



**EFEITOS DO USO INTEGRADO DA OXIGENOTERAPIA HIPERBÁRICA NA  
RECUPERAÇÃO E PREVENÇÃO DE LESÕES NO FUTEBOL  
PROFISSIONAL: ESTUDO DE COORTE PROSPECTIVO**

***EFFECTS OF INTEGRATED HYPERBARIC OXYGEN THERAPY ON  
RECOVERY AND INJURY PREVENTION IN PROFESSIONAL FOOTBALL: A  
PROSPECTIVE COHORT STUDY***

Luiz Alberto Rosan<sup>1</sup>, Rodrigo Kallás Zogaib<sup>2</sup>, Alef Serrat Pinheiro<sup>3</sup>, Marcos do Nascimento Jesuino<sup>4</sup>, Leandro da Silva Xavier<sup>5</sup>, Débora Dias Ferraretto Moura Rocco<sup>6</sup>, Caroline Simões Teixeira<sup>7</sup>, Diego de Oliveira<sup>8</sup>, Kelsey Ribeiro de Andrade<sup>9</sup>, Marcelo de Moraes Amâncio<sup>10</sup>, João Carlos de Sousa Nobre<sup>11</sup>, Alexandre Galvão da Silva<sup>12</sup>

### Resumo

**Introdução:** A oxigenoterapia hiperbárica (HBOT) tem ganhado destaque como recurso complementar na medicina esportiva por seus potenciais efeitos na modulação inflamatória, aceleração da recuperação muscular e otimização do reparo tecidual em atletas submetidos a altas demandas físicas. **Objetivo:** Descrever a eficácia da utilização da oxigenoterapia hiperbárica como ferramenta coadjuvante na recuperação de atletas da alta performance do futebol profissional. **Metodologia:** Estudo observacional e retrospectivo baseado em dados clínicos do Santos FC, envolvendo 22 atletas profissionais (16 ativos e 6 em reabilitação) que realizaram 6 a 12 sessões de HBOT (1,3–2,0 ATA; 60 min). Foram avaliados assimetria térmica ( $\Delta T$ ), CK pós-jogo, dor muscular tardia, percepção subjetiva de recuperação (PSR), qualidade do sono e evolução cicatricial, considerando  $\Delta T > 0,4^{\circ}\text{C}$  como clinicamente relevante. O PSR foi analisado pelo teste de Wilcoxon ( $p < 0,05$ ). **Resultados:** A assimetria térmica reduziu de  $1,4 \pm 0,66^{\circ}\text{C}$  para  $1,0^{\circ}\text{C}$  após o ciclo de sessões; atletas com CK  $> 800$  U/L apresentaram queda mais rápida da dor muscular em 48–72 h; houve melhora consistente da qualidade do sono e aumento dos escores de PSR; cinco atletas com feridas superficiais apresentaram cicatrização acelerada em até 72 h, e dois casos mostraram regressão rápida de edema traumático. **Conclusão:** A HBOT demonstrou potencial para aprimorar a recuperação muscular, reduzir assimetrias térmicas e acelerar o reparo tecidual em atletas de futebol profissional.



**Descritores:** Oxigenoterapia hiperbárica; Futebol profissional; Recuperação de lesões.

### Abstract

**Introduction:** Hyperbaric oxygen therapy (HBOT) has gained prominence as an adjunct resource in sports medicine due to its potential effects on inflammatory modulation, accelerated muscle recovery, and enhanced tissue repair in athletes exposed to high physical demands. **Objective:** To describe the effectiveness of hyperbaric oxygen therapy as a coadjuvant tool in the recovery of high-performance professional football athletes. **Methods:** This observational and retrospective study used clinical records from Santos FC and included 22 professional athletes (16 active and 6 in rehabilitation) who underwent 6 to 12 HBOT sessions (1.3–2.0 ATA; 60 min). Assessments included thermal asymmetry ( $\Delta T$ ), post-match creatine kinase (CK), delayed-onset muscle soreness (DOMS), perceived recovery status (PRS), sleep quality, and wound-healing progression, with  $\Delta T > 0.4^\circ\text{C}$  considered clinically relevant. PRS changes were analyzed using the Wilcoxon test ( $p < 0.05$ ). **Results:** Thermal asymmetry decreased from  $1.4 \pm 0.66^\circ\text{C}$  to  $1.0^\circ\text{C}$  after the treatment cycle; athletes with  $\text{CK} > 800 \text{ U/L}$  showed faster reductions in muscle soreness within 48–72 h; sleep quality improved consistently, and PRS scores increased across the group; five athletes with superficial wounds demonstrated accelerated healing within 72 h, and two cases showed rapid regression of traumatic edema. **Conclusion:** HBOT demonstrated potential to enhance muscle recovery, reduce thermal asymmetries, and accelerate tissue repair in professional football athletes.

