

EFEITOS DA HIPÓXIA NORMOBÁRICA SOBRE A PERCEPÇÃO SUBJETIVA DE ESFORÇO E DISPNEIA DURANTE REALIZAÇÃO DE *LEG PRESS* 45° UNILATERAL

Palavras-Chave: HIPÓXIA, TREINAMENTO RESISTIDO, PERCEPÇÕES SUBJETIVAS

Autores(as):

VÍTOR LUÍS NARDI, FCA – UNICAMP

EMANUEL ELIAS CAMOLESE POLISEL, FCA – UNICAMP

LARA SOARES DE ARAUJO, FCA – UNICAMP

Prof. Dr. MARCELO PAPOTI, EEFERP – USP

Prof^ª. Dr^ª. FÚLVIA DE BARROS MANCHADO GOBATTO, FCA – UNICAMP

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

INTRODUÇÃO:

Tendas hipóxicas são tecnologias de simulação de altitude classificadas como normobáricas, pois reduzem artificialmente a proporção de oxigênio inspirado (FIO_2) sem modificar a pressão atmosférica (LEVINE, 2002), tendo sido desenvolvidas com o propósito de “levar a montanha até o atleta”. Com essas tecnologias mais acessíveis, foram desenvolvidos estudos envolvendo o treinamento resistido nesta condição. Os resultados dessas investigações indicaram maiores ganhos de força (NISHIMURA et al., 2010; KON et al., 2014; RYEN et al., 2021) e hipertrofia muscular (NISHIMURA et al., 2010; KON et al., 2014; KUROBE et al., 2015) quando comparados ao mesmo protocolo de treinamento realizado em normóxia (níveis normais de O_2). Nesse sentido, a combinação do treinamento resistido com a hipóxia normobárica (TRHN) constitui uma estratégia potencialmente benéfica para otimizar os resultados do treinamento resistido tradicional, embora os mecanismos definitivos que envolvem essas melhores adaptações musculares ainda não sejam totalmente elucidados (ALSOPP et al., 2024).

Nesse contexto, torna-se relevante investigar respostas agudas decorrentes de sessões de exercício resistido em hipóxia (ERHN), com objetivo de elucidar os mecanismos responsáveis pelas melhores adaptações encontradas ao TRHN, especialmente quando se trata da interferência da adição da hipóxia na intensidade do exercício, onde uma forma prática de acompanhar o rendimento das sessões é por meio da aplicação de escalas de percepções subjetivas, que tem sido aplicadas como ferramentas de feedback durante sessões de treinamento (SCOTT et al., 2018; LOCKART et al., 2020). Assim, compreender as respostas perceptivas dos indivíduos durante a realização do ERHN pode fornecer informações importantes do ponto de vista do impacto da hipóxia no desempenho físico, principalmente em relação ao controle de carga e o melhor momento para prescrição de treinamento nesta condição. Diante disso, o objetivo do presente estudo foi investigar as respostas perceptivas de esforço e dispneia de indivíduos

saudáveis e ativos durante uma sessão de exercício resistido unilateral (*Leg press* 45°) em condições de normóxia e hipóxia.

METODOLOGIA:

1.1. Participantes

Participaram deste estudo 10 indivíduos ativos e saudáveis que praticavam atividade física por pelo menos 1 ano e possuíam experiência com treinamento resistido. Por outro lado, foram excluídos da amostra os participantes que relataram por meio de anamnese o uso de medicamentos contínuos, ou esteróides anabólicos, que apresentaram dores articulares ou qualquer doença metabólica/cardiovascular/respiratória ou qualquer condição que pudessem impedi-los de realizar esforços físicos em diferentes intensidades e/ou que fossem tabagistas. 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 3 sessões. Na primeira sessão, os participantes foram informados sobre o projeto de pesquisa, convidados a assinarem o TCLE e responderam uma anamnese e os questionários IPAQ e PAR-Q. Nesta mesma sessão, os participantes foram submetidos ao teste de uma repetição máxima (1RM) no exercício *Leg press* 45° unilateral (com a perna dominante) para a individualização da intensidade do esforço. As segunda e terceira sessões, realizadas em ordem randomizada, envolveram a coleta das respostas perceptivas de esforço e dispneia (PSE e PSD), por meio da Escala Adaptada de Borg (Foster et al., 2001), no exercício resistido proposto (*Leg press* 45° unilateral), em condições de normóxia (exposição aos níveis de O₂ do ambiente, sendo FIO₂ = 20,8%) e hipóxia (exposição a níveis reduzidos de O₂, sendo FIO₂ = 14,5%). Nessas sessões, foram executadas 2 séries de aquecimento, equivalentes a 40% de 1RM, e 2 séries principais, equivalentes a 65% de 1RM. Todas as séries tiveram 1 minuto de intervalo. As respostas perceptivas de esforço e dispneia foram coletadas antes do aquecimento (Pré AQ) e após o aquecimento (Pós AQ); antes de cada série principal (Pré S1 e Pré S2); e logo após cada série principal (Pós S1 e Pós S2).

