Anais do Congresso Brasileiro de Iniciação Científica
(https://periodicos.unisanta.br/COB)

ISSN 2317-1316

IMPACTOS DO USO DE INSULINA EM ATLETAS NÃO PORTADORES DE DIABETES

IMPACTS OF INSULIN USE IN NON-DIABETIC ATHLETES

Alana Souza Santana, Ester Martins Silva, Júlia Bodruc dos Santos, Mariana de Lucca Silva Almeida, Stefanny Célico Teixeira Alves, Bruna Feichas Renó

Universidade Santa Cecília, Faculdade de Nutrição
E-mail de contato: mariana.delucca@hotmail.com

RESUMO – A insulina é um hormônio essencial ao metabolismo energético, mas sua administração por indivíduos sem diabetes tem sido relatada no fisiculturismo. Este estudo teve como objetivo analisar os impactos à saúde do uso não terapêutico de insulina em atletas não diabéticos. Foi realizada uma revisão narrativa nas bases PubMed/MEDLINE, SciELO e ScienceDirect. A insulina reduz a degradação proteica muscular, mas esse mecanismo não permite afirmar que a administração exógena em indivíduos saudáveis resulte em aumento clinicamente relevante de hipertrofia ou desempenho. Casos de hipoglicemia grave, convulsões e coma foram descritos após o uso não terapêutico. Assim, as evidências de benefício esportivo são limitadas, enquanto os riscos agudos estão documentados em relatos e séries de casos.

Palavras-chave: Insulina; Fisiculturismo; Atletas; Hipoglicemia; Doping.

ABSTRACT – Insulin is an essential hormone in energy metabolism, but its administration by individuals without diabetes has been reported among bodybuilders and strength-training practitioners. This study aimed to analyze the health impacts of non-therapeutic insulin use in non-diabetic athletes through a narrative review of PubMed/MEDLINE, SciELO, and ScienceDirect. Insulin has an anticatabolic effect on muscle by reducing protein breakdown, but this mechanism does not demonstrate that exogenous administration in healthy individuals produces clinically relevant gains in hypertrophy or performance. Severe hypoglycemia, seizures, and coma have been reported after non-therapeutic use. Thus, evidence of sports benefit remains limited, whereas acute risks are documented in case reports and case series.

Keywords: Insulin; Bodybuilding; Athletes; Hypoglycemia; Doping.

ISSN 2317-1316

1. INTRODUÇÃO

A insulina é um hormônio peptídico produzido pelas células β das ilhotas pancreáticas e desempenha um papel central na manutenção da homeostase energética. Sua secreção ocorre principalmente em resposta ao aumento da concentração de glicose no sangue, permitindo que diferentes tecidos utilizem e armazenem nutrientes. Após se ligar ao receptor de insulina, uma tirosina-quinase presente na membrana celular, o hormônio ativa diferentes vias intracelulares, envolvendo os substratos do receptor de insulina (IRS), a fosfatidilinositol-3-quinase (PI3K) e a proteína quinase B (AKT). Essas vias estão relacionadas a processos como o transporte de glicose, a síntese de glicogênio e a regulação dos metabolismos lipídico e proteico (Boucher et al., 2014; Taniguchi et al., 2006).

Em atletas, o treinamento modifica o metabolismo muscular e aumenta a capacidade de utilização da glicose (Ebeling et al., 1993). Chen et al. (2009) também observaram diferenças na sensibilidade à insulina entre atletas de diferentes modalidades, mostrando que essa resposta varia de acordo com o tipo de treinamento, com valores menos favoráveis em algumas modalidades, associados ao maior índice de massa corporal.

Essas características fisiológicas ajudaram a explicar o interesse pela insulina entre alguns indivíduos envolvidos com treinamento de força e fisiculturismo. O uso da substância para fins de aprimoramento físico já é descrito na literatura há décadas (Konrad et al., 1998; Evans e Lynch, 2003).

A justificativa para esse uso está relacionada, principalmente, à ideia de que o aumento da captação de glicose, da síntese de glicogênio e da disponibilidade de nutrientes poderia favorecer o crescimento muscular e a recuperação após o exercício. No entanto, possuir propriedades anabólicas em condições fisiológicas não significa que a administração de insulina por indivíduos saudáveis necessariamente resulte em maior hipertrofia, força ou desempenho esportivo.

