

## Efeitos do treinamento resistido nas variáveis relacionadas ao desempenho no ciclismo: breve revisão

### Effects of resistance training on cycling performance-related variables: brief review

Thales Couto Bergantini<sup>1</sup> , Matheus Fernandes Ferreira<sup>1</sup> , Leudyenne Pacheco de Abreu<sup>1</sup> ,  
Cássio Silva Dambroz<sup>1</sup> , Nuno Manuel Frade de Sousa<sup>2</sup> , Richard Diego Leite<sup>1</sup> 

1. Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), Vitória/ES, Brasil

2. Universidade de Coimbra, Portugal

#### RESUMO

**Introdução:** Em ciclistas de elite, a melhoria da eficiência e economia do ciclismo ocorre após longos períodos de treinamento de resistência. Assim, a associação deste com outros métodos de treinamento é interessante para a melhoria do desempenho destes atletas. **Objetivo:** analisar os efeitos do treinamento de endurance e resistência no  $VO_{2máx}$ , na economia e eficiência do ciclismo e na produção de potência máxima e submáxima. **Métodos:** Foram utilizadas as seguintes bases de dados: PubMed, Bireme e SciELO, utilizando palavras-chave como “ciclismo”, “treinamento de força”, “treinamento de resistência”, “treinamento de potência”, “treinamento pliométrico”, “treinamento de peso” e “treinamento concorrente”. Os critérios de inclusão foram estudos randomizados realizados entre 2007 e 2019. Os critérios de exclusão incluíram estudos que não atendiam aos critérios de inclusão, participantes com alguma condição clínica (doença) ou características de treinamento de reabilitação e estudos duplicados. Para avaliar a qualidade metodológica dos estudos, foi utilizada a escala PEDro. **Resultados:** Nove estudos foram incluídos nesta revisão, que demonstraram que o treinamento de resistência combinado com treinamento específico para o ciclismo promove melhorias nos parâmetros de desempenho dos atletas, como: força máxima (nove estudos  $+17,8 \pm 7,1\%$ ),  $VO_{2máx}$  (um estudo  $+13,34\%$ ), economia de ciclismo (um estudo  $+6,9\%$ ), potência anaeróbica (dois estudos  $5,1 \pm 3,5\%$ ), potência como parâmetro de desempenho/endurance (quatro estudos  $8,4 \pm 4\%$ ), quando comparado ao treinamento específico sozinho. **Conclusão:** Adicionar o treinamento de resistência ao programa de treinamento do ciclista melhora a eficiência e economia, assim como o pico aeróbico e a potência média anaeróbica.

**Palavras-chave:** ciclismo; treinamento resistido; performance.

#### ABSTRACT

**Introduction:** In elite cyclists, improving the efficiency and economy of cycling occurs after long periods of endurance training. Thus, the association of this with other training methods is interesting for the improvement of the performance of these athletes. **Objective:** To analyze the effects of the endurance and resistance training on  $VO_{2max}$ , cycling economy and efficiency, and maximal and submaximal power output. **Methods:** The search was conducted in the follow databases: PubMed, Bireme, and SciELO using “cycling”, “strength training”, “resistance training”, “power training”, “plyometric training”, “weight training”, “concurrent training” as keywords. The inclusion criteria were: randomized studies carried out between 2007-2019. The exclusion criteria were: studies that did not meet the inclusion criteria, participants with some clinical condition (disease) or rehabilitation training characteristics, and duplicate studies. To assess the methodological quality of the studies, the PEDro scale was used. **Results:** Nine studies were included in this review, which demonstrated that resistance training combined with specific training for cycling promotes improvements in athletes’ performance parameters, such as: maximum strength (nine studies  $+17.8 \pm 7.1\%$ ),  $VO_{2max}$  (one study  $+13.34\%$ ), cycling economy (one study  $+6.9\%$ ), anaerobic power (two studies  $5.1 \pm 3.5\%$ ), power as a parameter of performance/Endurance (four studies  $8.4 \pm 4\%$ ), when compared to specific training alone. **Conclusion:** In conclusion, adding resistance training to the cyclist training program improves efficiency and economy, as well as aerobic peak and mean anaerobic power.

**Keywords:** cycling; resistance training; performance.

Recebido: 13 de novembro de 2023; Aceito: 30 de janeiro de 2024.

Correspondência: Thales Couto Bergantini, thalesbergantini@gmail.com

## Introdução

A capacidade de gerar energia mecânica é essencial para superar a resistência externa, que obriga o ciclista a produzir potência e velocidade para realizar o deslocamento [1]. A interação entre os sistemas metabólicos aeróbio e anaeróbio está ligada à produção de potência durante o ciclismo [1,2]. Assim, os ciclistas de estrada de alto nível têm sistemas de energia altamente desenvolvidos, que é muito importante durante as corridas. Nesse sentido, estratégias de treinamento são necessárias para desenvolver as capacidades aeróbia e anaeróbia, resultando em maior potência e maior desempenho [3].

Evidências científicas mostram que o treinamento de endurance promove adaptações fisiológicas relacionadas ao maior desempenho aeróbio, como maior massa de hemoglobina, volume sistólico, consumo de  $VO_2$  e densidade mitocondrial. No entanto, um crescente corpo de evidências mostra que o treinamento de endurance associado ao treinamento resistido melhora a economia de pedalada, o desenvolvimento da força de velocidade, o limiar de lactato e a potência máxima [4]. Além disso, a capacidade contrátil muscular, a ativação de músculos agonistas, a diminuição da coativação de músculos antagonistas e a melhora do recrutamento de unidades motoras e da taxa de disparo [5] são reconhecidas como adaptações neurais induzidas pelo treinamento resistido que contribuem para o desempenho de endurance.

Rønnestad *et al.* [6] demonstraram que o treinamento de endurance associado ao treinamento resistido pesado por dez semanas aumentou o valor isométrico máximo de meio agachamento, potência média por 30 segundos. Teste de sprint Wingate, e uma potência ligeiramente melhorada em 4 mmol.l<sup>-1</sup>. Em outro estudo, Rønnestad *et al.* [7], demonstrou que o treinamento resistido pesado também melhora a potência média durante 40min de ensaio total.

Em concordância, estudos recentes têm demonstrado que o treinamento resistido pode melhorar as funções mitocondriais relacionadas à respiração celular, à produção de ATP e à ação de enzimas oxidativas no músculo esquelético. No entanto, ainda é necessário esclarecer e quantificar o possível efeito de diferentes treinamentos resistidos [8-10] programas e periodização sobre os determinantes do desempenho de endurance ( $VO_{2máx}$ , economia e eficiência do ciclismo, potência máxima e submáxima) para maximizar o desempenho do atleta. Assim, esta revisão tem como objetivo analisar os efeitos do treinamento de endurance e resistido sobre o  $VO_{2máx}$ , economia e eficiência do ciclismo, potência máxima e submáxima.

## Métodos

Para esta breve revisão, foram adotadas as seguintes bases de dados: PubMed, Bireme e SciELO. Os seguintes descritores foram utilizados: “cycling”, “strength training”, “resistance training”, “power training”, “plyometric training”, “weight training”, “concurrent training” foram utilizados em combinação com os operadores

booleanos OR e AND. Para refinar a busca, foram empregadas as recomendações do PRISMA [11]. Os termos foram pesquisados no título, palavras-chave e resumo e, após o atendimento de todos os critérios, o texto completo foi lido. Foram utilizados apenas artigos na língua inglesa.

Os critérios de inclusão foram estudos randomizados realizados entre janeiro de 2007 e dezembro de 2019, descritos na metodologia as variáveis relacionadas ao programa de treinamento (intensidade e volume, como carga, número de repetições, número de séries, tempo de intervalo entre séries e exercícios; focados no fortalecimento dos membros inferiores); sujeitos adultos ( $\geq 18$  anos) praticantes de ciclismo, grupo controle realizando treinamento de endurance através do ciclismo e grupo intervenção realizando treinamento concorrente (treinamento de endurance + treinamento de resistência). Os estudos devem avaliar e analisar a força, potência,  $VO_{2m\acute{a}x}$ , economia e eficiência. Os critérios de exclusão foram estudos que não atendiam aos critérios de inclusão, participantes com alguma condição clínica (doença) ou onde o treinamento apresentava características de reabilitação, e estudos duplicados (Figura 1). Para avaliar a qualidade metodológica dos estudos, utilizou-se a escala PEDro [12,13].

