

# REVISTA TÓPICOS

---

## ENDOCRINOLOGIA MUSCULAR: A AÇÃO DA MUSCULATURA HUMANA COMO UM ÓRGÃO PRODUTOR DE HORMÔNIOS

DOI: 10.5281/zenodo.14171204

Edson Carlos Zaher Rosa

### RESUMO

O reconhecimento da musculatura esquelética como um órgão endócrino tem revolucionado a compreensão da fisiologia muscular e suas interações sistêmicas. Estudos recentes revelaram que o tecido muscular libera substâncias bioativas denominadas miocinas, com ações hormonais que impactam o metabolismo energético, a inflamação e o sistema imunológico.

Este artigo revisa as principais miocinas, como a interleucina-6 (IL-6), irisina e o fator neurotrófico derivado do cérebro (BDNF), discutindo seus mecanismos de ação e suas influências em doenças metabólicas e no envelhecimento.

Com base na literatura atual, exploramos também os efeitos do exercício físico sobre a produção hormonal muscular e as implicações clínicas dessa atividade endócrina para a saúde humana.

Palavras-chave: Endocrinologia muscular; Miocinas; Fisiologia muscular; Hormônios; Metabolismo; Exercício físico.

**REVISTA TÓPICOS - ISSN: 2965-6672**

# REVISTA TÓPICOS

---

## ABSTRACT

The recognition of skeletal muscle as an endocrine organ has transformed our understanding of muscular physiology and its systemic interactions.

Recent studies have shown that muscle tissue releases bioactive substances called myokines, with hormonal effects that impact energy metabolism, inflammation, and the immune system.

This article reviews the main myokines, such as interleukin-6 (IL-6), irisin, and brain-derived neurotrophic factor (BDNF), discussing their mechanisms of action and their influences on metabolic diseases and aging. Based on current literature, we also explore the effects of physical exercise on muscle hormonal production and the clinical implications of this endocrine activity for human health.

Keywords: Muscle endocrinology; Myokines; Muscle physiology; Hormones; Metabolism; Physical exercise.

## 1. Introdução

O tecido muscular esquelético sempre foi compreendido como um órgão essencial para o movimento, a postura e o suporte mecânico do corpo humano.

No entanto, avanços na biologia celular e molecular revelaram que o músculo esquelético também desempenha uma função endócrina.

A produção de miocinas (substâncias semelhantes a hormônios musculares), não só redefine o papel fisiológico do tecido muscular, mas também traz novas perspectivas sobre como o exercício físico contribui

# REVISTA TÓPICOS

---

para a manutenção da homeostase corporal (equilíbrio) e para a prevenção de doenças crônicas.

Esses conhecimentos são fundamentais para entender as implicações clínicas da endocrinologia muscular no tratamento de doenças metabólicas, inflamatórias e neurodegenerativas.

## 2. Fisiologia do Tecido Muscular e sua Atividade Endócrina

O músculo esquelético consiste em fibras musculares especializadas, organizadas em unidades contráteis capazes de gerar força e movimento.

Essas fibras, classificadas em tipo I e tipo II, apresentam diferenças não apenas em capacidade contrátil e resistência, mas também em potencial endocrinológico.

As fibras do tipo I, associadas a atividades aeróbicas e sustentadas, demonstram maior capacidade para produção de miocinas anti-inflamatórias, enquanto as fibras do tipo II, mais presentes em atividades anaeróbicas, apresentam respostas hormonais distintas.

Esse potencial endócrino é influenciado por fatores como o tipo de exercício, o nível de treinamento e o perfil genético individual, o que implica em respostas hormonais personalizadas.

## 3. Miocinas: O Papel das Principais Substâncias Hormonais Musculares

### 3.1 Interleucina-6 (IL-6)

# REVISTA TÓPICOS

---

A IL-6 é uma miocina multifuncional que atua em diversos processos metabólicos e imunológicos.

Durante o exercício, é secretada rapidamente, com picos elevados após atividade física intensa, especialmente em exercícios de resistência.

A IL-6 contribui para o metabolismo da glicose e dos lipídios, melhorando a captação de glicose pelas células e promovendo a oxidação de ácidos graxos.

