

## Benefícios da oxigenação hiperbárica e epigenética no esporte

Benefits of hyperbaric oxygenation and epigenetics in sports

Marcel Simonetti<sup>1</sup>

Mariana Benítez<sup>2</sup>

### Resumo:

O desempenho atlético é um dos aspectos mais decisivos na carreira de um atleta profissional. Não se trata apenas de condicionamento físico, mas também do bem-estar emocional em relação à atividade física dentro de um contexto mais amplo. O alto desempenho não se resume ao exercício físico, pois o ambiente controla até 98% da expressão gênica; é aí que a epigenética entra em cena. Na medicina esportiva, inflamação e esporte são frequentemente associados, sendo a inflamação de curto prazo benéfica. Por exemplo, a IL-6 (interleucina-6) é uma miocina, um tipo de peptídeo liberado pelas células musculares durante a contração muscular. Ela desempenha uma função importante: remover glicose e lipoproteínas da corrente sanguínea, um processo que pode reduzir o risco de desenvolvimento de doenças cardiovasculares.

A medicina hiperbárica desempenha um papel importante no metabolismo do atleta, melhorando a recuperação a nível celular.

**Palavras-chave:** inflamação, interleucina-6, epigenética, oxigenação hiperbárica.

### Abstract:

Athletic performance is one of the most decisive aspects in the career of a professional athlete. It is not only related to physical conditioning, but also to emotional well-being regarding physical activity within a broader context. High performance is not limited to physical exercise alone, since the environment controls up to 98% of gene expression; this is where epigenetics comes into play. In sports medicine, inflammation and sports are often associated, with short-term inflammation being beneficial. For example, IL-6 (interleukin-6) is a myokine, a type of peptide released by muscle cells during muscle contraction. It plays an important role in removing glucose and lipoproteins from the bloodstream, a process that may reduce the risk of developing cardiovascular diseases.

Hyperbaric medicine plays an important role in the athlete's metabolism by improving recovery at the cellular level.

**Keywords:** inflammation; interleukin-6; epigenetics; hyperbaric oxygenation.

<sup>1</sup> Cirurgião Bucomaxilofacial - Mestre em Medicina Hiperbárica e Epigenética

<sup>2</sup> Cirurgiã Bucomaxilofacial - Mestre em Medicina Hiperbárica e Epigenética

## Introdução:

Em esportes de alta intensidade, níveis persistentemente elevados de interleucina-6 (IL-6) são um sinal de inflamação crônica que tem efeitos negativos no organismo, incluindo atrofia muscular e recuperação muscular prejudicada. Portanto, a epigenética oferece uma abordagem alternativa no esporte, proporcionando melhor suporte para atletas de todos os níveis, de elite a amadores. O prefixo "epi" significa "acima" ou "sobre", o que implica que a epigenética não está "dentro" ou envolvida na alteração de genes, nem implica alterações na sequência de DNA (Fig. 1).



Figura 1: DNA.

Por outro lado, a medicina hiperbárica desempenha um papel significativo no metabolismo do atleta, melhorando a recuperação a nível celular. Quando um indivíduo se lesiona, a área afetada sofre uma diminuição no fornecimento de oxigênio devido aos danos nos vasos sanguíneos, dificultando assim a chegada de elementos envolvidos na reparação e recuperação inicial do atleta. O principal objetivo da oxigenoterapia hiperbárica é eliminar esse déficit de oxigênio na lesão. Os esportes competitivos assumiram um novo significado.

Esta é uma era completamente nova, onde a intensidade e as exigências aumentaram juntamente com a incidência de lesões em atletas. Lesões musculares são as mais frequentes, tanto em atletas profissionais quanto amadores. Essas lesões variam de fraturas ósseas a lesões musculares, tendinosas e ligamentares, resultantes de impactos agudos em esportes de contato ou dos rigores diários de treinamento e condicionamento físico. Um músculo sofre uma contusão quando submetido a uma força compressiva repentina e intensa, como um golpe direto. Em distensões, no entanto, o músculo é submetido a uma força de tração excessiva que leva à sobrecarga das miofibrilas e, conseqüentemente, à ruptura da junção miotendinosa. Entorses são lesões que afetam a cápsula ou os ligamentos de uma articulação; estes últimos são estruturas protetoras das articulações que impedem que a amplitude normal de movimento seja ultrapassada. Uma lesão do ligamento cruzado anterior (LCA) é uma entorse ou ruptura desse ligamento, que é um dos principais ligamentos do joelho. Lesões musculares são as mais frequentes, representando um desafio na traumatologia e ocorrendo comumente em diversos esportes. Ao realizarmos atividades físicas, especialmente aquelas que envolvem contrações musculares intensas ou exercícios de resistência, causamos microtraumas nas fibras musculares. O processo de adaptação a esses microtraumas desencadeia uma série de processos inflamatórios no tecido muscular como forma de reparar e fortalecer o músculo. Essa inflamação é essencial para o processo de adaptação que permite que nossos músculos