## Resultados

### Descrição dos estudos

O número de potenciais estudos encontrados durante a busca nas bases de dados totalizou 2499. A Figura 1 resume o processo de busca e seleção de potenciais estudos. Nove estudos contemplaram os critérios de inclusão e, em seguida, foram incluídos nesta breve revisão. Após a seleção, utilizou-se a escala PEDro para enfatizar a qualidade dos estudos [6,7,14-20].

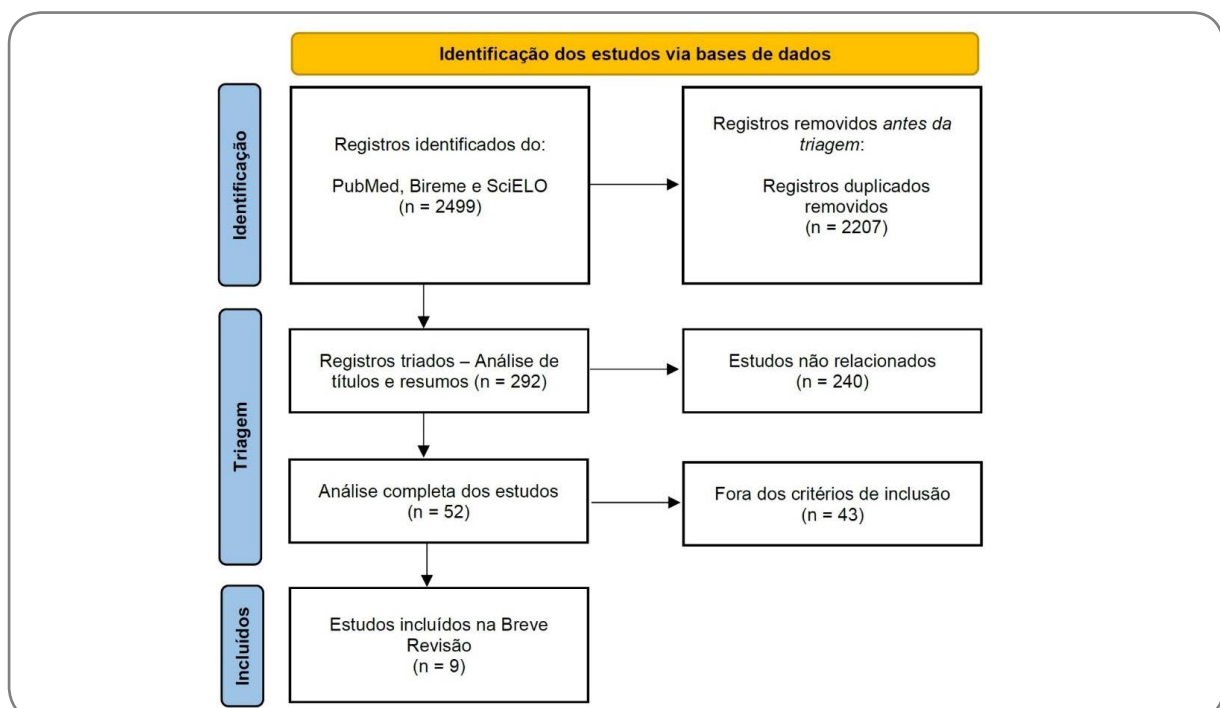


Figura 1 - Processo de busca, triagem e seleção dos estudos

### *Score da escala PEDro*

Os scores individuais dos estudos na escala PEDro podem ser vistos na Tabela I, juntamente com as características dos participantes. Os scores do estudo variaram de 4 a 7. Todos tiveram pontos deduzidos quanto ao cegamento dos participantes, treinadores e avaliadores em relação às intervenções e resultados. As diferenças nos scores do estudo foram atribuídas a fatores como a falta de explicação do processo de randomização dos participantes, diferenças significativas nos desfechos-chave entre os grupos antes da intervenção e a falha em declarar explicitamente se os desfechos-chave foram alcançados em pelo menos 85% dos participantes inicialmente alocados nos grupos.

### *Características do estudo*

Os resultados do estudo demonstraram que o treinamento de força com treinamento de endurance melhorou significativamente as seguintes variáveis: força [6,7,14-20],  $Vo_{2máx}$  [18], economia e eficiência do ciclismo [6,7,20], potência máxima e submáxima [7,14,18].

### *Características dos participantes*

O resumo das características gerais dos participantes é apresentado na Tabela I. São 141 participantes (128 homens e 13 mulheres), com idades entre 19 e 47 anos. As amostras dos estudos foram compostas por ciclistas de elite [6,7,14,19], triatletas [15], ciclistas treinados que pertenciam a clubes [16], ciclistas e triatletas bem treinados [17] e, por fim, ciclistas bem treinados [18,20].

### *Características do treinamento*

O resumo das características do programa de treinamento, incluindo o desenho e a frequência do treinamento resistido, os exercícios, a descrição das variáveis (intensidade, volume, intervalo) e o número de horas semanais de treinamento resistido, podem ser vistos na Tabela II.

Todos os nove estudos realizaram exercícios focados nos membros inferiores. No entanto, quatro deles [15-18] mencionaram ter incluído em seus treinos exercícios do core. Um estudo [16] teve dois grupos de intervenção realizando treinamentos diferentes. Apenas três [6,15,19] relataram ter tido algum acompanhamento profissional em pelo menos algum período de treinamento resistido.

Dentre os estudos, o número de séries realizadas variou de 2 a 5, o número de repetições variou de 3 a 20, o número de semanas de intervenção de 5 a 25 e a frequência semanal de treinamento de força variou de uma sessão até 3 vezes por semana.

Todos os estudos utilizaram máquinas na execução dos exercícios. Dois estudos [16,17] indicaram a execução de exercícios em máquinas e com pesos livres. Um estudo [20] utilizou apenas uma máquina, enquanto seis estudos [6,7,14,15,18,19] não forneceram informações claras relacionadas à execução do exercício. Além disso, seis estudos [6,7,14,15,18,19] empregaram periodização linear, um estudo [17] utili-

zou periodização ondulatória e dois [15,20] implementaram treinamento característico de força máxima. Todos os nove estudos realizaram treinamento resistido com foco no ciclismo; no entanto, três [15,18,19] deles se envolveram em outras atividades, como natação, corrida ou esqui cross-country durante uma fração do período de treinamento.

**Tabela I** - Características dos Participantes e Escores (escala PEDro)

Estudos	Grupo	Participantes	Idade (anos)	Altura (cm)	Peso (kg)	Status do treinamento	Pontuação PEDro
Aagaard P <i>et al.</i> , 2011	Int Cont	7 (M) 7 (M)	19,5 ± 0,8	180,7 ± 5,4	70,7 ± 5,8	Ciclistas de elite	4
Hausswirth C <i>et al.</i> , 2009	Int Cont	7 (M) 7 (M)	30,2 ± 4,3 32,4 ± 4,8	176,3 ± 3 .1 175,0 ± 7 .2	70,4 ± 8,0 69,4 ± 7,8	Triatletas	5
Jackson NP <i>et al.</i> , 2007	H-Res H-Rep Cont	7 (M)/2 (F) 8 (M)/1 (F) 3 (M)/2 (F)	31 ± 10 32 ± 9 27 ± 10	ND	25.4 ± 2.1 24,4 ± 2,7 23.1 ± 2.9 (IMC)	Ciclistas em nível de clube	5
Levin GT, McGuigan MR, Laursen PB., 2009	Int Cont	7 (M) 7 (M)	25 (4) 37 (7)	180,5 (9,6) 179,2 (8,0)	78,6 (9,4) 76,2 (8,3)	Ciclistas/Triatletas bem treinados	7
Rønnestad BR, Hansen EA, Raastad T., 2010	Int Cont	6 (M) 6 (M)	ND	ND	ND	Ciclistas bem treinados	5
Rønnestad BR <i>et al.</i> , 2016	Int Cont	7 (M) 7 (M)	19,0±1,6 20,1±1,6	179±8 183±9	67,8 ± 7,8 74,3 ± 7,5	Ciclistas de elite	4
Rønnestad BR <i>et al.</i> , 2015	Int Cont	9 (ND) 7 (ND)	19,1 ± 1,7 20,1 ± 1,6	178 ± 7 183 ± 9	66,0 ± 8,0 74,3 ± 7,5	Ciclistas de elite	6
Rønnestad BR, Hansen J, Nygaard H, 2017	Int Cont	10 (m)/2 (f) 6 (m)/2 (f)	19 ± 2 20 ± 2	178 ± 9 181 ± 10	67 ± 8 72 ± 9	Ciclistas de elite	6
Sunde A <i>et al.</i> , 2010	Int Cont	7 (M)/1 (F) 3 (M)/2 (F)	29,9 ± 7,2 35,8 ± 11,8	178 ± 8 178 ± 13	72,5 ± 7,3 75,4 ± 11,2	Ciclistas bem treinados	5