Seu papel é paradoxal, exercendo tanto funções pró-inflamatórias em contextos de infecção quanto funções anti-inflamatórias durante o exercício. Esse efeito duplo, faz da IL-6 um importante mediador da resposta imunometabólica ao exercício.

## 3.2 Irisina

Descoberta em estudos sobre o impacto do exercício no metabolismo energético, a Irisina é uma miocina derivada da proteína transmembrana FNDC5 e atua na conversão do tecido adiposo branco em adiposo marrom, num processo conhecido como “browning”.

Esse efeito aumenta o gasto energético, promovendo a termogênese (aumento da temperatura corpórea) e a homeostase metabólica, sendo um alvo potencial para intervenções terapêuticas em casos de obesidade e diabetes tipo 2.

# REVISTA TÓPICOS

---

Estudos indicam que a irisina também pode ter efeitos na neuroproteção e no combate à resistência insulínica, embora mais pesquisas sejam necessárias para validar esses efeitos em humanos.

### 3.3 Fator Neurotrófico Derivado do Cérebro (BDNF)

O Fator Neurotrófico Derivado do Cérebro (BDNF) é uma neurotrofina essencial para a saúde do Sistema Nervoso Central (SNC), influenciando o desenvolvimento, a sobrevivência e a plasticidade neuronal.

Durante o exercício físico, o músculo humano libera BDNF, o qual cruza a barreira hematoencefálica, promovendo benefícios cognitivos e redução dos sintomas de ansiedade e depressão, além de promover a neuroplasticidade que é a capacidade de adaptação e transformação a diferentes circunstâncias.

Além disso, o BDNF possui papel metabólico, pois facilita a oxidação de ácidos graxos nos tecidos periféricos, evidenciando a integração entre o sistema nervoso e a função endócrina do músculo.

### 3.4 Outras Miocinas

Além das miocinas amplamente estudadas, outras como a Miostatina e o FGF21 (Fator de Crescimento Fibroblástico 21) estão ganhando destaque na regulação lipídica, controle da glicose e adaptação ao exercício físico.

Esses hormônios ampliam e evidenciam a influência do músculo esquelético sobre o metabolismo energético, saúde cardiovascular e

# REVISTA TÓPICOS

---

prevenção de doenças crônicas.

## 4. Efeitos Sistêmicos da Ação Endócrina do Tecido Muscular

### 4.1 Metabolismo e Homeostase Energética

A atividade endócrina do músculo contribui para a regulação da glicemia e do perfil lipídico, atuando de forma central na prevenção de distúrbios metabólicos.

O Hormônio Insulina, potencializada pelas miocinas, permite uma captação mais eficiente de glicose pelo tecido muscular, além de favorecer o armazenamento e a oxidação de lipídios, o que reduz os níveis de triglicerídeos plasmáticos.

### 4.2 Inflamação e Resposta Imune

As miocinas exercem um papel imunomodulador essencial ao organismo, sendo liberadas durante o exercício para combater a inflamação crônica, comumente associada a doenças cardiovasculares, obesidade e diabetes.

A IL-6, por exemplo, apresenta ação anti-inflamatória ao inibir a produção de TNF-alfa, um mediador pró-inflamatório. Esse efeito anti-inflamatório pode ser fundamental para indivíduos com doenças autoimunes ou inflamatórias.

### 4.3 Saúde Cardiovascular

# REVISTA TÓPICOS

---

As miocinas influenciam a saúde cardiovascular de diversas maneiras, incluindo melhora na função endotelial, na vasodilatação, no controle de pressão arterial sistêmica e na redução do risco de aterosclerose.

A prática regular de exercícios, ao promover a secreção dessas Miocinas, exerce um efeito cardioprotetor, contribuindo para a longevidade e qualidade de vida.

## 5. Influência da Atividade Física na Endocrinologia Muscular

Podemos dizer que a atividade física é o principal estímulo para a secreção de miocinas.

Dessa forma, exercícios aeróbicos, como corrida e natação, tendem a aumentar a produção de miocinas anti-inflamatórias e metabólicas, enquanto o treinamento de resistência favorece a liberação de miocinas anabólicas.

As adaptações hormonais decorrentes do exercício impactam não apenas o desempenho físico, mas também contribuem para a regulação hormonal de sistemas metabólicos e imunológicos.