Essa diferença é relevante porque a insulina apresenta uma margem de segurança limitada quando administrada a pessoas que não possuem indicação clínica para seu uso. A queda excessiva da glicemia pode provocar sintomas autonômicos e manifestações neuroglicopênicas, podendo evoluir para alterações do nível de consciência, convulsões e coma (Johansen e

ISSN 2317-1316

Christensen, 2018; Moyns e Ferner, 2023). Casos de hipoglicemia grave associados ao uso não terapêutico da substância já foram descritos em fisiculturistas sem diabetes (Konrad et al., 1998; Heidet et al., 2019).

Embora as funções metabólicas do hormônio sejam bem estabelecidas, ainda são poucos os estudos que avaliam diretamente seus efeitos esportivos em atletas não diabéticos. Este trabalho amplia a perspectiva clínica de Câmara e Ferreira (2026) ao sistematizar os estudos em tabela-síntese e discutir as implicações antidoping. Dessa forma, este estudo teve como objetivo analisar os impactos à saúde do uso de insulina em atletas não portadores de diabetes, considerando seus mecanismos de ação, efeitos anabólicos e metabólicos, possíveis implicações sobre desempenho e composição corporal, riscos clínicos e evidências disponíveis sobre seu uso indevido.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Trata-se de uma revisão narrativa da literatura, de caráter descritivo e analítico, desenvolvida com o objetivo de reunir e discutir evidências sobre os efeitos fisiológicos, metabólicos, esportivos e clínicos do uso não terapêutico de insulina em indivíduos não portadores de diabetes.

O levantamento bibliográfico foi realizado em setembro de 2026 nas bases PubMed/MEDLINE, SciELO e ScienceDirect, sem restrição de período de publicação. Foram utilizadas combinações de descritores em português e inglês, como “insulina”, “insulin”, “insulin abuse”, “insulin misuse”, “insulin doping”, “bodybuilding”, “athletes”, “non-diabetic athletes”, “skeletal muscle”, “exercise”, “insulin sensitivity”, “hypoglycemia” e “insulin poisoning”. Também foram consultadas as referências dos artigos selecionados, principalmente para localizar estudos relacionados à fisiologia da insulina e ao metabolismo muscular.

Foram priorizados artigos científicos publicados em português, inglês e, excepcionalmente, alemão, quando se tratava de relato de caso de referência na área, incluindo estudos experimentais em seres humanos, revisões narrativas, revisões sistemáticas e metanálises, estudos observacionais, relatos e séries de casos clínicos, além de documentos oficiais relacionados ao controle antidoping.

ISSN 2317-1316

Foram incluídos estudos que abordassem pelo menos um dos eixos de análise descritos a seguir.

Foram excluídos materiais sem identificação bibliográfica verificável, conteúdos exclusivamente jornalísticos utilizados como suposta evidência científica, textos sem relação direta com o objetivo do estudo e fontes que não permitissem confirmar as informações apresentadas por meio de documentos científicos ou oficiais. A análise foi realizada de forma qualitativa e organizada em seis eixos principais: fisiologia e mecanismos de ação da insulina; relação entre insulina e exercício; uso não terapêutico no esporte; possíveis efeitos sobre composição corporal e desempenho; riscos e complicações clínicas; e aspectos éticos e antidoping. Ao final, 25 documentos compuseram a análise, e os principais estudos foram sistematizados na Tabela 1, com delineamento, achado central e limitação. Por se tratar de revisão narrativa, não foi realizada metanálise.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 sintetiza os principais estudos analisados, discutidos a seguir por eixo.

a. FISIOLOGIA DA INSULINA E METABOLISMO

No músculo esquelético, a ativação da AKT favorece a translocação do GLUT4 para a membrana celular, aumentando a entrada de glicose na fibra muscular. A insulina também estimula a síntese de glicogênio por meio da inibição da glicogênio-sintase-quinase-3, favorecendo a ação da glicogênio sintase (Taniguchi et al., 2006). Esse mecanismo tem importância para indivíduos fisicamente ativos, já que o glicogênio muscular constitui uma das principais reservas energéticas utilizadas durante o exercício.

A insulina também participa do metabolismo das proteínas. Estudos experimentais realizados em humanos encontraram resultados diferentes de acordo com a concentração do hormônio, a disponibilidade de aminoácidos e o método utilizado para avaliar a síntese e a degradação proteica. Chow et al. (2006) observaram que, em indivíduos saudáveis no estado pós-absortivo, a insulina reduziu significativamente a degradação das proteínas musculares, mas não aumentou de forma significativa a síntese proteica quando o metabolismo foi avaliado por precursores mais diretamente relacionados à síntese.

