. Use of physical activity and exercise to reduce inflammation in children and adolescents with obesity. *Nutrients*, v. [informação incompleta no original].

EL ASSAR, Mariam; ÁLVAREZ-BUSTOS, Alejandro; SOSA, Patricia; ANGULO, Javier; RODRÍGUEZ-MAÑAS, Leocadio. Effect of physical activity/exercise on oxidative stress and inflammation in muscle and vascular aging. *International Journal of Molecular Sciences*, v. 23, n. 15, p. 8713, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ijms23158713>. Acesso em: 15 jan. 2025.

FACCIOLI, Nathan; POITOU, Christine; CLÉMENT, Karine; DUBERN, Béatrice. Current treatments for patients with genetic obesity. *J Clin Res Pediatr Endocrinol*, v. 15, n. 2, p. 108-119, 2023. doi: 10.4274/jcrpe.galenos.2023.2023-3-2. Acesso em: 31 jan. 2025.

FONSECA-ALANIZ, Miriam H.; TAKADA, Julie; ALONSO-VALE, Maria Isabel C.; LIMA, Fabio Bessa. The adipose tissue as a regulatory center of the metabolism. *Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia*, v. 50, n. 2, p. 216-229, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0004-27302006000200008>. Acesso em: 2 fev. 2025.

HAAPALA, Eero A.; VÄISTÖ, Jussi; IHALAINEN, Johanna K.; GONZÁLEZ, Claudia Tomaselli; LEPPÄNEN, Marja H.; VEIJALAINEN, Aapo; SALLINEN, Taisa; ELORANTA, Aino-Maija; EKELUND, Ulf; SCHWAB, Ursula; BRAGE, Soren; ATALAY, Mustafa; LAKKA, Timo A. Associations of physical activity, sedentary time, and diet quality with biomarkers of inflammation in children. *European Journal of Sport Science*, v. 22, n. 6, p. 906-915, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/17461391.2021.1892830>. Acesso em: 16 jan. 2025.

HALES, C. M.; CARROLL, M. D.; FRYAR, C. D.; OGDEN, C. L. Obesity: definition, comorbidities, causes, and burden. *American Journal of Managed Care*, v. 22, n. 7, supl., p. s176-s185, 2016. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27356115/>. Acesso em: 26 jan. 2025.

HE, Wenbi; WANG, Huan; YANG, Gaoyuan; ZHU, Lin; LIU, Xiaoguang. The role of chemokines in obesity and exercise-induced weight loss. *Biomolecules*, v. 14, n. [informação incompleta no original], p. 1121, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/biom14091121>. Acesso em: 22 jan. 2025.

KARAKAYA, Serdar; ALTAY, Mustafa; KAPLAN EFE, Fatma; KARADAĞ, İbrahim; ÜNSAL, Oktay; BULUR, Oktay; ESER, Murat; ERTUĞRUL, Derun Taner. The neutrophil-lymphocyte ratio and its relationship with insulin resistance in obesity. *Turkish Journal of Medical Sciences*, v. 49, n. 2, p. 245-248, 2019. Disponível em: <http://journals.tubitak.gov.tr/medical/>. Acesso em: 20 jan. 2025.

RIAS, Yohanes Andy; KURNIASARI, Maria Dyah; TRAYNOR, Victoria; NIU, Shu Fen; WIRATAMA, Bayu Satria; CHANG, Ching Wen; TSAI, Hsiu Ting. Synergistic effect of low neutrophil-lymphocyte ratio with physical activity on quality of life in type 2 diabetes mellitus: a community-based study. *Biological Research for Nursing*, v. [informação incompleta no original], p. 1-10, 2020. doi: 10.1177/1099800420924126. Acesso em: 19 jan. 2025.

ROHM, Theresa V. et al. Inflammation in obesity, diabetes and related disorders. *Immunity*, v. 55, n. 1, p. 31-55, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jimmuni.2021.12.013>. Acesso em: 1 fev. 2025.

SCHEFFER, Débora da Luz; LATINI, Alexandra. Exercise-induced immune system response: anti-inflammatory status on peripheral and central organs. *BBA - Molecular Basis of Disease*, v. 1866, n. [informação incompleta no original], p. 16582, 2020. Disponível em: www.elsevier.com/locate/bbadis. Acesso em: 21 jan. 2025.

SUZUKI, Katsuhiko. Chronic inflammation as an immunological abnormality and effectiveness of exercise.

Biomolecules, v. 9, n. 6, p. 223, 2019. doi: 10.3390/biom9060223. Acesso em: 18 jan. 2025.

VASCONCELOS, Francisco de Assis Guedes de. Diffusion of scientific concepts on obesity in the global context: a historical review. *Revista de Nutrição*, v. 34, artigo e200166, p. 1-13, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1678-9865202134e200166>. Acesso em: 22 jan. 2025.

VELLA, Chantal A.; ALLISON, Matthew A.; CUSHMAN, Mary; JENNY, Nancy S.; MILES, Mary P.; LARSEN, Britta; LAKOSKI, Susan G.; MICHOS, Erin D.; BLAHA, Michael J. Physical activity and adiposity-related inflammation: the MESA. *Obesity*, v. 25, n. 8, p. 1256-1263, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/oby.21880>. Acesso em: 15 jan. 2025.

WORLD OBESITY FEDERATION. *World Obesity Atlas 2024*. London: World Obesity Federation, 2024.

WU, Jun; COHEN, Paul; SPIEGELMAN, Bruce M. Adaptive thermogenesis in adipocytes: is beige the new brown? *Genes & Development*, v. 27, n. 3, p. 234-250, 2013. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3576510/>. Acesso em: 2 fev. 2025.