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 FIO₂ de ~20,8%. As avaliações em condições hipóxicas foram realizadas dentro de uma tenda normobárica (Colorado Altitude Training's Controlled Tent Systems™) a uma FIO₂ equivalente a 14,5% (simulando ~3000m de altitude). A hipóxia foi gerada pelo equipamento Hypoxic Everest Summit II Generator ®.

1.4. Teste de uma 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. 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 um aquecimento de 10 repetições a 40% da intensidade máxima prevista, determinada de acordo com a experiência prévia do participante com o exercício. 3 minutos após o aquecimento, os

participantes foram orientados a iniciar o teste. Cada participante realizou até cinco tentativas para determinar a máxima intensidade determinada em kg para 1RM, sendo considerada a tentativa em que o participante não conseguiu completar duas repetições consecutivas. Foram aplicadas pausas de 3 a 5 minutos entre as tentativas (ELLIS et al., 2018; GRGIC et al., 2020). O teste de 1RM foi realizado em condições de normóxia e com a perna dominante.

1.5. Respostas perceptivas

A Escala Adaptada de Borg (Foster et al., 2001) é uma escala perceptiva que varia de 0 a 10, sendo 0 equivalente ao repouso e 10 ao esforço máximo. A escala foi utilizada para avaliar as respostas de percepção subjetiva de esforço (PSE) e de dispneia (PSD) dos indivíduos antes do aquecimento (Pré AQ), após aquecimento (Pós AQ) e antes e após cada série de principal (Pré S1, Pós S1, Pré S2 e Pós S2) no *Leg press* 45°.

1.6. Análise estatística

Primeiramente, foi realizada a estatística descritiva de média e desvio 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 as respostas perceptivas, foi aplicado o teste ANOVA Two-Way para medidas repetidas, considerando as condições ambientais (normóxia e hipóxia) e os momentos das sessões (Pré Aq, Pós Aq, Pré S1, Pós S1, Pré S2, Pós S2). Também foi realizada correlação de Pearson entre as variáveis. Todos os testes tiveram nível de significância de 5% ($p \leq 0,05$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

A **figura 1** mostra os valores médios e desvios padrão da percepção subjetiva de esforço - PSE (**Painel A**) e da percepção subjetiva de dispneia - PSD (**Painel B**), que foram obtidas por meio da Escala Adaptada de Borg em seis momentos consecutivos da realização do *Leg press* 45° sob condições de normóxia e hipóxia normobárica simulada. A análise estatística foi conduzida por meio da ANOVA de medidas repetidas, onde não foi apontada diferença estatística entre as condições ambientais para a PSE ($F = 0,02$; $p = 0,86$) e para a PSD ($F = 0,05$; $p = 0,82$).