Int = grupo intervenção; Cont = grupo controle. H-Res = grupo intervenção com cargas elevadas; H-Rep = grupo intervenção com altas repetições; M = masculino; F = feminino; ND = não descrito. IMC = índice de massa corporal

Tabela II - Características do treinamento

	Grupo	Prescrição de Treinamento	Classificação do treinamento	Duração (semanas)	Treinamento de força (vezes por semana)	Treinamento de Endurance (h/sem)
Aagaard P <i>et al.</i> , 2011	Int Cont	Exercício resistido: extensão isolada do joelho, leg press inclinado, flexão de joelho e elevação da panturrilha; semana 1: 4 x 10-12 RM; semana 2-3: 4 x 8-10 RM; semana 4-5: 4 x 6-8 RM; semana 6-16: 4 x 5-6 RM; Inter: 1-2 min entre os exercícios e 2-3 min entre as séries.	Periodização linear.	16	2 a 3	10 a 18
Hauswirth C., <i>et al.</i> , 2009	Int Cont	Exercício resistido: leg press, extensão de perna, mesa flexora e cadeira flexora. 3-5 x 3-5 RM a >90% de 1 RM; Inter: 3 min.	Força máxima.	5	3	Int: 17.1 ± 3.1 Cont: 17.4 ± 3.7
Jackson NP <i>et al.</i> , 2007	H-Res H-Rep Cont	Exercício resistido: agachamento com barra de peso livre, flexora de pernas, leg press e step up em uma máquina Smith. H-Res semana 1: 2 x 10 repetições a 50% de 1 RM; semana 2-10: 4 x 4 repetições a 85% de 1 RM; H-Rep: semana 1: 2 x 10 repetições a 50% de 1 RM; semana 2-10: 2 x 20 repetições a 50% de 1 RM; inter: 2 min	Periodização linear.	10	3	ND
Levin GT, MCGuigan MR, Laursen PB 2009	Int Cont	Exercício resistido: dividido em 3 tipos: força (4 x 5 repetições: lunges, agachamentos, levantamento terra com pernas esticadas panturrilha sentada, abdominais inclinados); potência (3 x 6 repetições: agachamento de salto, agachamento de salto unipodal, clean grip deadlift, elevação da panturrilha unilateral e extensão das costas); hipertrofia (3 x 12 repetições: leg press unilateral, extensão de joelho, flexão de joelho, elevação da panturrilha em pé e abdominais; inter: 2 min.	Periodização ondulatória.	6	3	Int: 526 ± 85 min Cont: 613 ± 78 min
Rønnestad BR, Hansen EA, Raastad T, 2010	Int Cont	Exercício resistido: meio agachamento, leg press inclinado com uma perna de cada vez, flexão de quadril unilateral em pé e flexão plantar de tornozelo; semana 1-3: 3 x 10 RM (1ª sessão) e 3 x 6 RM (2ª sessão); semana 4-6: 3 x 8 RM (1ª sessão) e 3 x 5 RM (2ª sessão); semana 7-12: 3 x 6 RM (1ª sessão) e 3 x 4 RM (2ª sessão); semana 13-25: 2 x 5 repetições em meio agachamento e leg press inclinado com uma perna de cada vez a 80-85% de 1RM e 1 x 6RM em flexão de quadril unilateral e flexão plantar de tornozelo. Inter: 2 min.	Periodização linear.	12 (preparatório) + 13 (competitivo).	2 (preparatório). 1 a cada 7-10 dias (competitivo)	ND

Tabela II - Continuação

	Grupo	Prescrição de Treinamento	Classificação do treinamento	Duração (semanas)	Treinamento de força (vezes por semana)	Treinamento de Endurance (h/sem)
Rønnestad BR <i>et al.</i> , 2016	Int Cont	Exercício resistido: meio agachamento, leg press unilateral, flexão unilateral de quadril em pé e flexão plantar de tornozelo, semana 1-10: 3 x 4-10 RM, semana 11-25: 3 x 5 repetições com 80-85% RM, inter: 2 min.	Periodização linear.	10 (preparatório) + 15 (competitivo).	~1 a cada 8 dias	Int: 13.5 ± 1.5 Cont: 13.6 ± 3.2
Rønnestad BR <i>et al.</i> , 2015	Int Cont	Exercício resistido: meio agachamento, leg press unilateral, flexão unilateral de quadril em pé e flexão plantar de tornozelo, semana 1-3: 3 x 10 RM (1ª sessão) e 3 x 6 RM (2ª sessão), semana 4-6: 3 x 8 RM (1ª sessão) e 3 x 5 RM (2ª sessão), semana 7-10: 3 x 6 RM (1ª sessão) e 3 x 4 RM (2ª sessão). Semana 11-25: 3 x 5 repetições com esforço máximo no concêntrico a 80-85% de 1 RM; Inter: 2 min.	Periodização linear.	10 para o desenvolvimento da força +15 para a manutenção da força.	2 (desenvolvimento). ~1 a cada 8 dias (manutenção)	Preparador: Int: 11.3 ± 1.5 Cont: 11.7 ± 3.1 Competitive Int: 15.2 ± 3.1 Cont: 15.3 ± 3.9
Rønnestad BR, Hansen J, Nygaard H, 2017	Int Cont	Exercícios resistidos: meio agachamento, leg press unilateral, flexão unilateral de quadril em pé e flexão plantar de tornozelo; semana 1-3: 3 x 10 RMs (1ª sessão) e 3 x 6 RM (2ª sessão); semana 4-6: 3 x 8 RM (1ª sessão) e 3 x 5 RM (2ª sessão); semana 7-10: 3 x 6 RM (1ª sessão) e 3 x 4 RM (2ª sessão); Inter: 2 min.	Periodização linear.	10	2	Int: 11.1 ± 1.8 Cont: 12.3 ± 2.9
Sunde A <i>et al.</i> , 2010	Int Cont	Exercício resistido: meio agachamento em aparelho Smith com 4 x 4 RM; inter: 3 min.	Força máxima.	8	3	ND

Int = grupo intervenção; Cont = grupo controle; H-Res = grupo intervenção com cargas elevadas; H-Rep = grupo intervenção com altas repetições; inter = intervalo, ND = não descrito; RM = repetição máxima

### Força máxima

A análise da força máxima está resumida na Tabela III. Em geral, os grupos de intervenção de todos os estudos aumentam significativamente a força máxima [6,7,14-20].

Já nos grupos controle, houve aumento significativo em dois estudos [17,19], sendo que um demonstrou redução significativa [15]. Os demais estudos [6,7,14,18,20] mostraram diferença não significativa. Um estudo [16] não relatou a força máxima do grupo controle.

### VO<sub>2máx</sub>

A análise do VO<sub>2máx</sub> está resumida na Tabela IV. De modo geral, observou-se que todos os grupos de intervenção apresentaram modificações nessa variável. Um estudo [18] demonstrou aumento significativo em ambos os grupos. Os demais estudos [7,14] mostraram diferença não significativa.