**Keywords:** Hyperbaric oxygen therapy; Professional football; Injury recovery

1- Graduado em Fisioterapia pela Universidade Metodista e Coordenador de fisioterapia do Santos F. C. - CEPRAF

2- Graduado em Medicina pela Faculdade de Ciências Médicas em Santos, Residência Médica em Ortopedia pediátrica pela UNICAMP e Residência em Medicina Esportiva pela UNIFESP, Especialista em Medicina Regenerativa pela ABMR, Mestre em Cirurgia pela UNICAMP

3- Graduado em Educação Física pela Universidade Santa Cecília e especialista em fisiologia do exercício pela Universidade Cesumar

4- Graduado em enfermagem pela Unimonte e Graduado em Educação Física pela Universidade Santa Cecília

5- Graduado em fisioterapia pela Universidade Salgado Filho, Especialista em traumatologia ortopédica e desportiva Universidade Salgado Filho

6- Educadora física pelas Faculdades Metropolitanas Unidas, especialista em fisiologia do exercício pela Universidade Federal de São Paulo e doutora pela Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo.

7- Fisioterapeuta, graduada pela Universidade Santa Cecília, Especialização em Fisioterapia em Reabilitação Cardiopulmonar pelo Instituto Israelita de Ensino e Pesquisa Albert Einstein e Fisiologia do Exercício Aplicada à Clínica pela Universidade Federal de São Paulo, Mestre em Ciências da Saúde pela Universidade Federal de São Paulo e doutoranda em ciências pela Universidade Federal de São Paulo.

8- Educador Físico graduado pela Universidade Santa Cecília e graduando em Fisioterapia pela Universidade Santa Cecília



9-Graduado em fisioterapia pela Universidade Federal de São Paulo, Pós-graduado em UTI com ênfase em clínica médica pela Universidade Federal de São Paulo, Pós-graduado em fisiologia do exercício pela Universidade Federal de São Paulo.

10-Graduado em Fisioterapia pela Universidade Unaerp. Pós-graduado em Neuro funcional na Universidade Santa Cecília.

11-Fisioterapeuta graduado pela Universidade Bandeirante de São Paulo e Especialista em Fisiologia Biomecânica Reabilitação e Treinamento pelo Instituto de Ortopedia e Traumatologia do HC-FMUSP

12-Educador físico graduado pela Universidade Católica de Salvador, especialista em fisiologia do exercício e reabilitação cardiovascular pelo Instituto do coração INCOR, mestre e doutor pela Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (FMUSP).

---

## INTRODUÇÃO

A crescente demanda por estratégias de recuperação eficazes no esporte de alto rendimento tem ampliado a busca por métodos que minimizem o estresse fisiológico decorrente das exigências competitivas. No futebol profissional, caracterizado por ações intermitentes de alta intensidade, acelerações e desacelerações frequentes, o sistema musculoesquelético e o metabolismo são expostos a elevados níveis de sobrecarga, especialmente em contextos de calendários densos de treinos e jogos<sup>1</sup>.

Uma partida pode desencadear elevações expressivas em marcadores como creatina quinase (CK), lactato desidrogenase (LDH) e mioglobina, evidenciando microlesões musculares e processos inflamatórios subsequentes. Assim, estratégias capazes de acelerar a recuperação, reduzir o risco de lesões e preservar o desempenho tornam-se essenciais<sup>2</sup>. Entre os recursos complementares utilizados na alta performance, a oxigenoterapia hiperbárica (HBOT) tem ganhado destaque pela possibilidade de modular processos inflamatórios, otimizar a recuperação tecidual e reduzir o tempo necessário para retorno à homeostase fisiológica.

A HBOT, definida como a administração de oxigênio a 100% sob pressão superior à atmosférica, tem sido investigada por seus efeitos em lesões musculoesqueléticas esportivas. Revisões sistemáticas apontam que a terapia pode diminuir o tempo de reabilitação e modular respostas inflamatórias e de reparo tecidual<sup>3</sup>. No entanto, apesar do potencial fisiológico, os estudos disponíveis ainda apresentam heterogeneidade metodológica e resultados inconsistentes, reforçando a necessidade de investigações específicas em contextos de alta performance, como equipes de futebol profissional<sup>2,4</sup>.