ISSN 2317-1316

Tabela 1: Principais estudos incluídos na revisão

Estudo	**Delineamento e população**	**Principal achado**	**Limitação para o objetivo**
Chow et al. (2006)	Experimental agudo; adultos saudáveis	Insulina reduziu a degradação proteica, sem aumento significativo da síntese	Condição aguda e pós-absortiva
Fujita et al. (2006); Timmerman et al. (2010)	Experimentais agudos; adultos saudáveis	Síntese proteica aumentou quando houve maior fluxo sanguíneo e aminoácidos	Hiperinsulinemia fisiológica, não uso crônico
Abdulla et al. (2016)	Revisão sistemática e metanálise	Efeito mais consistente: redução da degradação proteica	Estudos agudos, sem atletas
Ebeling et al. (1993)	Transversal; 9 atletas de endurance e 10 sedentários	Maior captação de glicose e de glicogênio sob clamp nos atletas	Amostra pequena; só endurance
Chen et al. (2009)	Transversal; 757 atletas de 33 modalidades	Sensibilidade à insulina variou por modalidade e associou-se ao IMC	HOMA-IR, medida indireta
Tremblay et al. (1990)	Experimental; 5 atletas de endurance e 6 controles	Atletas atingiram a glicemia-alvo em menos tempo de infusão	Amostra muito pequena
Mohebbi et al. (2020)	Experimental; 8 homens treinados	Mais captação e armazenamento de glicose, sem mudar a oxidação de substratos	Infusão intravenosa controlada
Ip et al. (2012)	Série de casos; 41 usuários não diabéticos	Hipoglicemia em mais da metade; uso associado de outras substâncias	Autorrelato; sem grupo controle
Di Girolamo et al. (2024)	Observacional; 92 fisiculturistas e 45 controles	Insulina associada a EAA e GH; alterações hepáticas e lipídicas	Autorrelato; uso concomitante
Konrad et al. (1998); Heidet et al. (2019)	Relatos de caso	Hipoglicemia grave com convulsão e coma	Não medem frequência
Moyns e Ferner (2023)	Revisão de casos publicados (1923 a 2022)	315 internações; glicose infundida por mediana de 51 h	Ausência de ensaios controlados

EAA: esteroides anabólico-androgênicos; GH: hormônio do crescimento; IMC: índice de massa corporal; HOMA-IR: índice de resistência à insulina.

ISSN 2317-1316

No metabolismo lipídico, a insulina também exerce uma função predominantemente anabólica, reduzindo a lipólise no tecido adiposo e favorecendo processos relacionados ao armazenamento de energia (Boucher et al., 2014). A insulina atua de forma sistêmica e influencia diferentes tecidos.

b. INSULINA E EXERCÍCIO FÍSICO

O exercício modifica de maneira significativa a relação entre insulina, glicose e músculo esquelético. Durante a atividade física, a contração muscular aumenta a captação de glicose independentemente da ação da insulina, envolvendo vias como a AMPK e mecanismos relacionados ao cálcio (Hayashi et al., 1997; Rose e Richter, 2005). Dessa forma, o músculo consegue utilizar glicose mesmo quando a concentração de insulina está reduzida.

Após o exercício, a sensibilidade do músculo à insulina aumenta, contribuindo para a reposição do glicogênio muscular (Goodyear e Kahn, 1998; Wojtaszewski et al., 1997). Em um estudo clássico, Ebeling et al. (1993) observaram que atletas de endurance apresentavam maior disposição de glicose durante uma condição de hiperinsulinemia quando comparados a indivíduos sedentários, além de diferenças na deposição de glicose não oxidativa e no armazenamento de glicogênio muscular. Por outro lado, a maior sensibilidade à insulina observada em atletas também merece atenção quando se discute o uso exógeno do hormônio. Em um estudo com cinco atletas de endurance e seis indivíduos não treinados, foi avaliada a resposta contrarregulatória à hipoglicemia induzida por insulina. Os atletas atingiram 2,8 mmol/L (50 mg/dL) em menos tempo de infusão, indicando maior sensibilidade à insulina, em amostra reduzida (Tremblay et al., 1990).