### Economia e eficiência do ciclismo

A análise da economia e eficiência do ciclismo está resumida na Tabela V. A economia do ciclismo foi mensurada em 5 estudos [6,7,14,16,20], todos apresentando diferenças nos momentos pré e pós-intervenção. Um estudo [14] demonstrou melhora significativa pós-intervenção apenas no grupo controle. Outro estudo [16] não mostrou diferença nos pré-valores em relação ao pós-treinamento no grupo controle e demonstrou melhora significativa nos grupos intervenção. Dois estudos [6,7] não mostraram melhora significativa em ambos os grupos. Um estudo [20] mostrou melhora significativa em ambos os grupos, sendo maior no grupo intervenção.

**Tabela III** - Avaliação da Força antes e após o período de intervenção

Estudos	Exercício	N	Pré-treino (Kg)	Pós-treino (Kg)	Variação (%)
Aagaard P <i>et al.</i> , 2011	Força de contração isométrica máxima do quadríceps (CVM)	Tel: 7 Cont: 7	Int: 275,3 ± 42,4 N/m Cont: 261,9 ± 45,9 N/m	Int: 307.7 ± 40.4 N/m Cont: 257.9 ± 28.5 N/m	+12* -1.52
Hauswirth C <i>et al.</i> , 2009	Leg Press 45° (1 RM)	Int: 7 Cont: 7	Int: 290,7 ± 50,3 Cont: 289,3 ± 38,3	Int: 310.0 ± 55.6 Cont: 277,9 ± 42,1	+6,6 ± 3,9* -4.1 ± 3.0*
Jackson NP <i>et al.</i> , 2007	Agachamento (1RM)	Int: H-Res 9 Int: H-Rep 9 Cont: 5	Int: 116 ± 20.1 Cont: ND	Int: 151 ± 29.2 Cont: ND	+30,17*# +22* ND
Levin GT, McGuigan MR, Laursen PB, 2009	Agachamento (1RM)	Int: 7 Cont: 7	Int: 109±18 Cont: 106±20	Ramal: 137±21 Conta: 113±22	+16,51*# +6.79
Rønnestad BR, Hansen EA, Raastad T, 2010	Meio agachamento em uma máquina Smith (1 RM)	Int: 6 Cont: 6	Int: ND Cont: ND	Int: ND Cont: ND	+23 ± 3* RU
Rønnestad BR <i>et al.</i> , 2016	Força máxima durante um meio agachamento isométrico em uma plataforma de força (MVC)	Int: 7 Cont: 7	Int: 1400 ± 378 N/m Cont: 1340 ± 364 N/m	Int: 1726 ± 378 N/m Cont: 1447 ± 394	+23,28*# +7.98
Rønnestad BR <i>et al.</i> , 2015	Força máxima através da força de reação vertical no agachamento com um salto em uma plataforma de força	Int: 9 Cont: 7	Int: ND Cont: ND	Int: ND Cont: ND	20 ± 12* RU
Rønnestad BR, Hansen J, Nygaard H, 2017	Força máxima durante um meio agachamento isométrico em uma plataforma de força (MVC)	Int: 12 Cont: 8	Int: ND Cont: ND	Int: ND Cont: ND	20 ± 12* +3±3
Sunde A <i>et al.</i> , 2010	Meio agachamento em uma máquina Smith (1 RM)	Int: 8 Cont: 5	Int: 155.0 ± 40.6 Cont: 151,0 ± 36,0	Int: 177.5 ± 50.7 Cont: 154.0 ± 39.3	+14,51*# +1.98

Int = grupo intervenção; Cont = grupo controle; H-Res = grupo intervenção com cargas elevadas; H-Rep = grupo intervenção com altas repetições; ND = Não descrito, \*Diferença entre pré-pós, #Diferença entre grupo intervenção para grupo controle



Tabela IV - Avaliação do  $VO_{2\text{máx}}$  antes e após o período de intervenção

Estudos	n	Pré-treino	Pós-treino	Varição (%)
Aagaard P <i>et al.</i> , 2011	Int: 7 Cont: 7	Int: 73,5 ± 8,2 ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> Cont: 71,5 ± 6 ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup>	Int: 75 ± 6 ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> Cont: 73 ± 2,3 ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup>	+2.04 +2.09
Hauswirth C <i>et al.</i> , 2009	Int: 7 Cont: 7	Int: 69,9 ± 6,3 ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> Cont: 68,4 ± 10,7 ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup>	Int: 70,8 ± 5,5 ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> Cont: 68,3 ± 10,1 ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup>	+1.28 -0.14
Jackson NP <i>et al.</i> , 2007	Int: H-Res 9 Int: H-Rep 9 Cont: 5	Int: 47.9 ± 7. ML·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> Int: 52.8 ± 4.7 ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> Cont: 55,3 ± 3,5 ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup>	Int: 49,3 ± 6,5 ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> Int: 56.3 ± 4.1 ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> Cont: 58,9 ± 2,9 ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup>	+2.92 +6.62 +6.5
Levin GT, MCGuigan MR, Laursen PB., 2009	Int: 7 Cont: 7	Int: 62.4 (5.4) ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> Cont: 63,1 (1,8) ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup>	Int: 62,3 (3,2) ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> Cont: 62,5 (2,7) ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup>	-0.16 -0.95
Rønnestad BR, Hansen EA, Raastad T., 2010	Int: 6 Cont: 6	Int: 65,2 ± 2,2 ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> Cont: 67,3 ± 2,7 ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup>	Int: 73,9 ± 3,2 ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> Cont: 73,4 ± 3,1 ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup>	+13,34* +9,06*
Rønnestad BR <i>et al.</i> , 2015	Int: 7 Cont: 7	Int: 77,59 ± 6,01 ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> Cont: 73,26 ± 5,43 ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup>	Int: 76,61 ± 8,13 ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> Cont: 74,68 ± 6,59 ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup>	-1.26 +1.11
Rønnestad BR <i>et al.</i> , 2015	Int: 9 Cont: 7	Int: 78 ± 6 ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> Cont: 73,26 ± 5,43 ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup>	Int: 80 ± 6 ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> Cont: 75 ± 7 ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup>	+2.56 +2.66
Rønnestad BR, Hansen J, Nygaard H, 2016	Int: 12 Cont: 8	Int: 77 ± 6 ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> Cont: 72 ± 7 ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup>	Int: 75 ± 8 ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> Cont: 70 ± 7 ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup>	-2.29 -2.77
Sunde A <i>et al.</i> , 2010	Int: 8 Cont: 5	Int: 63,4 ± 6,0 ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> Cont: 58,7 ± 8,8 ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup>	Int: 63,9 ± 5,6 ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> Cont: 58,0 ± 10,8 ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup>	+0.78 -1.19

Int = grupo intervenção; Cont = grupo controle; H-Res = grupo intervenção com cargas elevadas; H-Rep = grupo intervenção com altas repetições; ND = Não descrito; \*Diferença entre pré-pós

**Tabela V** - Economia de ciclismo (CE) e análise da eficiência antes e após o período de intervenção

Estudos	Teste	Termo usado	Parâmetro	n	Pré-treinamento	Pós-treinamento	Variação (%)
Aagaard P <i>et al.</i> , 2011	Ciclo incremental de quatro etapas em estado estacionário	CE	(Watt/kg) / (mL O <sub>2</sub> /min/kg) obtidos a 75% do VO <sub>2máx</sub>	Int:7 Cont:7	Int: 0.204 ± 0.025mLO <sub>2</sub> /J# Cont: 0,223 ± 0,015mLO <sub>2</sub> /J	Int: 0.199 ± 0.014mLO <sub>2</sub> /J Cont: 0,207±0,008mL O <sub>2</sub> /J	-2.45 +7,17*
Jackson NP <i>et al.</i> , 2007	Teste de Perfil de Lactato	Economia	Valores de VO <sub>2</sub> em cargas fixas (300 W)	Int:H-Res 9 Int:H-Rep 9 Cont:5	Int:46.4 ± 62.2 Int:48 ± 3.7 Cont: 52.6 ± 2,1	Int:48.3 ± 5.4 Int:49.4 ± 2.2 Cont: 52.7 ± 0,6	+4.09 +2.91 +0.19
Rønnestad, BR <i>et al.</i> , 2015;	ND	Utilização fracionada do VO <sub>2máx</sub> na potência de 4 mmol·L <sup>-1</sup> [la-]	ND	Int:9 Cont:7	Int:78 ± 3% Cont: 80 ± 3%	Int: 80 ± 3% Cont: 81 ± 6%	+2 +1
Rønnestad BR, Hansen J, Nygaard H, 2017	ND	Utilização fracionada do VO <sub>2máx</sub> na potência de 4 mmol·L <sup>-1</sup> [la-]	ND	Int:12 Cont:7	Int:79 ± 3% Cont: 81 ± 4%	Int:80 ± 4% Cont: 83 ± 1%	+1 +2
Sunde A <i>et al.</i> , 2010	Protocolo incremental do VO <sub>2máx</sub>	CE	Em potência equivalente a 70% do VO <sub>2máx</sub>	Int:8 Cont:5	Int:217 ± 26 (V) Cont: 215 ± 57 (W)	Int:232 ± 36 (V) Cont: 216 ± 65 (W)	+6,9* +0.46