Moghadam et al. (2020) relatam que a elevação da pressão parcial de oxigênio tissular promovida pela HBOT estimula angiogênese, reduz edema, favorece a deposição de matriz extracelular e atenua o fenômeno de isquemia, reperfusão, contribuindo para a cicatrização de microlesões musculares e tendinosas, aspectos particularmente relevantes em modalidades com alta demanda mecânica diária<sup>5</sup>.

Entretanto, lacunas importantes persistem quanto à aplicação prática da HBOT no futebol profissional. Em ensaio duplo cego conduzido por Gušić et al. (2024), uma única sessão de 60 minutos após uma partida não produziu diferenças significativas em marcadores bioquímicos ou desempenho, embora tenha reduzido o índice de bem-estar dos atletas<sup>2</sup>. Esses achados sugerem que fatores como protocolo, frequência, duração e *timing* da intervenção influenciam os efeitos observados, exigindo maior padronização para aplicação no ambiente competitivo.

A utilização sistemática da HBOT em programas de prevenção e recuperação requer integração multidisciplinar, definição clara de critérios clínicos,



padronização de protocolos e coordenação entre departamentos médico, fisioterapêutico e de performance. Revisões recentes reforçam tanto o potencial terapêutico da HBOT para lesões musculoesqueléticas quanto a atual heterogeneidade entre estudos, destacando a necessidade de direcionamentos operacionais mais consistentes antes de sua implementação rotineira na prática esportiva<sup>5, 6</sup>.

A inclusão da HBOT no ciclo de recuperação, seja no pós-jogo imediato, nos dias subsequentes ou ao longo dos microciclos, pode ampliar janelas de readaptação funcional, modular processos inflamatórios e favorecer a restauração da condição fisiológica basal. Evidências em atletas de alto rendimento sugerem melhora na percepção de recuperação, redução do desconforto muscular e apoio ao reparo tecidual, especialmente quando combinada a outras estratégias regenerativas, como crioterapia, compressão e intervenções nutricionais<sup>2, 7, 8</sup>. Além disso, estudos destacam que seus efeitos tendem a ser potencializados quando incorporados de forma integrada ao planejamento multidisciplinar da temporada.

Considerando que no esporte de alto rendimento detalhes podem impactar o desempenho e a prevenção de lesões, tecnologias capazes de otimizar a recuperação ou reduzir o tempo de retorno devem ser investigadas de forma sistemática. Diante desse cenário, o presente estudo propõe-se a descrever a eficácia da utilização da oxigenoterapia hiperbárica como ferramenta coadjuvante na recuperação de atletas de futebol profissional de alta performance.



## **METODOLOGIA**

Trata-se de um estudo aplicado, com delineamento observacional de coorte prospectiva, conduzido a partir do acompanhamento sistemático de registros clínicos, fisiológicos e funcionais de atletas profissionais ao longo da temporada competitiva de 2025. Embora parte das informações tenha sido obtida retrospectivamente nos arquivos institucionais, as variáveis fisiológicas, subjetivas e termográficas foram coletadas de forma prospectiva e padronizada, caracterizando o estudo como uma coorte de seguimento natural.

Todos os procedimentos seguiram os princípios da Declaração de Helsinki. O projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética da Universidade Santa Cecília (UNISANTA), parecer CAAE 83677724.2.0000.5513, com autorização do **Departamento Médico do Santos FC.**

### **Local e População do estudo**

A investigação foi realizada no Centro de Saúde e Performance do Santos Futebol Clube (SFC), envolvendo atletas do elenco profissional masculino. A amostra final consistiu em 22 atletas, todos do sexo masculino, com idades entre 18 e 35 anos e tempo mínimo de três anos de experiência no futebol profissional. Foram incluídos atletas que realizaram mínimo de seis sessões de oxigenoterapia hiperbárica (HBOT) durante o ano de 2025; apresentaram indicação clínica documentada. Foram excluídos atletas com contraindicações absolutas para HBOT (ex.: pneumotórax não tratado, infecções respiratórias graves).