O treinamento modifica a utilização da glicose e a resposta à insulina e, por isso, é plausível que a administração do hormônio em um organismo que já apresenta elevada capacidade de captação de glicose possa produzir alterações metabólicas importantes, principalmente quando não existe indicação clínica para sua utilização. Um estudo realizado com oito homens treinados, sob infusão intravenosa controlada, mostrou que a hiperinsulinemia associada à hiperglicemia aumentou a utilização e o armazenamento de glicose durante exercícios de diferentes intensidades, mas não modificou significativamente a oxidação de carboidratos, gorduras ou proteínas (Mohebbi et al., 2020). Assim, mudanças na

ISSN 2317-1316

disponibilidade de insulina podem alterar o destino metabólico da glicose sem necessariamente resultar em melhora direta do desempenho.

c. USO NÃO TERAPÊUTICO DE INSULINA NO FISICULTURISMO

O uso não terapêutico de insulina entre praticantes de musculação e fisiculturismo é descrito na literatura há décadas. Evans e Lynch (2003) já haviam relatado o uso da insulina como substância de abuso no fisiculturismo, destacando tanto a justificativa anabólica atribuída ao hormônio quanto os riscos relacionados à hipoglicemia. Mais recentemente, Ip et al. (2012) analisaram uma série de 41 indivíduos não diabéticos que relataram utilizar insulina no contexto do treinamento físico. Mais da metade dos participantes relatou episódios de hipoglicemia, enquanto um deles relatou perda de consciência.

Um estudo observacional publicado em 2024 analisou 92 fisiculturistas recreacionais do sexo masculino e 45 controles saudáveis. Cerca de 43% dos fisiculturistas relataram abuso hormonal e, entre eles, 38% utilizavam insulina. Entre os fisiculturistas que relataram abuso hormonal, o uso de insulina apareceu frequentemente associado ao uso de esteroides anabólico-androgênicos e hormônio do crescimento. Também foram observadas alterações em marcadores metabólicos entre os diferentes grupos, incluindo parâmetros relacionados ao metabolismo hepático e lipídico (Di Girolamo et al., 2024). Esses achados mostram que a insulina, em alguns contextos, faz parte de estratégias que envolvem várias substâncias.

Estudos qualitativos recentes acrescentam que a decisão de usar insulina costuma ser influenciada pela experiência de pares e que os usuários reconhecem os riscos, mas relutam em discutir o uso abertamente, o que dificulta a orientação por profissionais de saúde (Piatkowski e Cox, 2024).

d. POSSÍVEIS EFEITOS SOBRE COMPOSIÇÃO CORPORAL, RECUPERAÇÃO E DESEMPENHO

A síntese proteica muscular depende da disponibilidade de aminoácidos e da ativação de vias relacionadas ao exercício e à alimentação (Abdulla et al., 2016). A insulina participa desse processo principalmente por sua ação anticatabólica, enquanto os aminoácidos, especialmente os essenciais, têm papel fundamental na estimulação da síntese proteica.

ISSN 2317-1316

Utilizar os resultados de Chow et al. (2006) e Abdulla et al. (2016) para afirmar que a aplicação de insulina promove hipertrofia muscular adicional em atletas não diabéticos seria uma extrapolação que não é sustentada pela evidência disponível. O mesmo vale para o desempenho esportivo. Não foram encontradas evidências clínicas robustas que demonstrem que o uso não terapêutico de insulina em atletas saudáveis resulte diretamente em aumento consistente de força, potência, resistência ou desempenho competitivo.

Além disso, a hipoglicemia pode comprometer o próprio desempenho, pela redução da disponibilidade de glicose para o sistema nervoso central.

e. RISCOS CLÍNICOS E COMPLICAÇÕES

A principal complicação relacionada ao uso inadequado de insulina é a hipoglicemia.

Em quadros graves e prolongados, a hipoglicemia pode provocar lesões neurológicas e até morte (Johansen e Christensen, 2018; Moyns e Ferner, 2023).

A gravidade desse risco aparece em relatos envolvendo fisiculturistas. Konrad et al. (1998) descreveram o caso de um indivíduo de 30 anos que apresentou hipoglicemia grave após o uso não terapêutico de insulina, evoluindo com perda de consciência e convulsões, com necessidade de intubação e de glucagon, e necessitando de atendimento hospitalar em terapia intensiva. O caso mostra que o uso da substância com finalidade anabólica pode resultar em eventos neurológicos agudos e potencialmente graves.

