

# EFEITOS DA HIPÓXIA NORMOBÁRICA SOBRE A OXIGENAÇÃO EM MÚSCULO VASTO LATERAL DURANTE EXERCÍCIO RESISTIDO CÍCLICO E UNILATERAL

**Palavras-Chave:** HIPÓXIA – TREINAMENTO RESISTIDO – NIRS – OXIGENAÇÃO MUSCULAR

**Autores(as):**

VITOR LUIS NARDI, FCA – UNICAMP

EMANUEL ELIAS POLISEL, FCA – UNICAMP

LARA SOARES DE ARAÚJO, FCA - UNICAMP

Prof. Dr. MARCELO PAPOTI - EEFERP - USP

Prof. Dra. FÚLVIA DE BARROS MANCHADO-GOBATTO, FCA – UNICAMP

Prof. Dr. CLAUDIO ALEXANDRE GOBATTO (orientador), FCA – UNICAMP

---

## INTRODUÇÃO:

Tendas hipóxicas, câmaras de nitrogênio e máscaras especiais, são tecnologias de simulação de altitude, classificadas como normobáricas, pois não alteram a pressão atmosférica, mas reduzem artificialmente a proporção de oxigênio inspirado (LEVINE, 2002). Essas tecnologias foram desenvolvidas com objetivo de “levar a montanha até o atleta”, pois o treinamento hipóxico ganhou popularidade nas duas últimas décadas, onde os indivíduos passaram a se expor à altitude, com intuito de melhorar a performance desportiva (FAISS et al., 2013). Assim, o treinamento resistido em hipóxia, parece ser uma estratégia promissora, pois alguns estudos demonstraram melhores resultados hipertroficados quando comparados ao treinamento em normóxia (NISHIMURA et al., 2010; KUROBE et al., 2015). No entanto, esse treinamento ainda não foi completamente explorado, principalmente quando se trata da resposta aguda da oxigenação muscular em sessões de exercício resistido. Diante disso, compreender a curva de oxigenação em resposta ao exercício resistido em condição de hipóxia normobárica pode trazer importantes respostas do ponto de vista do desempenho físico e do impacto do treinamento em hipóxia. Dessa forma, alterações fisiológicas importantes, como o transporte de oxigênio durante o exercício físico, são relevantes para entender as possíveis adaptações que envolvem o modelo de esforço resistido em ambiente hipóxico normobárico. Logo, o objetivo do presente estudo foi investigar os efeitos desse modelo sobre o músculo vasto lateral de indivíduos saudáveis e ativos, durante uma sessão de exercício resistido cíclico unilateral.

## METODOLOGIA:

### 1.1 Participantes

Participaram deste estudo 10 indivíduos ativos e saudáveis do sexo masculino que atenderam os critérios de inclusão: 1. Prática de atividade física por pelo menos 1 ano; 2. experiência com treinamento resistido. Por outro lado, foram excluídos da amostra os participantes que: i. relataram por meio de anamnese o uso de medicamentos contínuos; ii. apresentassem qualquer condição física limitante à realização de esforços em diferentes intensidades. A participação do voluntário foi condicionada à leitura e assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).

## 1.2 Desenho experimental

Os participantes foram avaliados em quatro sessões. Na primeira, os participantes foram convidados a assinarem o TCLE, responder uma anamnese e o questionário de IPAQ. Nesta mesma sessão, os participantes foram submetidos à avaliação antropométrica. Na sessão subsequente, os participantes realizaram o teste de 1 RM (repetição máxima) no exercício *leg press* 45° unilateral. Na 3ª e 4ª sessão, realizadas aleatoriamente, foram obtidas as medidas de oxigenação muscular dos participantes no exercício resistido em condições de normóxia (exposição aos níveis de oxigênio do ambiente) e hipóxia (exposição à níveis reduzidos de oxigênio). Foram executadas 2 séries de 10 repetições do exercício *leg press* 45° unilateral (com a perna dominante), a uma intensidade equivalente à 65% de 1 RM com 1 minuto de pausa entre as séries. Antes das intervenções (3min), os avaliados realizaram 2 séries de 10 repetições, como aquecimento no mesmo exercício resistido a uma intensidade equivalente à 40% de 1 RM. Todas as sessões de avaliação ocorreram com no mínimo 24h e no máximo 48h de intervalo.