## 6. Receptores Endocanabinóides e Exercício Físico: Efeitos no Sistema Nervoso Central (SNC)

A atividade física não apenas estimula a liberação de miocinas, mas também ativa o Sistema Endocanabinoide (SEC), um complexo sistema de sinalização que desempenha um papel fundamental na homeostase do

# REVISTA TÓPICOS

---

organismo e na resposta ao estresse. O SEC é composto por receptores endocanabinoides, ligantes endógenos (endocanabinoides) e enzimas responsáveis pela síntese e degradação dessas moléculas.

No cérebro, os principais receptores endocanabinoides, CB1 e CB2, desempenham funções vitais na modulação do humor, dor, apetite e resposta ao estresse.

Esses receptores são amplamente distribuídos nas regiões cerebrais associadas ao controle motor, função emocional e memória, incluindo o córtex cerebral, hipocampo, amígdala e hipotálamo.

## 6.1 Ativação dos Receptores Endocanabinóides Durante o Exercício

Durante a atividade física, ocorre um aumento na liberação de endocanabinoides, especialmente a Anandamida (AEA) e o 2-Araquidonoilglicerol (2-AG), que são agonistas naturais dos receptores CB1 e CB2.

A anandamida, cujo nome deriva da palavra sânscrita “ananda” (felicidade), é conhecida por induzir sensações de bem-estar e relaxamento pós-exercício.

Esse fenômeno, freqüentemente descrito como “euforia do corredor”, é atribuído em parte à ativação dos receptores CB1 no sistema nervoso central.



# REVISTA TÓPICOS

---

O aumento de Anandamida (AEA) e 2-Araquidonoilglicerol (2-AG), durante o exercício físico, tem um papel essencial no controle do estresse, redução da percepção da dor e melhora do humor.

Estudos demonstram que a prática de exercícios aeróbicos, como corrida e ciclismo, é particularmente eficaz em elevar os níveis desses endocanabinoides, levando a uma resposta moduladora do SEC que ajuda a reduzir sintomas de ansiedade e depressão, além de melhorar a qualidade do sono e a sensação de bem-estar geral.

## 6.2 Relevância Clínica da Modulação do Sistema Endocanabinóide pelo Exercício

A modulação do sistema endocanabinoide pelo exercício físico abre novas perspectivas terapêuticas para o tratamento de diversas condições neurológicas e psiquiátricas.

Pacientes com transtornos de ansiedade, depressão e até mesmo síndromes de dor crônica podem se beneficiar da prática de atividades físicas como parte de seu plano terapêutico, dada a capacidade do exercício de ativar de forma natural o SEC e promover a liberação de endocanabinóides.

Adicionalmente, podemos dizer que a ativação dos receptores CB1 e CB2 tem sido associada à neuroproteção, com evidências sugerindo que o exercício físico pode proteger o cérebro contra o desenvolvimento de doenças neurodegenerativas, como Alzheimer e Parkinson, ao reduzir a inflamação neuronal e promover a neurogênese. Em modelos

# REVISTA TÓPICOS

---

experimentais, a ativação do SEC durante o exercício tem mostrado efeitos anti-inflamatórios e antioxidantes, que são essenciais para a proteção dos neurônios e para a manutenção da função cognitiva ao longo da vida.

## 6.3 Perspectivas Futuras na Pesquisa do Sistema Endocanabinóide e Exercício

Embora o papel do Sistema Endocanabinóide (SEC) na resposta ao exercício seja promissor, ainda existem muitas áreas a serem exploradas.

A variabilidade individual na resposta endocanabinóide ao exercício sugere que fatores genéticos e ambientais podem influenciar a eficácia desse sistema em proporcionar os benefícios mencionados.

Assim sendo, pesquisas futuras podem buscar identificar quais tipos, intensidade e duração de exercícios são mais eficazes para estimular a liberação de endocanabinóides, permitindo a personalização de protocolos de exercício para maximizar os efeitos benéficos no Sistema Nervoso Central (SNC).

Por fim, a compreensão da interação entre o SEC e o sistema endócrino muscular pode trazer à tona novas abordagens na prevenção e tratamento de doenças.