Heidet et al. (2019) relataram outro caso envolvendo um fisiculturista de 30 anos, sem histórico de doença crônica, encontrado em coma em decorrência de hipoglicemia grave. A investigação identificou posteriormente o uso oculto de insulina. O paciente precisou receber administrações repetidas de glicose para correção da hipoglicemia.

Uma revisão sistemática sobre intoxicações por insulina mostrou que, além da hipoglicemia, podem ocorrer comprometimento cerebral, hipocalemia, outras alterações eletrolíticas, alterações hepáticas e toxicidade cardíaca (Johansen e Christensen, 2018). Outra revisão, publicada em 2023, reuniu 315 internações por intoxicação entre 1923 e 2022, nas quais a glicose foi infundida por mediana de 51 horas e foram registrados 29 óbitos, e reforçou a ausência de ensaios clínicos controlados capazes de estabelecer um protocolo universal para esse tipo de situação (Moyns e Ferner, 2023).

ISSN 2317-1316

Os relatos de casos apresentam baixo nível de evidência para avaliar a eficácia da insulina como agente ergogênico, mas são importantes para demonstrar a possibilidade de eventos adversos graves. No entanto, esses relatos não permitem determinar a frequência desses eventos entre todos os usuários e estão sujeitos a viés de publicação, já que casos leves ou sem desfecho grave raramente são publicados.

f. ASPECTOS ÉTICOS E ANTIDOPING

A realização de estudos experimentais destinados a avaliar a eficácia ergogênica da insulina em indivíduos saudáveis apresenta limitações éticas importantes. Para investigar seus efeitos sobre hipertrofia, desempenho ou composição corporal de maneira controlada, seria necessário expor participantes sem indicação clínica ao risco de hipoglicemia. Como essa exposição pode resultar em eventos graves, incluindo perda de consciência, convulsões e coma, estudos de longo prazo voltados especificamente ao uso não terapêutico enfrentam obstáculos éticos relevantes.

No âmbito antidoping, a insulina permanece proibida pela World Anti-Doping Agency (WADA). A Lista de Substâncias e Métodos Proibidos de 2026 inclui as insulinas e os miméticos da insulina na classe S4.4.2, entre os moduladores hormonais e metabólicos, como substâncias não especificadas, com proibição durante e fora das competições (WADA, 2026). A utilização terapêutica por atletas que apresentam indicação médica é uma situação diferente e segue as regras específicas de autorização para uso terapêutico. A proibição também está relacionada à capacidade dessas substâncias de interferir em processos metabólicos importantes para o desempenho, incluindo o metabolismo energético, o armazenamento de glicogênio e o metabolismo proteico (Holt e Sönksen, 2008). Soma-se a isso a dificuldade de detecção do abuso de insulina, apontada por Di Girolamo et al. (2024), que propõem marcadores metabólicos indiretos para compor o passaporte biológico do atleta.

g. SÍNTESE CRÍTICA E LIMITAÇÕES

Enquanto os possíveis benefícios esportivos ainda apresentam incertezas, os riscos relacionados à hipoglicemia estão mais bem documentados, ainda que a partir de relatos, séries de casos e revisões de intoxicação. A existência de uma explicação fisiológica para determinado efeito não significa que esse efeito tenha sido comprovado como benefício esportivo.

ISSN 2317-1316

Outro ponto que limita as conclusões é a escassez de estudos diretamente realizados com atletas não diabéticos. São poucos os trabalhos capazes de responder diretamente se a administração isolada de insulina produz aumento relevante e sustentado de massa muscular ou desempenho em atletas não diabéticos. Também é necessário considerar que diferentes modalidades esportivas apresentam demandas metabólicas distintas. A utilização de glicose e glicogênio, a demanda energética e a sensibilidade à insulina podem variar de acordo com o tipo e a duração do exercício (Chen et al., 2009). Dessa forma, resultados observados em atletas de endurance não podem ser automaticamente aplicados ao fisiculturismo.

Como limitações desta revisão, destacam-se o caráter narrativo, que não elimina o viés de seleção dos estudos, a restrição a três bases de dados e a ausência de avaliação formal da qualidade metodológica dos estudos incluídos. Soma-se a isso que os estudos com fisiculturistas dependem de autorrelato e envolvem o uso simultâneo de várias substâncias, o que dificulta atribuir efeitos exclusivamente à insulina.