## 1.3 Condições ambientais

As avaliações foram realizadas no Laboratório de Fisiologia Aplicada ao Esporte (LAFAE) na Faculdade de Ciências Aplicadas da Unicamp na cidade de Limeira – SP, localizada a uma altitude de 588m, a uma FIO<sub>2</sub> de ~19,5%. As avaliações em condições hipóxicas foram realizadas dentro de uma tenda normobárica (Colorado Altitude Training's Controlled Tent Systems™) a uma FIO<sub>2</sub> equivalente a 14,5% (simulando ~3000m de altitude). A hipóxia foi gerada pelo equipamento Hypoxic Everest Summit II Generator ®.

## 1.4 Antropometria e composição corporal

Foram mensuradas a estatura (cm) e a massa corporal (kg) pela balança digital (DIGIHEALTH MULTILASER – modelo HC021), com capacidade máxima de 180kg e precisão de 100g. Para a mensuração das espessuras das dobras cutâneas peitoral, axilar média, tríceps, subescapular, abdominal, suprailíaca e coxa foi utilizado um adipômetro da marca CESCORF® com precisão de 1mm. A estimativa do percentual de gordura corporal (%) utilizou o protocolo de  $\Sigma 7DC$  proposto por Jackson e Pollock (1978). Para cada medida foram realizadas três mensurações, considerando a média para todas as análises. Todas as avaliações antropométricas foram realizadas pelo mesmo avaliador para minimizar o erro da medida.

## 1.5 Teste de 1 repetição máxima (1RM) no leg press 45°

Os participantes foram instruídos sobre o movimento do exercício *leg press* 45° unilateral a ser realizado no equipamento. Cada participante sentou-se com as costas apoiadas no assento, com os pés na plataforma, afastados na largura dos ombros. O assento foi ajustado para que o participante inicie o movimento com flexão de joelhos a 90°. Após o ajuste postural no equipamento, o participante foi orientado a realizar a extensão completa do joelho, mas sem efetuar a hiperextensão. Em seguida, foi realizado o aquecimento de 10 repetições a 40% da intensidade máxima prevista. Após 3min, os participantes foram orientados a iniciar o exercício de *leg press* 45°. Cada participante realizou até 5 tentativas para determinar a máxima intensidade determinada em kg para 1RM, sendo considerada a tentativa em que o participante não conseguiu completar 2 repetições consecutivas. Foram aplicadas

pausas de 3 a 5 minutos entre as tentativas (GRGIC et al., 2020). O teste de 1RM foi realizado em condições de normóxia com a perna dominante.