A investigação sobre como o SEC e as miocinas interagem para modular a resposta ao estresse e inflamação corporal pode contribuir para estratégias de tratamento inovadoras que aliem intervenções farmacológicas e

# REVISTA TÓPICOS

---

prescrições de exercício físico, oferecendo um cuidado mais integrado e baseado na fisiologia humana.

## 7. Estímulo de treino de Membros Inferiores e Mobilização Hormonal Sistêmica

O treino de membros inferiores (MI), especialmente em exercícios compostos como agachamentos e levantamento terra, tem um impacto significativo na produção de hormônios anabólicos e na ativação metabólica.

Isso ocorre devido à grande quantidade de massa muscular envolvida nesses movimentos, que requerem uma resposta hormonal mais robusta, incluindo o aumento da testosterona (T), do hormônio de crescimento (GH) e da interleucina-6 (IL-6), que, além de influenciar o metabolismo, também está associado à redução da inflamação.

Estudos demonstram que o exercício de grande carga nas pernas pode causar uma liberação acentuada desses hormônios, o que não apenas melhora o desempenho atlético, mas também pode potencializar o ganho muscular e a perda de gordura corporal.

Por outro lado, a mobilização dos endocanabinóides, como a Anandamida, também é intensificada nesse tipo de treino, promovendo sensações de bem-estar e redução da dor muscular, fatores essenciais para a recuperação e continuidade dos treinamentos.

# REVISTA TÓPICOS

---

Uma revisão de literatura sobre este tema indicou que os treinos de resistência envolvendo grandes grupos musculares, como os das pernas, têm a capacidade de induzir adaptações tanto a nível metabólico quanto hormonal, com efeitos positivos sobre a recuperação muscular e a regulação do metabolismo energético.

## 8. Envelhecimento e Endocrinologia Muscular

O envelhecimento é caracterizado por perda de massa muscular e diminuição na produção de miocinas, contribuindo para o desenvolvimento de sarcopenia (redução da massa muscular) e aumento do risco de doenças metabólicas.

A manutenção de atividade física pode contrabalançar esses efeitos, preservando a função endócrina do músculo e retardando o aparecimento de doenças associadas à idade. Essa preservação da função muscular é essencial para a manutenção da qualidade de vida e da independência funcional em idosos.

## 9. Implicações Clínicas e Perspectivas Futuras

### 9.1 Uso Terapêutico das Miocinas

A aplicação clínica de miocinas representa uma fronteira emergente na medicina regenerativa e no manejo de doenças metabólicas.

Isso se dá pelo fato de que ao longo do tempo, diversas pesquisas vem investigando como a suplementação exógena de miocinas ou a manipulação

# REVISTA TÓPICOS

---

de vias de sinalização específicas podem ser utilizadas para prevenir e tratar doenças como diabetes, obesidade e doenças cardiovasculares.

## 9.2 Novos Horizontes na Pesquisa Endócrina Muscular

As futuras direções na endocrinologia muscular incluem o desenvolvimento de estratégias para aumentar a secreção de miocinas por vias farmacológicas ou genéticas, bem como o uso de tecnologia para monitorar de forma personalizada o perfil hormonal muscular em resposta a intervenções terapêuticas.

Essa área de estudo tem potencial para revolucionar o futuro no tratamento de condições crônicas, especialmente em populações envelhecidas.

## 10. Conclusão

O entendimento do músculo esquelético como um órgão endócrino marca uma mudança de paradigma na medicina e nas ciências do esporte, ao expandir as funções tradicionais atribuídas ao tecido muscular.

Historicamente por anos, visto como um elemento mecânico e de sustentação do movimento, o músculo esquelético revela-se agora um elemento central na regulação de processos sistêmicos, com a capacidade de influenciar o metabolismo energético, a resposta imunológica e o envelhecimento através da secreção de miocinas.

Esse conhecimento não apenas amplia a compreensão fisiológica do corpo humano, mas também abre novas possibilidades terapêuticas para o manejo

# REVISTA TÓPICOS

---

de doenças metabólicas, cardiovasculares e neurodegenerativas.

As miocinas, como a IL-6, a Irisina e o BDNF, desempenham papéis críticos e complexos na manutenção da homeostase, promovendo adaptações benéficas em resposta ao exercício e mediando efeitos anti-inflamatórios e cardioprotetores.