### **Critérios Clínicos de Indicação e Frequência das Sessões**

A indicação da HBOT ocorreu quando os atletas apresentaram 24h após jogo: CK > 800 U/L após 48h pós-jogo, associado a; dor muscular tardia intensa





(DOMT  $\geq 7/10$ ). Após a indicação, os atletas realizavam a sessão de HBOT (72h depois do jogo) e a termografia e a escala de percepção subjetiva de recuperação (PSR) eram repetidos por eles. Os atletas que tiveram escoriações realizaram HBOT no dia seguinte ao jogo.

### **Protocolo de Oxigenoterapia Hiperbárica**

A intervenção foi realizada em câmara hiperbárica monoplacê (Oxy®, Brasil), Figura 1, certificada pela ANVISA e pela *Undersea and Hyperbaric Medical Society* (UHMS). O equipamento operou com pressão de 1,3 a 2,0 ATA, fonte de O<sub>2</sub> oxigênio medicinal  $\geq 93\%$  com temperatura interna: 20–26°C e umidade relativa 40–60%.

O protocolo padronizado seguiu três etapas: Pressurização: aumento gradual até atingir a pressão-alvo (1,3–2,0 ATA) com taxa de 0,1–0,2 ATA/min; Sessão terapêutica: exposição contínua a oxigênio por 60 minutos; Descompressão: retorno à pressão ambiente com taxa de 0,1 ATA/min.



Figura 1- Atleta do clube durante a realização da sessão de HBOT



### **Avaliação Subjetiva**

Em todos os dias da semana, incluindo os dias de HBOT, os atletas responderam a um questionário institucional composto por cinco questões sobre a percepção de dor muscular tardia (DOMT), a qualidade do sono e a PSR.

As variáveis foram avaliadas por escalas numéricas (0 a 10). A escala de PSR seguiu o protocolo validado por Laurent et al.<sup>9</sup>.

O número total de sessões por atleta e registros fotográficos de feridas foram incluídos na análise.

### **Avaliação Termográfica dos Membros Inferiores**

A inflamação subsequente às partidas foi monitorada por termografia infravermelha, utilizando câmera FLIR E8-XT® (FLIR Systems Inc., EUA), resolução 320 × 240 pixels e sensibilidade  $\leq 0,06^{\circ}\text{C}$ , seguindo o protocolo de Hildebrandt et al. (2010)<sup>10</sup>. Procedimentos padronizados incluíram ambiente climatizado ( $22 \pm 1^{\circ}\text{C}$ ; umidade 45–55%), repouso prévio de 15 minutos, atletas vestindo apenas roupas íntimas, posição ortostática padrão e distância fixa de 1,5 metro da lente.

Os dados foram analisados no FLIR Tools®, obtendo-se a assimetria térmica bilateral ( $\Delta^{\circ}\text{C}$  D/E). Valores  $> 0,4^{\circ}\text{C}$  foram considerados clinicamente relevantes, conforme Moreira et al. (2017)<sup>11</sup>.

O monitoramento foi integrado às decisões clínicas do clube, incluindo liberação para treino e necessidade de intervenções fisioterapêuticas, conforme diretrizes de Ferreira-Junior et al. (2021)<sup>12</sup>.





### **Análise da CK**

Para determinação da concentração enzimática da CK no plasma, foram retirados 32 µL de sangue capilar da polpa digital dos sujeitos, após ter sido realizada limpeza do local com álcool etílico a 95%. Em seguida, após secagem com algodão, para punção foi utilizada uma lanceta com disparador automático e o sangue foi drenado para um tubo capilar heparinizado (Reflotron®). O sangue foi imediatamente pipetado para uma tira reativa de CK (Reflotron®) e colocada no *Reflotron Analyser*®, da Boehringer Mannheim.

### **Análise de Dados**

Os dados quantitativos foram descritos por frequência absoluta e relativa (n/%), médias e desvios padrão, utilizando o software Microsoft Excel 365. A análise fotográfica foi realizada de forma descritiva e cronológica.

## **RESULTADOS**

### **Amostra e Características dos Atletas**

Foram estudados 22 atletas profissionais do Santos FC idade média  $26,3 \pm 4,1$  anos e que realizaram média de 6 sessões de oxigenoterapia hiperbárica, totalizando intervenções ao longo de 6 semanas.