4. CONCLUSÃO

A literatura mostra que a insulina exerce um papel central no metabolismo energético e apresenta efeitos importantes sobre o músculo esquelético, incluindo aumento da captação de glicose, estímulo à síntese de glicogênio e redução da degradação proteica. Apesar disso, as evidências disponíveis não permitem considerar as propriedades anabólicas fisiológicas da insulina como prova de que sua administração exógena em indivíduos não diabéticos resulte necessariamente em aumento relevante de hipertrofia, força ou desempenho. Em relação aos riscos, o cenário é mais bem estabelecido: casos de hipoglicemia grave, alterações neurológicas, perda de consciência, convulsões e coma já foram documentados em indivíduos que utilizaram insulina sem indicação terapêutica. A principal lacuna científica, portanto, não está na compreensão dos mecanismos fisiológicos da insulina, mas na determinação de seus efeitos esportivos diretos quando administrada de forma exógena a atletas não diabéticos. Além das incertezas relacionadas aos possíveis benefícios esportivos, seu uso não terapêutico envolve riscos clínicos e implicações regulatórias. Como trabalhos futuros, sugerem-se estudos observacionais prospectivos com registro detalhado das substâncias utilizadas e o desenvolvimento de marcadores que auxiliem a identificação do uso de insulina no esporte.

ISSN 2317-1316

5. DECLARAÇÃO DE USO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

As autoras declaram que, na elaboração deste trabalho, utilizaram ferramenta de inteligência artificial generativa com as finalidades de revisão linguística e gramatical do texto, auxílio na organização estrutural e sugestão de referências, posteriormente verificadas pelas autoras. Declaram, ainda, que: a) a ferramenta não é listada como autora, em razão de sua incapacidade de assumir responsabilidade pelo conteúdo e pela integridade da pesquisa; b) todo o conteúdo gerado com auxílio da ferramenta foi revisado, verificado e validado pelas autoras, que assumem integral responsabilidade pela exatidão, originalidade e integridade das informações apresentadas; c) o uso da ferramenta não substituiu o julgamento crítico, a análise e a interpretação dos dados, que permaneceram sob responsabilidade exclusiva das autoras; e d) foram observados os princípios de honestidade, transparência e responsabilidade previstos nas diretrizes de integridade científica do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

6. REFERÊNCIAS

Abdulla H, Smith K, Atherton PJ, Idris I. Role of insulin in the regulation of human skeletal muscle protein synthesis and breakdown: a systematic review and meta-analysis. Diabetologia. 2016;59(1):44-55. doi:10.1007/s00125-015-3751-0.

Boucher J, Kleinridders A, Kahn CR. Insulin receptor signaling in normal and insulin-resistant states. Cold Spring Harb Perspect Biol. 2014;6(1):a009191. doi:10.1101/cshperspect.a009191.

Câmara LC, Ferreira MHL. Uso não terapêutico de insulina no fisiculturismo: fundamentação anabólica, riscos clínicos e lacunas nas evidências. Rev Tópicos. 2026;4(34):1-14. doi:10.70773/revistatopicos/780385192.

Chen YL, Huang CY, Lee SD, Chou SW, Hsieh PS, Hsieh CC, et al. Discipline-specific insulin sensitivity in athletes. Nutrition. 2009;25(11-12):1137-42. doi:10.1016/j.nut.2009.03.003.

Chow LS, Albright RC, Bigelow ML, et al. Mechanism of insulin's anabolic effect on muscle: measurements of muscle protein synthesis and breakdown using aminoacyl-tRNA and other surrogate measures. Am J Physiol Endocrinol Metab. 2006;291(4):E729-36. doi:10.1152/ajpendo.00003.2006.

ISSN 2317-1316

Di Girolamo FG, Biasinutto C, Mangogna A, Fiotti N, Vinci P, Pisot R, et al. Metabolic consequences of anabolic steroids, insulin, and growth hormone abuse in recreational bodybuilders: implications for the World Anti-Doping Agency passport. Sports Med Open. 2024;10(1):28. doi:10.1186/s40798-024-00697-6.

Ebeling P, Bourey R, Koranyi L, Tuominen JA, Groop LC, Henriksson J, et al. Mechanism of enhanced insulin sensitivity in athletes: increased blood flow, muscle glucose transport protein (GLUT-4) concentration, and glycogen synthase activity. J Clin Invest. 1993;92(4):1623-31. doi:10.1172/JCI116747.