## 1.6 Medidas de Oxigenação Tecidual no Exercício *Leg Press* 45°

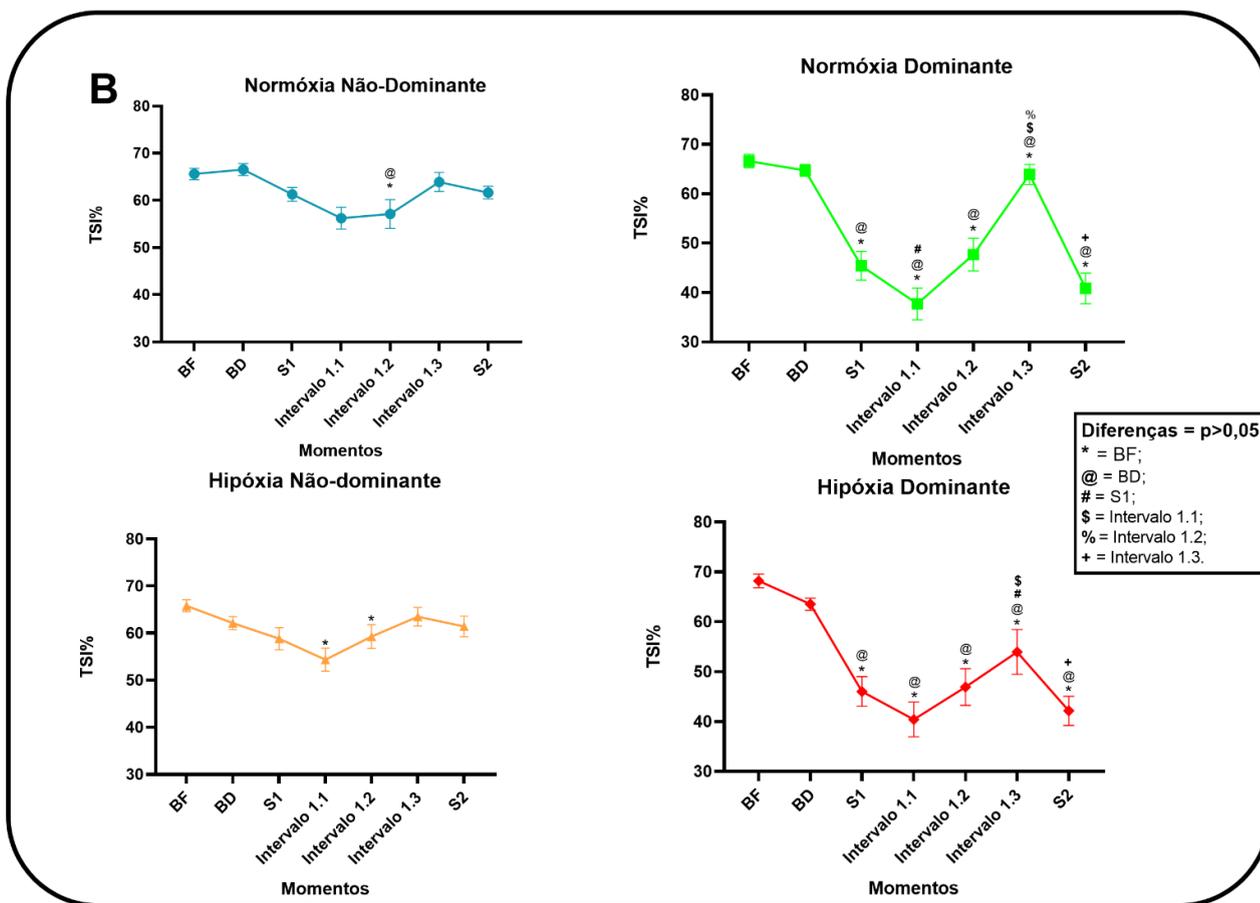
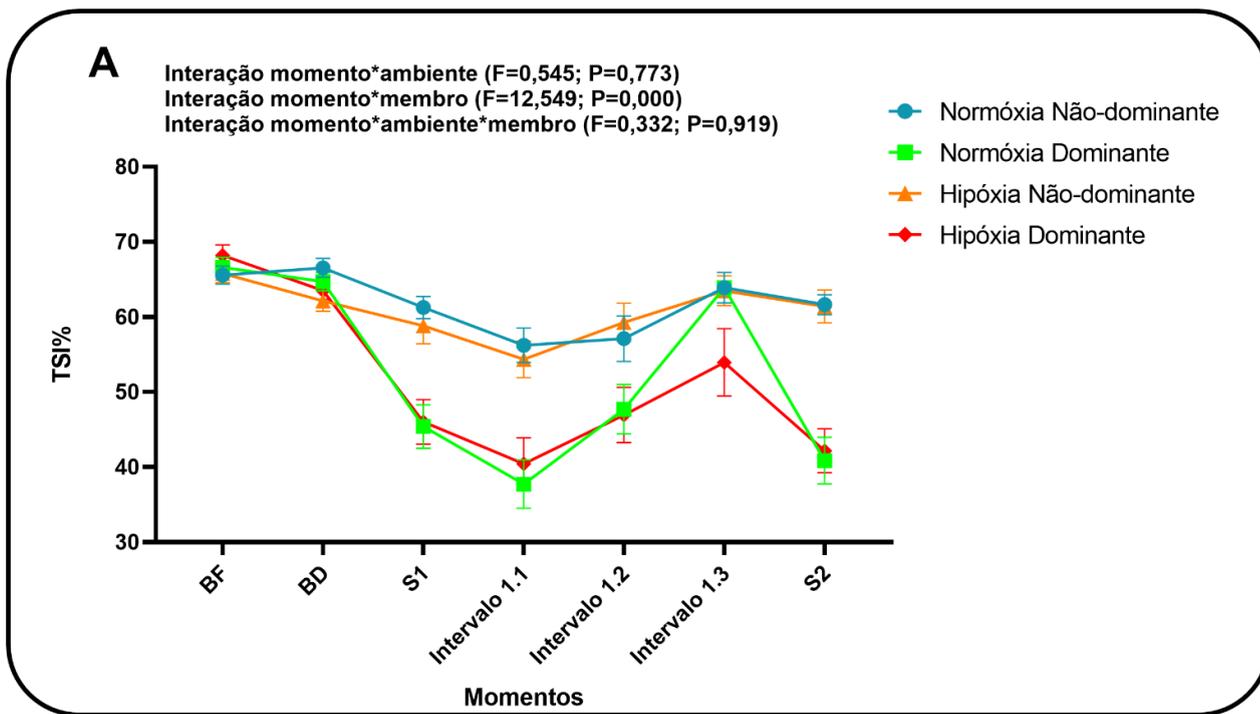
Os participantes foram equipados com dois dispositivos wireless PortaMon (Artinis Medical Systems BV, Zetten, Holanda) que utilizam tecnologia de espectroscopia por infravermelho próximo (NIRS). Estes dispositivos possuem três emissores de luz infravermelha a 30, 35 e 40 mm de distância do receptor, que transmitem os sinais em dois comprimentos de ondas, 750 nm e 850 nm para determinar o índice de saturação tecidual (TSI) da perna dominante e não dominante. Os dispositivos foram posicionados no músculo vasto lateral (VL). Além disso, os dispositivos foram envolvidos por filme plástico transparente para evitar a umidade e fixados com uma bandagem elástica de cor preta para protegê-lo da luz ambiente. O valor do *Differential Pathlength Factor* (DPF), que é responsável pelo aumento no comprimento de caminho óptico devido à dispersão no tecido, foi de 3,78 (Manchado-Gobatto et al., 2020). Após o preparo dos avaliados, eles permaneceram em repouso por 3 minutos para determinar o *baseline* fora da tenda de hipóxia e 3 minutos para o *baseline* dentro da tenda. Em seguida, os participantes efetuaram o aquecimento específico e, após 3 minutos, realizaram 2 séries de 10 repetições a 65% de 1RM com a perna dominante, com 1 minuto de intervalo entre as séries. As condições ambientais foram randomizadas e balanceadas. A perna não dominante ficou imóvel em ambas as condições. Em todos os testes, foram calculados os valores médios do TSI.