### **Melhora na Assimetria Térmica Cutânea ( $\Delta T$ )**

A análise dos dados de termografia demonstrou uma redução significativa na assimetria térmica entre os membros inferiores ao longo do período de intervenção com a câmara hiperbárica tanto para os atletas titulares incluídos no estudo, quanto para os que estavam em recuperação. A média inicial de  $\Delta T$  (diferença percentual em graus de temperatura) foi de  $1,4 \pm 0,66$  °C, com valor inicial de  $34,2 \pm 1$  e valores finais de  $32,8 \pm 2$  °C. Essa tendência sugere uma melhora

na distribuição térmica e, conseqüentemente, na simetria funcional muscular, indicativo de recuperação eficiente pós-treino/jogo (figura 2).

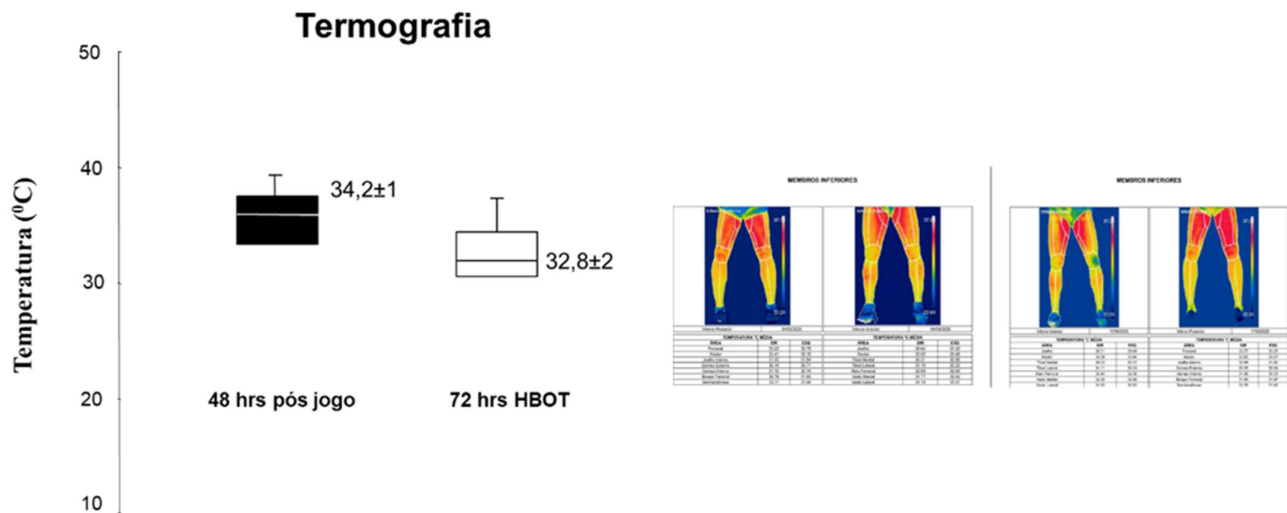


Figura 2- Gráfico com médias de temperatura da termografia 48h pós jogo, realização de HBOT e 72h pós jogo. Lado direito da figura, representação termográfica com distribuição de temperatura nas mesmas condições do gráfico

### Redução de Processos Inflamatórios Locais

A redução da ΔT entre os lados também foi acompanhada de relatos subjetivos de diminuição de dor localizada e desconforto muscular, sobretudo nas regiões femorais e gastrocnêmicas. Tais achados são notados na figura 2, onde observamos uma diminuição da coloração mais avermelhada na coxa esquerda pós HBOT.

### Melhora da Qualidade do Sono e da percepção subjetiva de recuperação

Todos os atletas submetidos ao protocolo de HBOT relataram melhora perceptível na qualidade do sono como demonstrado na figura 3, e confirmada por

escores elevados na escala de recuperação subjetiva (PSR) foi de 5 para 7 desses mesmos atletas com 48h (sem HBOT) e 72h pós HBOT, respectivamente.

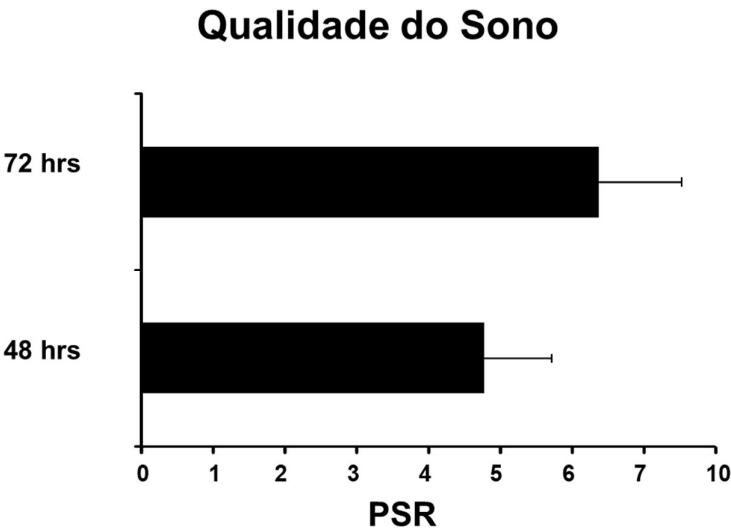


Figura 3- Escore de qualidade autorrelatada do sono em 48h pós jogo, realização da HBOT e 72h após jogo.