Int = grupo intervenção; Cont = grupo controle; ND = Não descrito; CE= economia de ciclismo; \*Diferença entre pré-pós

### Potência anaeróbia

A potência anaeróbia foi mensurada em quatro estudos [6,7,18,19] e foi resumida na Tabela VI. Todos os estudos demonstraram aumento da potência anaeróbia de pico nos grupos intervenção, porém apenas um [18] apresentou aumento significativo. Dois estudos [7,19] mostraram uma diminuição não significativa na potência de pico nos grupos controle. Nos grupos de intervenção, dois estudos [6,19] demonstraram aumento não significativo na potência anaeróbia média, enquanto os outros dois [7,18] não mostraram diferenças nesse parâmetro após a intervenção. Por outro lado, nos grupos controle, três estudos [6,7,19] demonstraram decréscimo, enquanto um estudo [18] não mostrou diferença após o período de intervenção. No geral, após o período de intervenção, apenas um estudo [18] mostrou diferença significativa na potência de pico, e nenhum estudo mostrou diferença significativa na média.

Tabela VI - Potência e capacidade anaeróbia no teste de Wingate antes e após o período de intervenção

Estudos	Teste	n	Pré-treinamento (W)	Pós-treinamento (W)	Variação (%)
<b>Intervenção</b>					
Rønnestad BR, Hansen EA, Raastad T., 2010	Pico Wingate (W·kg <sup>-1</sup> )	6	18,5 ± 0,4	19,9 ± 0,8	+7,56*#0
	Média de Wingate (W·kg <sup>-1</sup> )		10,2 ± 0,3	10,2 ± 0,4	+6,76
	Índice de Fadiga		34 ± 1,2	36,3 ± 3,1	
Rønnestad BR et al., 2016	Pico Wingate (W·kg <sup>-1</sup> )	7	23,51 ± 2,99	23,61 ± 3,29	+0,42 +1,59
	Média de Wingate (W·kg <sup>-1</sup> )		10,65 ± 0,92	10,82 ± 0,45	ND
	Índice de Fadiga		ND	ND	
Rønnestad BR et al., 2015	Pico Wingate (W·kg <sup>-1</sup> )	9	23,6 ± 2,9	24,2 ± 3,4	+2,54 <sup>†</sup> 0
	Média de Wingate (W·kg <sup>-1</sup> )		10,9 ± 0,9	10,9 ± 1,1	ND
	Índice de Fadiga		ND	ND	
Rønnestad BR, Hansen J, Nygaard H., 2017	Pico Wingate (W·kg <sup>-1</sup> )	12	23,2 ± 2,7	24,3 ± 2,8	+3,87 +1,86# ND
	Média de Wingate (W·kg <sup>-1</sup> )		10,7 ± 1,0	10,9 ± 0,9	
	Índice de Fadiga		ND	ND	
<b>Controle</b>					
Rønnestad BR, Hansen EA, Raastad T., 2010	Pico Wingate (W·kg <sup>-1</sup> )	6	15,7 ± 1,1	16,0 ± 1,6	+1,91
	Média de Wingate (W·kg <sup>-1</sup> )		9,3 ± 0,6	9,3 ± 0,7	0
	Índice de Fadiga		25,6 ± 3,4	24,6 ± 4,4	-3,9
Rønnestad BR et al., 2016	Pico Wingate (W·kg <sup>-1</sup> )	7	23,07 ± 2,78	22,75 ± 2,11	-1,38
	Média de Wingate (W·kg <sup>-1</sup> )		10,68 ± 0,65	10,49 ± 0,91	-1,77
	Índice de Fadiga		ND	ND	ND
Rønnestad BR et al., 2015	Pico Wingate (W·kg <sup>-1</sup> )	7	22,9 ± 2,4	22,6 ± 1,7	-1,31
	Média de Wingate (W·kg <sup>-1</sup> )		10,7 ± 0,7	10,5 ± 0,9	-1,86
	Índice de Fadiga		ND	ND	ND
Rønnestad BR, Hansen J, Nygaard H., 2017	Pico Wingate (W·kg <sup>-1</sup> )	8	22,1 ± 3,2	22,4 ± 4,0	+1,33
	Média de Wingate (W·kg <sup>-1</sup> )		10,3 ± 1,1	10,1 ± 1,5	-1,94
	Índice de Fadiga		ND	ND	ND

ND = Não descrito; \*Diferença entre pré-pós; #Diferença entre grupo intervenção para grupo controle

### Potência como parâmetro de desempenho/resistência

O resumo da análise do poder de curto prazo pode ser visto na Tabela VII. A potência média, para curtas e longas durações, e a potência de pico, foram utilizadas como medidas de desempenho/resistência. Em um estudo [14], a resistência de curta duração foi medida, e um aumento significativo na potência média foi observado em ambos os grupos, com um aumento mais significativo no grupo intervenção.

**Tabela VII** - Resistência de curta duração dada pela potência de saída antes e após o período de intervenção

Estudos	Teste	Termo utilizado	Parâmetro	n	Pré-treinamento (W)	Pós-treinamento (W)	Variação (%)
Aagaard P <i>et al.</i> , 2011	Máximo de 5 minutos	Desempenho de resistência a curto prazo	Taxa média de trabalho do ergômetro	Int: 7 Cont: 7	Int: 405.4 ± 53.3 Cont: 388.4 ± 14.1	Int: 425 ± 39.4 Cont: 400,4 ± 33,6	+4,83* +2,98*

Int = grupo intervenção; Cont = grupo controle; \*Diferença entre pré-pós

O resumo da análise do poder de longa duração, bem como o teste utilizado, pode ser visto na Tabela VIII. Quatro estudos [6,7,14,18] mediram desempenho/resistência a longo prazo. Um estudo [14] mostrou aumento significativo da potência produzida tanto pelos grupos intervenção quanto controle. Dois estudos [7,18] demonstraram melhora significativa na produção média de potência nos grupos intervenção, e um estudo [6] mostrou diminuição não significativa do parâmetro no grupo controle e melhora no grupo intervenção.

**Tabela VIII** - Resistência a longo prazo dada pela potência produzida antes e após o período de intervenção

Estudos	Teste	Termo utilizado	Parâmetro	n	Pré-treinamento (W)	Pós-treinamento (W)	Variação (%)
Aagaard P <i>et al.</i> , 2011	Contrarrelógio de 45 minutos	Desempenho de resistência de longa duração	Taxa média de trabalho (Watts)	Int: 7 Cont: 7	Int:313.7 ± 45.9 Cont:309.5 ± 20.3	Int:340.1 ± 33.1 Cont:321 ± 19.5	+ 8,41* + 3,39*
Rønnestad BR, Hansen EA, Raastad T., 2010	Teste máximo de 40 minutos	Potência média	ND	Int: 6 Cont: 6	Int: ND Cont: ND	Int: ND Cont: ND	+ 14 ± 3* + 4 ± 1*
Rønnestad BR <i>et al.</i> , 2015	Teste máximo de 40 minutos	Potência média	ND	Int: 9 Cont: 7	Int: ND Cont: ND	Int: ND Cont: ND	+6,5 ± 5,7* 0
Rønnestad BR, Hansen J, Nygaard H, 2016	Teste máximo de 40 minutos	Potência média	ND	Int: 12 Cont: 8	Int: ND Cont: ND	Int: ND Cont: ND	+3,5 ± 5,5 -0,8 ± 5,7

Int = grupo intervenção; Cont = grupo controle; ND = Não descrito; \*Diferença entre pré-pós; #Diferença entre grupo intervenção para grupo controle

O resumo da análise dos estudos que avaliaram a potência pico pode ser visto na Tabela IX. Sete estudos [6,7,15–19] avaliaram essa variável. Um estudo [15] mostrou um aumento não significativo no grupo intervenção e, no grupo controle, houve uma diminuição não significativa. Outro estudo [16] encontrou aumento significativo e superior da potência de pico no grupo controle em relação aos grupos intervenção. Um estudo [17] observou uma diminuição não significativa em ambos os grupos. Três estudos [6,7,18] avaliaram a potência pico por meio de um teste máximo de 40 minutos, e apenas um [18] demonstrou melhora significativa no grupo intervenção, enquanto houve redução não significativa nos grupos controle dos 3 estudos.