## 1.7 Tratamento Estatístico

Foi realizada a estatística descritiva de média e erro padrão da média. A normalidade dos dados foi avaliada pelo teste de Shapiro-Wilk e a homogeneidade pelo teste de Levene. Todos os dados apresentaram comportamento de distribuição normal. Para comparação entre o índice de saturação tecidual (TSI%) foi aplicado o teste ANOVA Two-Way para medidas repetidas, considerando os lados de cada membro inferior (dominante e não-dominante) e as condições ambientais (normóxia e hipóxia). Foi adotada a correlação de Pearson com nível de significância de  $p \leq 0,05$ .

## RESULTADO

Não houve diferença estatística na realização do exercício resistido *leg press* 45° nos ambientes hipóxicos e normóxicos sob a variável do índice de saturação tecidual (TSI%). Porém, para os resultados de TSI foi encontrada interação entre os membros e momentos de cada sessão do exercício resistido.



**Figura 1:** Comparação dos membros não dominantes e dominantes durante os momentos das sessões do exercício resistido em normóxia e hipóxia (Painel A). Comparação dos momentos isolados de cada membro e em cada condição ambiental (Painel B). Os momentos das sessões são: BF (*Baseline Fora*); BD (*Baseline Dentro*); S1 (*Série1*); Intervalo 1.1 (10 segundos iniciais do intervalo); Intervalo 1.2 (10 segundos na metade do intervalo); Intervalo 1.3 (10 segundos finais do intervalo); S2 (*Série2*).