**Cicatrização Acelerada de Ferimentos Cutâneos**

Cinco atletas apresentaram lesões superficiais com rompimento de barreira cutânea em regiões como joelho, dorso do pé e tornozelo. Em todos os casos, a utilização da câmara hiperbárica acelerou visivelmente a cicatrização dos cortes, conforme documentado por imagens seriadas abaixo. A primeira imagem foi gerada no dia seguinte da lesão, sem ter passado pela câmara hiperbárica. Nas imagens seguintes é demonstrado a evolução da lesão após a sessão HBOT.



Figura 4- Representação fotográfica de escoriação cutânea em tornozelo de atleta, no dia da lesão, depois de duas sessões de HBOT

### Redução de Edemas e Contusões Musculares

Em dois casos clínicos específicos, observou-se redução rápida de edemas musculares traumáticos (MMII) após sessões consecutivas de HBOT.

As respostas inflamatórias agudas regrediram em até 48 horas, superando os tempos médios históricos do clube.

### DISCUSSÃO

A presente investigação demonstrou que a aplicação sistematizada da oxigenoterapia hiperbárica (HBOT) no contexto do futebol profissional produziu efeitos positivos sobre variáveis fisiológicas e clínicas diretamente relacionadas ao processo de recuperação pós-jogo, incluindo sono, dor, inflamação e cicatrização de tecidos moles. Esses achados estão em consonância com a literatura recente, incluindo a metanálise de Luo et al. (2025)<sup>13</sup>, que demonstrou que a HBOT é capaz de acelerar a recuperação de lesões musculares induzidas por exercício e modular marcadores inflamatórios e oxidativos de forma consistente. Somam-se a isso evidências experimentais indicando que a HBOT



exerce efeitos benéficos sobre vias de regulação inflamatória, estresse oxidativo, perfusão tecidual e reparo celular, reforçando seu papel como ferramenta regenerativa e adjuvante em cenários de elevada demanda fisiológica.

A HBOT promove hiperoxigenação tecidual que desencadeia respostas celulares benéficas para a recuperação pós-esforço. O aumento do O<sub>2</sub> dissolvido no plasma eleva a disponibilidade tecidual de oxigênio, modulando a produção controlada de espécies reativas de oxigênio (ROS) que atuam como sinalizadores para ativação de vias de reparo, angiogênese e remodelação celular. Paralelamente, a HBOT reduz mediadores pró-inflamatórios, atenua a ativação de NF-κB, diminui infiltração leucocitária e favorece um ambiente anti-inflamatório propício à regeneração. Esses mecanismos também influenciam positivamente processos de sobrevivência celular e de proteção contra apoptose, contribuindo para o reparo de fibras musculares e tecidos moles submetidos ao estresse mecânico do esporte<sup>14</sup>.

A implementação precoce da câmara hiperbárica nas primeiras 48 horas após as partidas, especialmente quando orientada por critérios clínicos como fadiga intensa, mialgia, dor localizada, distúrbios do sono ou sinais sugestivos de microlesões, mostrou-se particularmente eficaz em acelerar o retorno à homeostase. A melhora dos valores de qualidade do sono observada em nossos atletas reforça esse efeito, indicando benefício consistente na percepção de sono e na recuperação subjetiva entre todos os jogadores submetidos ao protocolo. Esses achados convergem com as evidências apresentadas por Yeo et al. (2024)<sup>15</sup>, que demonstram que a HBOT modula o sistema nervoso autônomo, melhora a qualidade do sono e promove um ambiente redox mais favorável,



contribuindo diretamente para a restauração do equilíbrio metabólico no pós-exercício.