Evans PJ, Lynch RM. Insulin as a drug of abuse in body building. Br J Sports Med. 2003;37(4):356-7. doi:10.1136/bjsm.37.4.356.

Fujita S, Rasmussen BB, Cadenas JG, et al. Effect of insulin on human skeletal muscle protein synthesis is modulated by insulin-induced changes in muscle blood flow and amino acid availability. Am J Physiol Endocrinol Metab. 2006;291(4):E745-54. doi:10.1152/ajpendo.00271.2005.

Goodyear LJ, Kahn BB. Exercise, glucose transport, and insulin sensitivity. Annu Rev Med. 1998;49:235-61. doi:10.1146/annurev.med.49.1.235.

Hayashi T, Wojtaszewski JFP, Goodyear LJ. Exercise regulation of glucose transport in skeletal muscle. Am J Physiol. 1997;273(6):E1039-51. doi:10.1152/ajpendo.1997.273.6.E1039.

Heidet M, Abdel Wahab A, Ebadi V, Cogne Y, Chollet-Xemard C, Khellaf M. Severe hypoglycemia due to cryptic insulin use in a bodybuilder. J Emerg Med. 2019;56(3):279-81. doi:10.1016/j.jemermed.2018.10.030.

Holt RIG, Sönksen PH. Growth hormone, IGF-I and insulin and their abuse in sport. Br J Pharmacol. 2008;154(3):542-56.

Ip EJ, Barnett MJ, Tenerowicz MJ, Perry PJ. Weightlifting's risky new trend: a case series of 41 insulin users. Curr Sports Med Rep. 2012;11(4):176-9. doi:10.1249/JSR.0b013e31825da97f.

Johansen NJ, Christensen MB. A systematic review on insulin overdose cases: clinical course, complications and treatment options. Basic Clin Pharmacol Toxicol. 2018;122(6):650-9. doi:10.1111/bcpt.12957.

Konrad C, Schüpfer G, Wietlisbach M, Gerber H. Insulin als Anabolikum: Hypoglykämie im Bodybuilding-Milieu. Anasthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther. 1998;33(7):461-3. doi:10.1055/s-2007-994284.

Mohebbi H, Campbell IT, Keegan MA, Malone JJ, Hulton AT, MacLaren DPM. Hyperinsulinaemia and hyperglycaemia promote glucose utilization and storage during

ISSN 2317-1316

low- and high-intensity exercise. Eur J Appl Physiol. 2020;120(1):127-35. doi:10.1007/s00421-019-04257-9.

Moyns EJ, Ferner RE. Treatment of insulin poisoning: a 100-year review. Diabet Med. 2023;40(6):e15076. doi:10.1111/dme.15076.

Piatkowski T, Cox LTJ. 'Insulin is super dangerous if you don't know what you're doing': situating the risks of insulin within the image and performance enhancing drug community. Drug Alcohol Rev. 2024;43(7):1976-84. doi:10.1111/dar.13857.

Rose AJ, Richter EA. Skeletal muscle glucose uptake during exercise: how is it regulated? Physiology (Bethesda). 2005;20(4):260-70. doi:10.1152/physiol.00012.2005.

Taniguchi CM, Emanuelli B, Kahn CR. Critical nodes in signalling pathways: insights into insulin action. Nat Rev Mol Cell Biol. 2006;7:85-96. doi:10.1038/nrm1837.

Timmerman KL, Lee JL, Dreyer HC, et al. Insulin stimulates human skeletal muscle protein synthesis via an indirect mechanism involving endothelial-dependent vasodilation and mammalian target of rapamycin complex 1 signaling. J Clin Endocrinol Metab. 2010;95(8):3848-57. doi:10.1210/jc.2009-2696.

Tremblay A, Pinsard D, Coveney S, Catellier C, Laferrière G, Richard D, et al. Counterregulatory response to insulin-induced hypoglycemia in trained and nontrained humans. Metabolism. 1990;39(11):1138-43. doi:10.1016/0026-0495(90)90085-Q.

Wojtaszewski JFP, Hansen BF, Kiens B, Richter EA. Insulin signaling in human skeletal muscle: time course and effect of exercise. Diabetes. 1997;46(11):1775-81. doi:10.2337/diab.46.11.1775.

World Anti-Doping Agency. The 2026 Prohibited List: International Standard. Montreal: WADA; 2026.