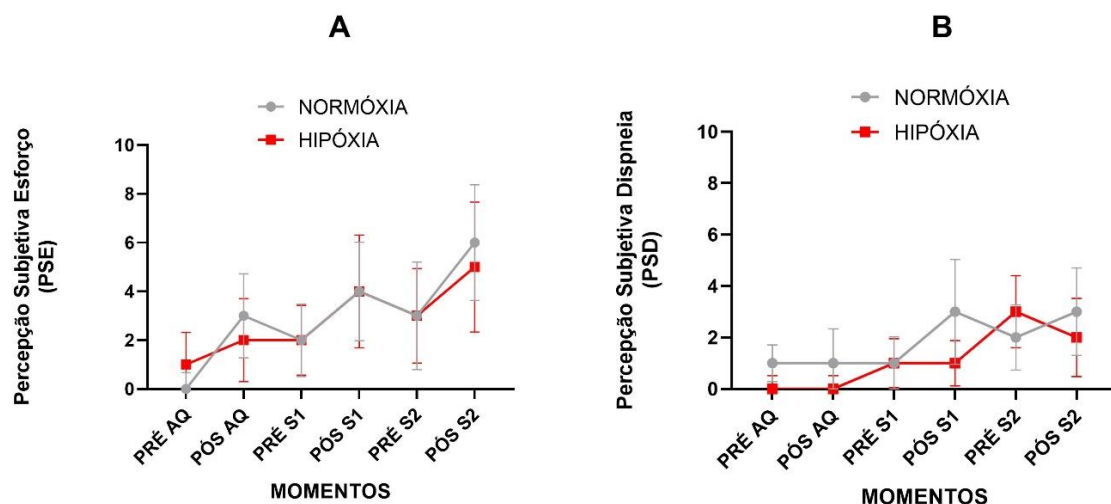


Figura 1. Comparação da PSE e PSD durante os momentos das sessões do exercício resistido realizado (*Leg press* 45°) em normóxia e hipóxia.

Dessa forma, nossos resultados indicam que a hipóxia não foi capaz de alterar as percepções subjetivas de esforço e dispneia em uma única sessão aguda de exercício resistido unilateral, quando comparado ao mesmo protocolo de exercício realizado em normóxia, assim como visto por Scott e colaboradores (2018), que encontraram resultados semelhantes quando compararam exercícios de agachamento e levantamento terra em hipóxia moderada ($FIO_2 = 16\%$) e em normóxia, sendo 3 séries de 10 repetições para cada exercício (60% 1RM) e Lockhart e colaboradores (2020), que compararam a realização de exercício de extensão de perna bilateral em hipóxia moderada ($FIO_2 = 15\%$) e normóxia, sendo 5 séries de 10 repetições (70% 1RM) e também não encontraram diferença estatística das percepções subjetivas de esforço entre as sessões. Esses resultados indicam que os indivíduos não perceberam uma maior dificuldade em realizar o exercício em hipóxia em comparação ao exercício realizado em normóxia, o que difere do resultado encontrado por Martínez Guardado e colaboradores (2019). No entanto, é importante destacar que nesse estudo os autores utilizaram hipóxia alta ($FIO_2 = 13\%$) e um protocolo de 3 séries de supino reto até a falha, com uma intensidade de 75% de 1RM (MARTÍNEZ et al., 2019), o que pode ter aumentado o estresse metabólico muscular e consequentemente as percepções de esforço dos indivíduos. Assim, esses resultados conflitantes em relação às percepções subjetivas envolvendo o exercício resistido em hipóxia podem ser explicados pelas diferenças entre os protocolos de exercícios (volume, intensidade e classificação da hipóxia), utilizados nos estudos.

A **figura 2** apresenta os gráficos de dispersão dos resultados das correlações entre a percepção subjetiva de esforço e percepção subjetiva de dispneia após a realização das séries principais nas sessões realizadas em normóxia e em hipóxia. A PSE foi positivamente correlacionada com a PSD ($p < 0,05$) nos momentos PÓS Série 1 (**Painel A**) e PÓS Série 2 (**Painel B**), na sessão realizada em normóxia e nos momentos PÓS Série 1 (**Painel C**) e PÓS Série 2 (**Painel D**), na sessão realizada em hipóxia.