**Tabela IX** - Potência de pico antes e após o período de intervenção

Estudos	Teste	Termo utilizado	Parâmetro	n	Pré-treinamento (W)	Pós-treinamento (W)	Variação (%)
Hausswirth C <i>et al.</i> , 2010	Incremental até a exaustão	Potência aeróbia máxima (P <sub>máx</sub> )	Potência associada ao VO <sub>2máx</sub>	Int: 7	Int: 412.9 ± 28.0	Int: 419.3 ± 29.6	+1.55
				Cont: 7	Cont: 417.1 ± 51.5	Cont: 410,7 ± 44,8	-1.53
Jackson NP <i>et al.</i> , 2007	Perfil de lactato	Potência máxima	Maior carga no teste	Int: H-Res 9	Int: 305.6 ± 39.1	Int: 305,6 ± 37,0	0
				Int: H-Rep 9	Int: 330.6 ± 48.0	Int: 338,9 ± 47,0	+2,51
				Cont: 5	Cont: 315.0 ± 51.8	Cont: 330.0 ± 41.1	+4.76
Levin GT, Mcguigan MR, Laursen PB, 2009	Exercício gradual	PPO	Maior potência média registrada a cada segundo	Int: 7	Entrada: 361±36	Int: 355±27	-1.66
				Cont: 7	Cont: 352±39	Cont: 348±37	-1.13
Rønnestad BR, Hansen EA, Raastad T, 2010	Teste máximo de 40 minutos	Potência máxima	ND	Int: 6 Cont: 6	Int: 420 ± 15 Cont: 401 ± 37	Int: 454 ± 19 Cont: 399 ± 33	+8,09* -0.49
Rønnestad BR <i>et al.</i> , 2015	ND	Potência aeróbia máxima (W <sub>máx</sub> )	ND	Int: 7 Cont: 7	Int: 5,92 ± 0,51 (W.kg <sup>-1</sup> ) Cont: 5,81 ± 0,24 (W.kg <sup>-1</sup> )	Int: 6,04 ± 0,72 (W.kg <sup>-1</sup> ) Cont: 5,88 ± 0,45 (W.kg <sup>-1</sup> )	+2,02 +1,02
Rønnestad BR <i>et al.</i> , 2015	Teste máximo de 40 minutos	Potência máxima	ND	Int: 9 Cont: 7	Int: ND Cont: ND	Int: ND Cont: ND	+3 ± 3* +3 ± 6
Rønnestad BR, Hansen J, Nygaard H, 2016	Teste máximo de 40 minutos	Potência máxima	Potência média no último minuto do teste	Int: 12 Cont: 8	Int: 6,1 ± 0,5 (W.kg <sup>-1</sup> ) Cont: 5,8 ± 0,5 (W.kg <sup>-1</sup> )	Int: 6,1 ± 0,6 (W.kg <sup>-1</sup> ) Cont: 5,7 ± 0,6 (W.kg <sup>-1</sup> )	0 -1,72

Int = grupo intervenção; Cont = controle; ND = Não descrito; \*Diferença entre pré-pós, #Diferença entre grupo intervenção para grupo controle; PPO: potência de pico

## Discussão

Esta revisão teve como objetivo analisar os efeitos do treinamento resistido sobre variáveis relacionadas ao desempenho no ciclismo: força e potência máximas,  $VO_{2máx}$  e economia de ciclismo (CE). Os resultados mostram um impacto positivo do treinamento resistido no desempenho dos ciclistas. Todos os grupos de treinamento concorrente incluídos nesta revisão evidenciaram os aumentos de força máxima. Ao analisar as metodologias de treinamento aplicadas nos estudos, chama a atenção que a predominância de sistemas de periodização culminou em treinamento de força caracterizado por cargas elevadas e repetições moderadas.

Como os participantes do estudo são ciclistas, eles já realizavam treinamento de endurance, o que provavelmente forneceu uma base de força, principalmente para os extensores de joelhos e quadril [22]. Embora poucos estudos tenham demonstrado aumento da força máxima nos grupos controle, é possível que a realização do treinamento de endurance tenha tido algum efeito sobre o aumento da produção máxima em ambos os grupos. As variações do terreno e das condições climáticas, como morros, montanhas e até mesmo o vento em que os ciclistas costumam realizar seu treinamento, podem ser responsáveis pelo aumento da força nos grupos controle e podem ter influenciado os ganhos dos grupos de intervenção. De qualquer forma, vale ressaltar que o aumento no débito de força máxima foi significativo e mais acentuado em todos os grupos de intervenção em relação aos grupos controle dos estudos. Isso indica que a aplicação do treinamento de resistência é eficaz em praticantes de ciclismo.

A produção máxima de força nesses atletas é significativa, pois contribui para a produção de potência [15,18]. Aumentar a força para níveis mais elevados reduz a intensidade do exercício com cargas específicas. Portanto, as adaptações provocadas pela inserção do treinamento resistido, bem como o aumento da produção de força máxima, tendem a permitir o aumento da produção da média e do pico de potência, seja em curto (sprint anaeróbico) ou longo prazo (aeróbico), o que será discutido posteriormente.

$VO_{2máx}$

O  $VO_{2máx}$  define a potência e a capacidade aeróbia máximas [12,23]. Portanto, o aumento do  $VO_{2máx}$  é essencial para os ciclistas, pois permite um melhor aproveitamento do oxigênio durante os passeios realizados em suas competições. Os resultados entre os estudos foram contrastantes; alguns apresentaram melhora superior no grupo intervenção e outros melhora superior nos grupos controle; no entanto, os resultados entre os grupos foram insignificantes.

O estudo conduzido por Rønnestad *et al.* [16] demonstraram aumento significativo do  $VO_{2máx}$  em ambos os grupos, entretanto, o grupo intervenção apresentou melhora superior em relação ao grupo controle, embora não tenha havido diferença significativa antes e após a intervenção. Assim, essa diferença deveu-se ao treinamento de força.

Os resultados indicaram que a incorporação do treinamento de força em ciclistas não impediu a valorização do seu  $VO_{2máx}$ , o que já foi elucidado em alguma literatura prévia [25,26]. Além disso, a amostra do estudo foi composta por atletas de endurance bem treinados e com altos valores de  $VO_{2máx}$ , o que pode explicar as pequenas mudanças entre os pré e pós-valores, uma vez que eles tipicamente têm espaço limitado para melhorar, ainda mais a potência e capacidade aeróbia máxima [24].

### *Economia e eficiência do ciclismo*

Economia e eficiência mecânica são geralmente abordadas na avaliação do desempenho de ciclistas, pois são essenciais para parâmetros de desempenho e são considerados fatores aeróbios determinantes da resistência. Espera-se que esses fatores melhorem o desempenho [27] devido à melhora desse parâmetro, que é a diminuição da quantidade de oxigênio utilizada para uma mesma intensidade de exercício, inferindo a diminuição do gasto energético para a intensidade em questão [25]. Observando os cinco estudos [12,14,18–20] inseridos nesta revisão que mensuraram os parâmetros aqui analisados, em geral, ambos os grupos melhoraram após o período de intervenção.