A literatura recente indica que HBOT tem capacidade de acelerar a recuperação de lesões musculares induzidas por exercício, especialmente quando aplicada em parâmetros compatíveis com regimes práticos de rotina esportiva. Uma meta-análise de 2025 compilou dados de 10 estudos com 299 participantes, e demonstrou que HBOT reduziu significativamente o tempo de recuperação de lesão muscular após esforço físico, com eficácia tanto em pressões atmosféricas acima de 2,0 ATA quanto em pressões iguais ou menores, e com sessões de 60 a 100 minutos. Esses achados reforçam a possibilidade de adoção de HBOT como estratégia preventiva e de recuperação em atletas de alto rendimento, desde que ajustados os protocolos às demandas específicas da modalidade e às necessidades individuais<sup>16</sup>.

Outro dado relevante foi a redução progressiva das assimetrias térmicas detectadas por termografia infravermelha. A normalização térmica observada ao longo das sessões de HBOT sugere modulação da inflamação localizada e reequilíbrio funcional após as sessões de HBOT. Essa tendência é coerente com o papel estabelecido da termografia como método sensível para monitorar alterações fisiológicas relacionadas à sobrecarga e processos inflamatórios, conforme descrito por Hildebrandt et al. (2010)<sup>10</sup>. Assim, a HBOT pode atuar como ferramenta regenerativa complementar capaz de favorecer a normalização térmica e ampliar a prontidão física.

A integração da HBOT à rotina preventiva do clube mostrou-se viável, segura e bem tolerada, com adesão satisfatória por parte dos atletas e sem





intercorrências adversas relevantes. O modelo adotado, com sessões de 60 minutos em pressões próximas à faixa de 2,0–2,2 ATA, segue parâmetros utilizados em investigações recentes sobre recuperação pós-esforço no futebol, como demonstrado por Gušić et al. (2024)<sup>2</sup>. Vale destacar que a individualização da aplicação com base em sintomas e demandas fisiológicas ampliou a efetividade do recurso e otimizou o custo-benefício do processo.

Adicionalmente, os cinco casos clínicos documentados com lesões traumáticas por corte em joelho ou pé apresentaram melhora funcional e cicatricial acelerada, compatível com os mecanismos bioquímicos promovidos pela HBOT, como estímulo à angiogênese, liberação de fatores de crescimento e ativação de fibroblastos, conforme descrito em estudos de Staples e Clement (2016)<sup>17</sup> e em investigações celulares de Thom et al. (2020)<sup>18</sup>. As imagens de acompanhamento confirmam redução da inflamação periférica, fechamento acelerado das feridas e retomada gradual da função locomotora com dor controlada. A literatura reforça o uso da HBOT como recurso adjuvante na cicatrização tecidual, amparada por evidências que demonstram aumento da angiogênese, proliferação fibroblástica e melhora da síntese de colágeno<sup>19</sup>.

É importante reconhecer que, embora os resultados observados nesta amostra sejam promissores, há necessidade de estudos com delineamentos controlados e randomizados para maior robustez estatística e extrapolação dos achados. Além disso, o impacto da HBOT em biomarcadores inflamatórios séricos e parâmetros metabólicos ainda deve ser explorado de forma mais aprofundada em estudos longitudinais com atletas de elite.

Em suma, os resultados obtidos reforçam o potencial da câmara hiperbárica como ferramenta complementar à fisioterapia e ao recovery no esporte de alto rendimento, contribuindo para a redução do tempo de retorno à prática, melhora da percepção de recuperação, sono e estabilidade térmica, além de promover benefícios objetivos no reparo de lesões superficiais e inflamatórias.

## **CONCLUSÃO**

A integração da câmara hiperbárica na rotina de prevenção e reabilitação de atletas de futebol profissional demonstrou benefícios fisiológicos consistentes, sobretudo quando aliada a métodos de subjetivos de percepção de qualidade do sono e avaliações objetivas como a termografia de infravermelho. Os dados extraídos revelaram melhora significativa na simetria térmica bilateral, com redução progressiva dos deltas térmicos em até 33 dias de monitoramento.

Recomenda-se a continuidade do monitoramento longitudinal com integração de marcadores internos e externos de carga, além de investigações futuras com grupos controle randomizados, a fim de ampliar a robustez científica sobre os efeitos da oxigenoterapia hiperbárica no contexto do futebol de alta performance.