A prática regular de atividade física, ao estimular a produção dessas substâncias, oferece uma ferramenta poderosa na prevenção e no controle de condições crônicas, reforçando o valor do exercício não apenas para a saúde muscular, mas para a saúde integral do indivíduo.

Entretanto, ainda há lacunas significativas no entendimento completo das vias de sinalização específicas de cada miocina e de como essas vias podem ser moduladas de forma terapêutica.

O papel das miocinas em diferentes populações, incluindo idosos, pacientes com doenças metabólicas e atletas, exige investigações adicionais para determinar como o perfil hormonal muscular pode ser otimizado para atender às necessidades individuais. Além disso, a resposta variada de acordo com o tipo de fibra muscular e a modalidade de exercício sugere que intervenções personalizadas, baseadas no perfil genético e nas características fisiológicas de cada paciente, pode ser uma área de grande potencial clínico.

Do ponto de vista terapêutico, a Endocrinologia Muscular emerge como uma área promissora, com pesquisas em andamento para o

**REVISTA TÓPICOS - ISSN: 2965-6672**

# REVISTA TÓPICOS

---

desenvolvimento de intervenções farmacológicas que imitem ou potencializem os efeitos das miocinas.

Estratégias que promovam a secreção de miocinas, ou que utilizem diretamente suas formas recombinantes, poderiam fornecer tratamentos inovadores para doenças como Obesidade, Diabetes tipo 2 e Sarcopenia.

Ademais, a possibilidade de utilizar miocinas para modular o metabolismo cerebral e a função neurocognitiva oferece um horizonte ainda mais amplo, especialmente em relação ao tratamento e prevenção de doenças neurodegenerativas.

Dessa forma, a investigação contínua e aprofundada da função endócrina do músculo esquelético, tem o potencial de revolucionar o campo da medicina preventiva e terapêutica, pois o estabelecimento de práticas de exercícios personalizadas e a possível manipulação das miocinas apresentam-se como estratégias de grande valor para a promoção da saúde e para a prevenção de doenças, especialmente em uma sociedade cada vez mais envelhecida e impactada por doenças crônicas.

À medida que os mecanismos moleculares e os impactos clínicos das miocinas forem desvendados, espera-se que a Endocrinologia Muscular forneça subsídios fundamentais para uma nova abordagem no cuidado de pacientes, que enfatize a função integrada e dinâmica dos sistemas corporais em prol da longevidade e da qualidade de vida humana.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**REVISTA TÓPICOS - ISSN: 2965-6672**

# REVISTA TÓPICOS

---

Bristot et al “The effects of exercise on circulating endocannabinoid levels —a protocol for a systematic review and meta-analysis” *Systematic Reviews* [Systematic Reviews](#)

Di Marzo V, et al “The endocannabinoid system and its modulation by exercise” *British Journal of Sports Medicine* 38(5) 536-541 [British Journal of Sports Medicine](#)

Farswan et al “Physical exercise increases circulating endocannabinoids and reduces markers of inflammation” *Journal of Physiology* [Journal of Physiology](#)

Leal LG, Lopes MA, Batista ML Jr “Physical exercise-induced myokines and muscle-adipose tissue crosstalk: A review of current knowledge and the implications for health and metabolic diseases” *Frontiers in Physiology* 9 1307 [Frontiers in Physiology](#)

Oliveira M, et al “Acute resistance exercise-induced changes in IL-6, IL-10, and IL-1ra in healthy adults: a systematic review and meta-analysis” *MedRxiv* [MedRxiv](#)

<sup>1</sup> Mestre em Medicina e Cirurgia (MSc). Doutor em Medicina (MD). Doutor em Medicina e Cirurgia (PhD). Pós-doutor em Medicina e Cirurgia (Post-doc). Pós graduado em Medicina Interna, Endocrinologia, Medicina do Esporte, Fisiologia Médica Geral, Fisiologia do Exercício e Farmacologia Clínica. E-mail: [metaboclinic@yahoo.com](mailto:metaboclinic@yahoo.com)

**REVISTA TÓPICOS - ISSN: 2965-6672**