O estudo de Aagaard *et al.* [12] mostrou uma melhora considerável na economia e eficiência do grupo controle, no entanto o grupo controle foi significativamente menos eficiente do que o grupo intervenção no início do estudo. Houve uma margem mais significativa para o desenvolvimento da economia e eficiência do movimento. Corroborando o último estudo, Jackson *et al.* [14] demonstraram um aumento significativo no uso de  $VO_2$  em ambos os grupos de intervenção e não significativo no grupo controle. Em concordância com os autores, os grupos não apresentaram diferença significativa. Em concordância com isso, Sunde *et al.* [20] demonstraram um resultado interessante. Ambos os grupos partiram de uma linha de base muito próxima antes da intervenção. Após o período, o grupo intervenção apresentou melhora significativa nesse parâmetro, superior ao grupo controle, sem diferença significativa.

Dois estudos realizados por Rønnestad *et al.* [18] e Rønnestad *et al.* [19], que utilizaram o mesmo método para avaliar economia e eficiência, apresentaram resultados antagônicos entre si; o primeiro [18] mostrou superioridade no resultado obtido no grupo intervenção, e o outro [19] no grupo controle. No entanto, não houve diferença significativa entre os grupos de estudo. O período de intervenção nos dois estudos difere significativamente, o que também pode explicar essa diferença. Esses dois estudos não mencionaram diferença na eficiência bruta, mas não compararam o antes e o depois da intervenção.

Considerando os resultados aqui apresentados, embora a maioria dos estudos demonstre uma melhora na CE no grupo treinamento resistido, não é possível afirmar com total certeza o impacto da adição de treinamento resistido aos ciclistas na economia e eficiência do ciclismo devido às questões descritas ao longo desta seção.

### Potência anaeróbia

A potência média e de pico são essenciais em ciclistas, pois contribuem para a produção de potência e diminuem a intensidade do exercício com qualquer carga em particular. A inserção do treinamento de força pode ser positiva para a produção de potência em geral.

Quatro estudos [16–19] que avaliaram a potência anaeróbia demonstraram que o grupo intervenção apresentou algum aumento na potência pico, com significância em apenas dois [16,19]. Apenas dois estudos [17,19] mostraram aumento da média, porém sem significância real. Nos grupos controle, dois [16,19] apresentaram aumento não significativo na potência pico, e os outros dois [17,18] apresentaram decréscimo, enquanto, em média, o estudo [16] não apresentou alteração, e os outros 3 [17–19] apresentaram diminuição do parâmetro.

Embora no estudo de Rønnestad *et al.* [16], os grupos não se afastaram de uma linha de base próxima, o grupo intervenção já apresentava uma potência de pico maior do que o grupo controle antes da intervenção, o que diminuiria a margem de desenvolvimento deste parâmetro [25]. No entanto, o aumento da potência de pico após a intervenção foi mais significativo no grupo intervenção. Apesar do aumento do pico em ambos os grupos, não houve alteração na potência média após o período, o que indicaria um maior declínio na potência ao longo do teste no grupo intervenção, como visto pelo aumento da fadiga após o período de intervenção.

O estudo de Rønnestad *et al.* [18] também apresenta resultados semelhantes, pois houve aumento do pico de potência. Entretanto, não houve diferença na potência média produzida no grupo intervenção, indicando provável piora no índice de fadiga após a intervenção. No entanto, não é possível afirmar esse ponto, uma vez que o estudo não apresentou esse dado. Também é importante notar que o grupo controle neste estudo apresentou um declínio na potência de pico e média.

Outro estudo de Rønnestad *et al.* [17] apresenta resultados animadores. No grupo intervenção, a potência pico produzida aumentou menos que a média, enquanto no grupo controle houve declínio em ambos. No grupo intervenção, indica menor perda de desempenho durante o teste após a aplicação do treinamento. No entanto, é impossível apontar isso com precisão, uma vez que o estudo também não mostra o índice de fadiga.

O último estudo de Rønnestad *et al.* [19] demonstra um aumento na potência de pico e média produzida no grupo de intervenção. Em contrapartida, no grupo controle, houve aumento do pico de potência e declínio da média produzida. No entanto, não expõe o índice de fadiga, impossibilitando anotações mais precisas quanto à perda de desempenho durante o teste.

Com base nos dados aqui expostos e analisados, fica claro que o treinamento de força e o consequente aumento na produção de força máxima podem aumentar a potência de pico em um sprint de intensidade máxima.



### *Potência como parâmetro de desempenho/resistência*

Os conceitos gerais e a importância da produção de potência no ciclismo, bem como sua relação com a produção de força máxima, foram discutidos anteriormente no tópico referente à potência anaeróbia.

Apenas o estudo de Aagaard *et al.* [12] testou o desempenho de endurance de curta duração em um teste máximo de 5 minutos, e ambos os grupos mostraram um aumento na potência média, que foi maior no grupo intervenção, especialmente quando se considerou a variação nos grupos. Considerando isso, a adição do treinamento de força poderia influenciar o parâmetro. No entanto, por se tratar de um estudo único, não se pode concluir com certeza que foi responsável pela melhora e não por alguma questão específica dentro do grupo de intervenção do estudo.

Entre os quatro estudos [12,16,18,19] que mediram a potência média como parâmetro de desempenho/endurance em longo prazo, todos apresentaram melhora no grupo intervenção, enquanto 3 [12,16,18] apresentaram melhora significativa. Nos grupos controle, dois [12,16] apresentaram melhora não significativa e menor que os grupos intervenção; um [18] não apresentou diferença após o período de intervenção e um [19] apresentou diminuição após o período de intervenção.

A melhora positiva e até expressiva desse parâmetro em todos os grupos de intervenção, ao contrário do que é demonstrado nos grupos controle, permite inferir o impacto do treinamento de força na produção média de potência em ciclistas. Entretanto, vale ressaltar que a não exposição ou exposição em gráficos que não permitem os valores absolutos da potência média produzida antes e após a intervenção em alguns estudos [16,18,19] torna desafiador elucidar o real efeito do treinamento resistido nesse parâmetro.

Em relação à potência pico produzida, dentre os sete estudos [13–19] que a mensuraram, os grupos de intervenção apresentaram alguma melhora do parâmetro, com apenas um [16] apresentando melhora significativa, com exceção de um estudo [15] que mostrou diminuição do pico, e um estudo [19] que não mostrou diferença após o período de intervenção. Em relação aos grupos controles dos estudos, a maioria apresentou diminuição do parâmetro [13,15,16,19].

O estudo de Aagaard *et al.* [14] demonstrou um achado marcante: o grupo intervenção que realizou o treinamento de alta repetição teve um aumento na potência de pico produzida. Em contrapartida, o grupo que utilizou as cargas mais elevadas não apresentou diferença entre os anteriores. Após a intervenção, o grupo controle apresentou melhor melhora em relação aos dois grupos. Aqui, vale ressaltar que, segundo os próprios autores, os participantes dos grupos de intervenção imaginavam que o treinamento de força somado ao treinamento de resistência já realizados seria algo que não poderiam continuar.

O estudo de Rønnestad *et al.* [16] mostrou uma melhora consideravelmente significativa neste parâmetro em comparação com todos os estudos em seu grupo intervenção, ao contrário de seu grupo controle, que mostrou uma diminuição no parâmetro.

Ao analisar os estudos de Rønnestad *et al.* [16], Rønnestad *et al.* [18] e Rønnestad *et al.* [19], que mediram tanto a potência de pico quanto a média de saída, os resultados dos grupos de intervenção são interessantes. Dois [16,18] apresentaram aumento no pico e na média após o período de intervenção, superiores aos encontrados nos grupos controle, com aumento mais significativo, indicando maior capacidade de manter a constância de produção de energia ao longo da prova. Esses três estudos foram realizados pelos mesmos autores e com metodologias de treinamento semelhantes. Uma possível explicação para essa diferença entre os resultados seria a duração de semanas dos estudos, que foi menor em apenas uma [19]. O treinamento de endurance foi realizado em ambientes fechados, o que pode ter interferido nos resultados, principalmente considerando que tanto o pico quanto a média da produção de potência tenderam a diminuir no grupo controle.

Considerando tudo o que foi exposto ao longo deste tópico, nota-se que a adição do treinamento resistido ao programa de treinamento de ciclistas pode impactar positivamente a potência média, seja a curto ou longo prazo, bem como o pico de potência.