## **Referências**

1. Zhang R, Guo H, Tang S, Zuo J, Shi X. Effect of hyperbaric oxygen therapy on postoperative muscle damage and inflammation following total knee arthroplasty: a randomized controlled trial. *Sci Rep.* 2025;15:22–39.
2. Gušić M, Stantić T, Lazić A, Andrašić S, Roelands B, Bogataj Š. Effects of hyperbaric oxygen therapy on recovery after a football match in young players: a double-blind randomized controlled trial. *Front Physiol.* 2024;15:1483142.
3. Demir KC, Avcı AU. Sports injuries and hyperbaric oxygen therapy: physiological effects and previous findings. *Turk J Sports Med.* 2025;60(2):57–63.
4. Luo X, Smith P, Jones A, et al. Effects of hyperbaric oxygen therapy on exercise-induced muscle injury and soreness: a meta-analysis. *J Sports Sci.* 2025;43(4):367–378.
5. Moghadam N, Leavitt C, Thom SR. Hyperbaric oxygen therapy in sports musculoskeletal injuries: a review. *Sports Med.* 2020;50(9):1687–1699.



6. Huang X, Wang R, Zhang Z, Wang G, Gao B. Effects of Pre-, Post- and Intra-Exercise Hyperbaric Oxygen Therapy on Performance and Recovery: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Front Physiol.* 2021;12:791872. doi:10.3389/fphys.2021.791872.
7. León-Ariza HH, et al. The effects of hyperbaric oxygen therapy on post-training recovery in jiu-jitsu athletes. *J Strength Cond Res.* 2016;30(2):406–412. PMID: 26959652.
8. Patel K, Yeo A, Sharma D. Hyperbaric oxygen therapy for high-performance athletes: a narrative review. *Phys Sportsmed.* 2024;52(3):217–226. PMID: 41223395.
9. Laurent CM, Green JM, Bishop PA, Sjökvist J, Schumacker RE, Richardson MT, Curtner-Smith M. A practical approach to monitoring recovery: development of a perceived recovery status scale. *J Strength Cond Res.* 2011;25(3):620–628.
10. Hildebrandt C, Raschner C, Ammer K. An overview of recent application of medical infrared thermography in sports medicine. *Sports Med.* 2010;40(10):769–781.
11. Moreira DG, Costello JT, Brito CJ, Morais FR, Fernandes AA, de Araujo GG, et al. Thermographic imaging in sports and exercise medicine: a Delphi study and consensus statement on best practices. *J Therm Biol.* 2017;69:155–162.
12. Ferreira-Junior JB, Bottaro M, Vieira A, Vieira CA, Côrtes MG, Carmo J, et al. Is skin temperature associated with muscle recovery status following a single bout of leg press? *Physiol Meas.* 2021;42(3):034002.
13. Luo X, Yu Y, Zhang S, Qi F. Effects of Hyperbaric Oxygen Therapy on Exercise-Induced Muscle Injury and Soreness: A Systematic Review and Meta-analysis. *Arch Phys Med Rehabil.* 2025;Ahead of print. doi:10.1016/j.apmr.2025.07.017.
14. Lindenmann J, Smolle C, Kamolz LP, Smolle-Jüttner FM, Graier WF. Survey of molecular mechanisms of hyperbaric oxygen in tissue repair. *Int J Mol Sci.* 2021;22(21):11754. doi:10.3390/ijms222111754.
15. Yeo JH, Mahendran R, Tan A, et al. Hyperbaric oxygen therapy improves sleep quality and reduces oxidative stress in physically stressed individuals: a randomized controlled trial. *Front Physiol.* 2024;15:1463919. doi:10.3389/fphys.2024.1463919.
16. Liu X, Yang Y, Wang G, Zhang Z, Wang R, Gao B. Effects of hyperbaric oxygen therapy on exercise-induced muscle injury and soreness: a systematic review and meta-analysis. *Undersea Hyperb Med.* 2025;52(2):123–135.
17. Staples JR, Clement DB. Hyperbaric oxygen chambers and the treatment of athletic injuries. *Phys Sportsmed.* 2016;44(2):181–188.
18. Thom SR, Milovanova TN, Yang M, Bhopale VM. Hyperbaric oxygen therapy stimulates vasculogenic stem cell growth and mobilization in humans. *Undersea Hyperb Med.* 2020;47(1):37–48.
19. Heyboer M 3rd, Milovanova TN, Wojcik S, Grant Z, Chin M, Thom SR. Mechanisms of action of hyperbaric oxygen therapy. *Undersea Hyperb Med.* 2017;44(3):219–226.

### Endereço para correspondência:

Alexandre Galvão da Silva  
Email: [agalvão@unisanta.br](mailto:agalvão@unisanta.br)