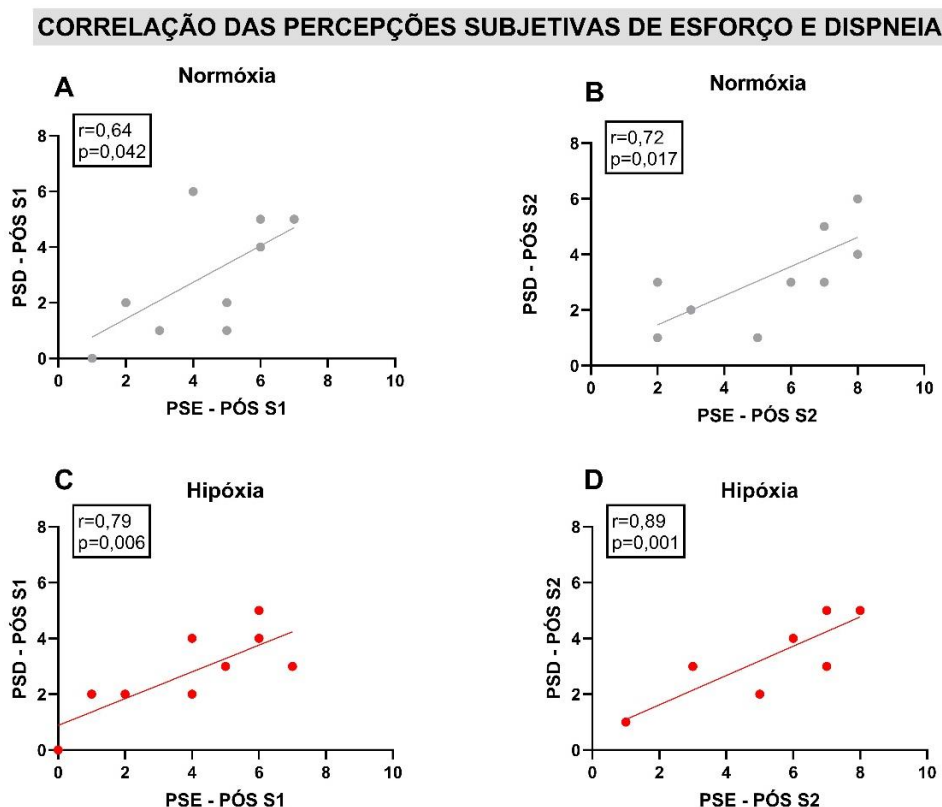


Figura 2. Resultados das correlações positivas da PSE e da PSD nos momentos PÓS S1 e PÓS S2, nas sessões realizadas em normóxia e em hipóxia.

Esses achados podem ser explicados pela influência do exercício proposto, onde durante a realização das séries principais os indivíduos tiveram que realizar uma força muscular considerável, o que reflete no aumento da percepção de esforço dos indivíduos, bem como na percepção de dispneia, devido ao aumento da ventilação pulmonar para suprir a demanda de oxigênio e remover o acúmulo de dióxido de carbono (CO₂), produzido pelo esforço muscular realizado na série.

CONCLUSÕES:

Nossos resultados sugerem que a realização de uma sessão aguda de exercício físico resistido unilateral (*Leg press* 45°), em condições de hipóxia moderada (FIO₂ 14,5%), não afetou as respostas perceptivas de esforço e dispneia em comparação a uma sessão aguda do mesmo exercício realizado em normóxia (FIO₂ ~ 20,8%). Complementarmente, foram observadas correlações positivas entre a PSE e PSD após o término das séries principais em ambas as sessões experimentais.

AGRADECIMENTOS:

Ao Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC) da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à FAPESP (proc. 2023/02728-3, 2020/11946-6).

BIBLIOGRAFIA

- ALLSOPP, G. L. et al. The Effect of Normobaric Hypoxia on Resistance Training Adaptations in Older Adults. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. Publish Ahead of Print, 31 ago. 2020.
- ELLIS, R. et al. Reliability of one-repetition maximum performance in people with chronic heart failure. **Disability and Rehabilitation**, v. 41, n. 14, p. 1706-1710, 2019.
- FOSTER, C. et al. A new approach to monitoring exercise training. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 15, n. 1, p. 109–115, 2001.
- 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.
- KON, M. et al. Effects of systemic hypoxia on human muscular adaptations to resistance exercise training. **Physiological Reports**, v. 2, n. 6, p. e12033, jun. 2014.
- 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.
- LEVINE, B. D. Intermittent Hypoxic Training: Fact and Fancy. **High Altitude Medicine & Biology**, v. 3, n. 2, p. 177–193, jun. 2002.
- LOCKHART, C. et al. Acute Effects of Interset Rest Duration on Physiological and Perceptual Responses to Resistance Exercise in Hypoxia. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 34, n. 8, p. 2241–2249, ago. 2020.
- MARTÍNEZ-GUARDADO, I. et al. Bench press performance during an intermittent hypoxic resistance training to muscle failure. **The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v. 59, n. 7, jul. 2019.
- SCOTT, B. R. et al. Hypoxia During Resistance Exercise Does Not Affect Physical Performance, Perceptual Responses, or Neuromuscular Recovery. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 32, n. 8, p. 2174–2182, ago. 2018.
- VAN DOORSLAER DE TEN RYEN et al, Higher strength gain after hypoxic vs normoxic resistance training despite no changes in muscle thickness and fractional protein synthetic rate. **FASEB Journal**, v. 35, n. 8, p. e21773, ago. 2021. doi: 10.1096/fj.202100654RR