## Conclusão

Em conclusão, do ponto de vista prático, os resultados sugerem que pode ser vantajoso incorporar o treinamento resistido 2-3 vezes por semana durante a periodização de ciclistas amadores e de elite. No entanto, mais pesquisas são necessárias para explorar várias configurações de treinamento entre populações de atletas e ciclistas amadores.

### Conflito de interesses

Os autores declararam não haver nenhum potencial conflito de interesses.

### Financiamento

Não foi recebido financiamento para esta revisão sistemática.

### Contribuição dos autores

**Concepção e desenho da pesquisa:** Bergantini TC, Ferreira MF, Abreu LP, Dambroz CS, Sousa NMF, Leite RD; **Aquisição de dados:** Bergantini TC, Ferreira MF, Abreu LP, Dambroz CS, De Sousa NMF, Leite RD; **Análise e interpretação dos dados:** Bergantini TC, Ferreira MF, Abreu LP, Dambroz CS, Sousa NMF, Leite RD; **Análise estatística:** Bergantini TC, Ferreira MF, Abreu LP, Dambroz CS, Sousa NMF, Leite RD; **Manuscrito:** Bergantini TC, Ferreira MF, Abreu LP, Dambroz CS, Sousa NMF, Leite RD; **Revisão crítica do manuscrito quanto ao conteúdo intelectual importante:** Sousa NMF, Leite RD.

## Referências

1. Jeukendrup AE, Craig NP, Hawley JA. The bioenergetics of World Class Cycling. *J Sci Med Sport.* 2000;3:414–33. doi: 10.1016/S1440-2440(00)80008-0
2. Olds TS, Norton KI, Craig NP. Mathematical model of cycling performance. *J Appl Physiol.* (1985) 1993;75:730–7. doi: 10.1152/JAPPL.1993.75.2.730
3. Craig NP, Norton KI, Bourdon PC, Woolford SM, Stanef T, Squires B, *et al.* Aerobic and anaerobic indices contributing to track endurance cycling performance. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1993;67:150–8. doi: 10.1007/BF00376659

4. Rønnestad BR, Mujika I. Optimizing strength training for running and cycling endurance performance: A review. *Scand J Med Sci Sports* 2014;24:603–12. doi: 10.1111/SMS.12104
5. Legerlotz K, Marzilger R, Bohm S, Arampatzis A. Physiological adaptations following resistance training in youth athletes - a narrative review. *Pediatr Exerc Sci*. 2016;28:501–20. doi: 10.1123/PES.2016-0023
6. Rønnestad BR, Hansen J, Nygaard H. 10 weeks of heavy strength training improves performance-related measurements in elite cyclists. *J Sports Sci*. 2017;35:1435–41. doi: 10.1080/02640414.2016.1215499
7. Rønnestad BR, Hansen J, Hollan I, Ellefsen S. Strength training improves performance and pedaling characteristics in elite cyclists. *Scand J Med Sci Sports*. 2015;25:e89–98. doi: 10.1111/SMS.12257
8. Porter C, Reidy PT, Bhattarai N, Sidossis LS, Rasmussen BB. Resistance exercise training alters mitochondrial function in human skeletal muscle. *Med Sci Sports Exerc*. 2015;47:1922–31. doi: 10.1249/MSS.0000000000000605
9. Groennebaek T, Vissing K. Impact of resistance training on skeletal muscle mitochondrial biogenesis, content, and function. *Front Physiol*. 2017;8. doi: 10.3389/FPHYS.2017.00713
10. Tang JE, Hartman JW, Phillips SM. Increased muscle oxidative potential following resistance training induced fibre hypertrophy in young men. *Appl Physiol Nutr Metab*. 2006;31:495–501. doi: 10.1139/H06-026
11. Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG, Antes G, Atkins D, et al. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *PLoS Med*. 2009;6. doi: 10.1371/JOURNAL.PMED.1000097
12. PEDro scale - PEDro n.d. [cited 2023 Oct 13]. <https://pedro.org.au/english/resources/pedro-scale>
13. Verhagen AP, Vet HCW, Bie RA, Kessels AGH, Boers M, Bouter LM, et al. The Delphi list: A criteria list for quality assessment of randomized clinical trials for conducting systematic reviews developed by Delphi consensus. *J Clin Epidemiol*. 1998;51:1235–41. doi: 10.1016/S0895-4356(98)00131-0
14. Aagaard P, Andersen JL, Bennekou M, Larsson B, Olesen JL, Crameri R, et al. Effects of resistance training on endurance capacity and muscle fiber composition in young top-level cyclists. *Scand J Med Sci Sports*. 2011;21. doi: 10.1111/J.1600-0838.2010.01283.X
15. Hausswirth C, Argentin S, Bieuzen F, Le Meur Y, Couturier A, Brisswalter J. Endurance and strength training effects on physiological and muscular parameters during prolonged cycling. *J Electromyogr Kinesiol*. 2010;20:330–9. doi: 10.1016/J.JELEKIN.2009.04.008
16. Jackson NP, Hickey MS, Reiser RF. High resistance/low repetition vs. low resistance/high repetition training: effects on performance of trained cyclists. *J Strength Cond Res*. 2007;21:289. doi: 10.1519/R-18465.1
17. Levin GT, McGuigan MR, Laursen PB. Effect of concurrent resistance and endurance training on physiologic and performance parameters of well-trained endurance cyclists. *J Strength Cond Res*. 2009;23:2280–6. doi: 10.1519/JSC.0B013E3181B990C2
18. Rønnestad BR, Hansen EA, Raastad T. In-season strength maintenance training increases well-trained cyclists' performance. *Eur J Appl Physiol*. 2010;110:1269–82. doi: 10.1007/S00421-010-1622-4
19. Rønnestad BR, Hansen J, Hollan I, Spencer M, Ellefsen S. Impairment of performance variables after in-season strength-training cessation in elite cyclists. *Int J Sports Physiol Perform*. 2016;11:727–35. doi: 10.1123/IJSP.2015-0372
20. Sunde A, Støren Ø, Bjerkaas M, Larsen MH, Hoff J, Helgerud J. Maximal strength training improves cycling economy in competitive cyclists. *J Strength Cond Res*. 2010;24:2157–65. doi: 10.1519/JSC.0B013E-3181AEB16A
21. Aagaard P. Training-induced changes in neural function. *Exerc Sport Sci Rev* 2003;31:61–7. doi: 10.1097/00003677-200304000-00002
22. Bell GJ, Syrotuik D, Martin TP, Burnham R, Quinney HA. Effect of concurrent strength and endurance training on skeletal muscle properties and hormone concentrations in humans. *Eur J Appl Physiol*. 2000;81:418–27. doi: 10.1007/S004210050063
23. Weiss EP, Spina RJ, Holloszy JO, Ehsani AA. Gender differences in the decline in aerobic capacity and its physiological determinants during the later decades of life. *J Appl Physiol* (1985). 2006;101:938–44. doi: 10.1152/JAPPLPHYSIOL.01398.2005
24. Sassi A, Impellizzeri FM, Morelli A, Menaspa P, Rampinini E. Seasonal changes in aerobic fitness indices in elite cyclists. *Appl Physiol Nutr Metab*. 2008;33:735–42. doi: 10.1139/H08-046
25. McCarthy JP, Agre JC, Graf BK, Pozniak MA, Vailas AC. Compatibility of adaptive responses with combining strength and endurance training. *Med Sci Sports Exerc*. 1995;27:429–36. doi: 10.1249/00005768-199503000-00021
26. Østerås H, Helgerud J, Hoff J. Maximal strength-training effects on force-velocity and force-power relationships explain increases in aerobic performance in humans. *Eur J Appl Physiol*. 2002;88:255–63. doi: 10.1007/S00421-002-0717-Y
27. Coyle EF. Integration of the physiological factors determining endurance performance ability. *Exerc Sport Sci Rev* 1995;23:25–63. doi: 10.1249/00003677-199500230-00004
28. Hopker J, Jobson S, Carter H, Passfield L. Cycling efficiency in trained male and female competitive cyclists. *J Sports Sci Med*. [cited 2023 Oct 13]. 2010;9:332. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24149704/>
29. Montero D, Lundby C. The effect of exercise training on the energetic cost of cycling. *Sports Med*. 2015;45:1603–18. doi: 10.1007/S40279-015-0380-1