## DISCUSSÃO:

Tendo em vista que GÓMEZ-CARMONA e colaboradores (2020) e TIMÓN e colaboradores (2018) reportaram decaimento de taxa de saturação de oxigênio muscular do vasto lateral após a realização das séries de exercício resistido e um processo de reoxigenação no intervalo entre as séries, era esperado que essa dinâmica acontecesse no nosso estudo também, independente das condições ambientais (normóxia e hipóxia). Porém, quando se trata da comparação entre as sessões realizadas em hipóxia e normóxia, nosso trabalho não mostrou diferença estatística nas condições ambientais. Tais resultados corroboram com os de SCOTT e colaboradores (2017a), que compararam exercícios de agachamento e levantamento terra em hipóxia (FIO<sub>2</sub> 16%) e normóxia, sendo 3 séries de 10 repetições para cada exercício (60%1RM) e concluíram que as medidas do estado de oxigênio muscular não foram significativamente diferentes entre as condições. Além disso, outro estudo também comparou exercícios de agachamento e levantamento terra em hipóxia alta (FIO<sub>2</sub> 13%); hipóxia moderada (FIO<sub>2</sub> 16%) e normóxia, sendo 5 séries de 5 repetições para cada exercício (80%1RM) e concluíram que somente uma variável de oxigenação muscular (desoxihemoglobina máxima), na realização do levantamento terra em hipóxia alta, apresentou diferença estatística em comparação ao exercício realizado em ambiente normóxico (Scott et al., 2017b). Uma possibilidade para explicar a ausência de diferença nas condições ambientais sob a resposta da oxigenação muscular (TSI%) é, provavelmente, o volume total de exercício realizado, ou seja, o número de repetições em cada série. É possível que 10 repetições, como aplicadas em nosso estudo e nos outros citados, não sejam capazes de causar perturbações suficientes para exercer mudanças sensíveis no fluxo e utilização de oxigênio nas condições ambientais investigadas. Logo, é interessante que futuras pesquisas envolvendo a associação do exercício resistido com a hipóxia sejam conduzidas usando maior volume e múltiplas intensidades.

## CONCLUSÕES:

Nossos resultados sugerem que a realização de uma sessão de exercício físico resistido cíclico e unilateral, em condições de hipóxia moderada (FIO<sub>2</sub> 14,5%), não afeta a taxa de saturação tecidual (TSI%) em comparação a uma sessão de exercício realizado em normóxia (FIO<sub>2</sub> ~ 19,5%). Por outro lado, o TSI diminui durante as séries nas sessões e aumenta durante os intervalos, independente das condições ambientais.

## BIBLIOGRAFIA:

1. Faiss, Raphaël et al. Advancing hypoxic training in team sports: from intermittent hypoxic training to repeated sprint training in hypoxia. **British journal of sports medicine** vol. 47 Suppl 1,Suppl, 2013.
2. GÓMEZ-CARMONA, C. D. et al. Lower-limb Dynamics of Muscle Oxygen Saturation During the Back-squat Exercise. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 34, n. 5, p. 1227–1236, maio 2020.
3. GRGIC, J. et al. Test–retest reliability of the one-repetition maximum (1RM) strength assessment: a systematic review. **Sports Medicine-Open**, v. 6, n. 1, p. 1-16, 2020.
4. JACKSON, A. S e POLLOCK, M. L. Generalized equations for predicting body density of men. **British Journal of Nutrition**, v. 40, n. 3, p. 497-504, 1978.
5. KUROBE, K. et al. Effects of resistance training under hypoxic conditions on muscle hypertrophy and strength. **Clinical Physiology and Functional Imaging**, v. 35, n. 3, p. 197–202, 1 abr. 2014.
6. LEVINE, B. D. Intermittent Hypoxic Training: Fact and Fancy. **High Altitude Medicine & Biology**, v. 3, n. 2, p. 177–193, jun. 2002.
7. MANCHADO-GOBATTO et al. New insights into mechanical, metabolic and muscle oxygenation signals during and after high-intensity tethered running. **Scientific Reports**, v. 10, p. 1-14, 2020.
8. NISHIMURA, A. et al. Hypoxia Increases Muscle Hypertrophy Induced by Resistance Training. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 5, n. 4, p. 497–508, dez. 2010.
9. SCOTT, B. R. et al. Acute Physiological Responses to Moderate-Load Resistance Exercise in Hypoxia. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 31, n. 7, p. 1973–1981, jul. 2017a.
10. SCOTT, B. R. et al. Acute physiological and perceptual responses to high-load resistance exercise in hypoxia. **Clinical Physiology and Functional Imaging**, v. 38, n. 4, p. 595–602, 28 jul. 2017b.
11. TIMÓN, R. et al. Inertial flywheel resistance training and muscle oxygen saturation. **The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v. 58, n. 11, nov. 2018.