se tornem mais fortes e resistentes ao longo do tempo. Daí a pergunta: o que é a microbiota intestinal? Trata-se de um conjunto de trilhões de células microbianas (bactérias, eucariotos e vírus) presentes em todas as pessoas, principalmente no trato intestinal. O exercício físico pode ter um efeito significativo na saúde intestinal e, inclusive, tem sido proposto como tratamento para diversas doenças. O efeito do exercício moderado na saúde intestinal é positivo, relacionado à permeabilidade intestinal e à inflamação. No entanto, o exercício intenso e prolongado pode ter um efeito prejudicial, como evidenciado pelo fato de muitos atletas de elite de resistência aeróbica frequentemente se queixarem de distúrbios gastrointestinais durante ou após o exercício. Os sintomas negativos associados ao exercício extenuante devem-se à redistribuição do sangue, que causa a diminuição do fluxo sanguíneo para a mucosa intestinal (isquemia intestinal), levando ao aumento da inflamação e da permeabilidade intestinal. Portanto, alterações na composição e diversidade da microbiota intestinal têm sido relacionadas a modificações no metabolismo energético, hidratação, inflamação, reações redox e modulação do eixo intestino-cérebro, fatores que influenciam a sensação de fadiga. A motivação para o exercício e a percepção do estresse são fatores-chave na nutrição esportiva. O objetivo é abranger todas as fases da atividade atlética, incluindo treinamento, competição, recuperação e repouso. Portanto, a nutrição deve ser adequada em qualidade e quantidade para repor a energia gasta durante a atividade física e prevenir a fadiga e os desequilíbrios. A recuperação física também envolve o metabolismo aeróbico e as trocas gasosas durante o exercício, prevenindo assim o acúmulo de gases indesejados resultantes de exercícios descontrolados. A oxigenoterapia hiperbárica pode auxiliar na recuperação mais rápida.

### **Promovendo a recuperação de lesões ligamentares e musculoesqueléticas com Oxigenação Hiperbárica (OHB)**

A terapia com medicina hiperbárica tem como objetivo aprimorar aspectos inerentes ao treinamento e ao desempenho atlético. Quando um indivíduo se lesiona, a área afetada sofre uma diminuição no suprimento de oxigênio devido a danos nos vasos sanguíneos, dificultando, assim, a chegada de elementos envolvidos na reparação e na recuperação inicial do atleta.

O principal objetivo do tratamento com **OHB** é eliminar esse déficit de suprimento de oxigênio na lesão.

Pressão de oxigênio no sangue:

Tecido normal	Tecido lesionado
40-45 mmHg	5-15 mmHg

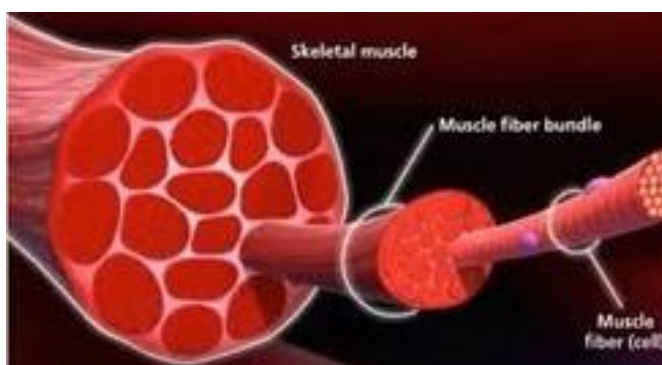


Fig. 2: Fibra muscular (corte transversal)

Em condições normais, em 1 **ATA** (A 2 e 3 atmosferas de pressão absoluta, 98,4% do oxigênio se liga à hemoglobina e a porção restante se dissolve no plasma. Sob condições de tratamento hiperbárico, a 2 e 3 **ATA** O oxigênio dissolvido no plasma é de 3,8% e 6,8%, respectivamente, e a PA O<sub>2</sub> (pressão arterial de oxigênio) é de 1400 e 2200. **mm Hg** em comparação com 40 horas de repouso.

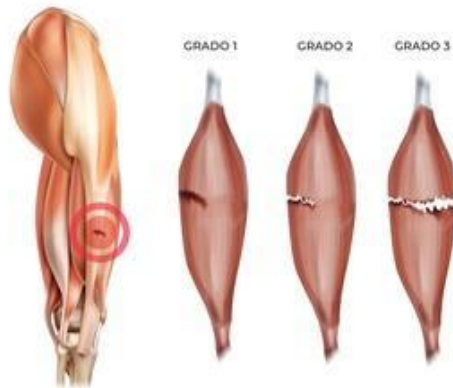


Figura 3: Diferentes graus de lesão muscular

### **Lesões esportivas em pacientes tratados com oxigenação hiperbárica (OHB).**

Dependendo da gravidade da lesão, uma ruptura muscular pode ser classificada da seguinte forma:

De Primeiro Grau- Lesões leves nas fibras musculares.

De Segundo Grau-ruptura parcial das fibras musculares.

De Terceiro Grau-ruptura total das fibras musculares.

A hiperoxia produzida pelo tratamento com oxigenoterapia hiperbárica (OHB) desencadeia efeitos sistêmicos que também melhoram a microcirculação muscular. Durante o exercício, o ácido láctico é produzido devido à ativação da via anabólica, e esse estado é considerado uma hipóxia fisiológica que produz efeitos benéficos no organismo. Sabe-se que o exercício físico desencadeia benefícios por meio de hipóxia intermitente leve nos sistemas imunológico e psiconeuroimunoendócrino. A oxigenoterapia hiperbárica intensifica esse estado.

Provoca um leve estresse oxidativo que aumenta as defesas antioxidantes e fortalece o equilíbrio redox necessário para manter o desempenho atlético e prevenir lesões.

Durante a fase de recuperação inflamatória, o **OHB** Reduz o edema e a inflamação ao redor do tecido lesionado. Apresenta efeito positivo quando o tratamento é realizado nas primeiras 48 horas após a isquemia. O papel da oxigenoterapia hiperbárica (OHB) na cicatrização de feridas é bem estudado e reconhecido em três fases: inflamatória, proliferativa e de remodelação. Fase Inflamatória A terapia com oxigênio hiperbárico (TOHB) contribui para o aumento do fator induzível por hipóxia 1-alfa (HIF-1 $\alpha$ ), ativando o sistema glicolítico, a vascularização e a angiogênese. Ela proporciona um

aumento na oferta de oxigênio com redução do edema vasogênico, da inflamação e da dor na fase aguda. Fase Proliferativa Nos tecidos musculoesqueléticos (exceto cartilagem), o fornecimento de oxigênio à área lesionada é essencial para a síntese de componentes da matriz extracelular, como fibronectina e proteoglicanos. Finalmente, no Fase de Remodelação O tecido é substituído lentamente. Se o dano for pequeno, o tecido se recupera com uma organização quase perfeita, mas se o dano for extenso, o tecido cicatricial, composto de colágeno, pode substituir o tecido danificado.

#### **Em resumo:**

A terapia com oxigênio hiperbárico promove a regeneração óssea, a síntese de colágeno e a formação de vasos sanguíneos na área da lesão esportiva. Isso leva à recuperação da microcirculação e à regeneração do tecido muscular, à ativação de células satélite que se diferenciam em tecido muscular e à regeneração do colágeno em tendões e ligamentos. Pode reparar o tecido muscular em lesões mais graves, reduzir a inflamação e acelerar a transição para a fase proliferativa da recuperação muscular. Devemos também considerar que a epigenética é uma abordagem alternativa no esporte, proporcionando melhor suporte a atletas de todos os níveis — alto, médio e amador — intervindo efetivamente em suas dietas de acordo com suas necessidades energéticas individuais, de forma personalizada e dinâmica.

#### **Referências:**

Babul S, Rhodes EC. O papel da terapia com oxigênio hiperbárico na medicina esportiva. *Sports med.* 2000 Dez;30(6):395-403.

Barata P, Cervaens M, Resende R, Camacho O, Marques F. Efeitos do oxigênio hiperbárico em lesões esportivas. *Ther Adv Musculoskelet dis.* 2011 abr;3(2):111-21.

Dumont NA, Bentzinger CF, Sincennes MC, Rudnicki MA. Célula satélite e regeneração do músculo esquelético. *Compr Physiol.* 2015 Jul 1;5(3):1027-59.

Kawada S, Wada E, Matsuda R, Ishii N. A hiperoxia hiperbárica acelera a cicatrização de fraturas em camundongos. *PloS One.* 2013 Aug 14;8(8):e 72603.

Arazi H, Eghbali E. Possíveis efeitos da suplementação de beterraba no desempenho físico por meio de mecanismos metabólicos, neuroendócrinos e antioxidantes: uma revisão narrativa da literatura. *Front Nutr.* 2021; 8: 660150. doi: 10.3389/fnut.2021.660150

Bell JF, Massey A, Dexter T. Data de nascimento e avaliações de desempenho esportivo: análise dos resultados do GCSE de Educação Física. *Eur J Phys Edu.* 1997; 2 (2): 160-166. doi:10.1080/1740898970020203

Braakhuis A, Somerville V, Hurst R. O efeito da groselha-preta da Nova Zelândia no desempenho esportivo e biomarcadores relacionados: uma revisão sistemática e meta-análise. *J Int Soc Sports Nutr.* 2020; 17: 25. doi: 10.1186/ s12970-020-00354-9

De la Rubia A, Lorenzo-Calvo J, Lorenzo A. O efeito da idade relativa influencia o desempenho a curto prazo e a carreira esportiva em esportes coletivos? Uma revisão sistemática qualitativa. *Front Psychol.* 2020; 11: 1947. Doi: 10.3389/fpsyg.2020.01947

Denham J, Marques FZ, O'Brien BJ, Charchar FJ. Exercício: Colocando em prática nosso epigenoma Medicina Esportiva. 2014.

Yin MM, Wang W, Sun J, Liu S, Liu XL, Niu YM, et al. O exercício em esteira realizado pelo pai melhora o aprendizado espacial e a memória relacionada ao hipocampo em filhos do sexo masculino. . *Behav Brain Res* 2013 Sep 5;253:297–304.