

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS**

**FACULDADE DE NUTRIÇÃO**

**MESTRADO EM NUTRIÇÃO**

**EFEITO DO BOCHECHO DE CARBOIDRATO SOBRE A FORÇA E A RESISTÊNCIA  
MUSCULAR: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA COM METANÁLISE**

IZAURA GABRIELLY RODRIGUES DE OLIVEIRA SILVA

MACEIÓ-AL,

2021

IZAURA GABRIELLY RODRIGUES DE OLIVEIRA SILVA

**EFEITO DO BOCHECHO DE CARBOIDRATO SOBRE A FORÇA E A  
RESISTÊNCIA MUSCULAR: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA COM  
METANÁLISE**

Dissertação apresentada ao Programa de  
Pós-graduação em Nutrição – Faculdade  
de Nutrição, Universidade Federal de  
Alagoas, como requisito à obtenção do  
título de Mestre em Nutrição.

Orientadora: Prof. Dra. Thays de Ataíde e Silva  
Faculdade de Nutrição  
Universidade Federal de Alagoas

Co-Orientador: Prof. Dr. Gustavo Gomes de Araujo  
Faculdade de Nutrição  
Universidade Federal de Alagoas

MACEIÓ-AL,  
2021

**Catálogo na fonte**  
**Universidade Federal de Alagoas**  
**Biblioteca Central**  
**Divisão de Tratamento Técnico**

Bibliotecária: Lívia Silva dos Santos – CRB-4 – 1670

S586e Silva, Izaura Gabrielly Rodrigues de Oliveira.

Efeito do bochecho de carboidrato sobre a força e a resistência muscular: uma revisão sistemática com metanálise / Izaura Gabrielly Rodrigues de Oliveira Silva. – 2021.

66 f.:il.

Orientadora: Thays de Ataíde e Silva.

Coorientador: Gustavo Gomes de Araújo.

Dissertação (Mestrado em Nutrição) – Universidade Federal de Alagoas. Faculdade de Nutrição. Programa de Pós-Graduação em Nutrição. Maceió, 2021.

Bibliografia: f. 57-66

1. Bochecho de CHO – Efeito ergogênico. 2. Resistência muscular. 3. Maltodextrina.  
4. Desempenho físico – Estratégias nutricionais. I. Título.

CDU: 612.39:796

**MESTRADO EM NUTRIÇÃO**  
**FACULDADE DE NUTRIÇÃO**  
**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS**



Campus A. C. Simões  
BR 104, km 14, Tabuleiro dos Martins  
Maceió-AL 57072-970  
Fone/fax: 81 3214-1160

---

PARECER DA BANCA EXAMINADORA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO


**“EFEITO DO BOCHECHO DE CARBOIDRATO SOBRE A FORÇA E A  
RESISTÊNCIA MUSCULAR: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA COM  
METANÁLISE”**

por


**IZAURA GABRIELLY RODRIGUES DE OLIVEIRA SILVA**

A Banca Examinadora, reunida aos 10/06/2021, considera a candidata  
**APROVADA.**


---

  
Prof. Dr. Gustavo Gomes de Araujo  
Faculdade de Nutrição  
Universidade Federal de Alagoas  
(Coorientador)

---

  
Prof. Dr. João Araújo Barros Neto  
Faculdade de Nutrição  
Universidade Federal de Alagoas  
(Examinador)

---

  
Prof. Dr. Adriano Eduardo Lima da Silva  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
(Examinador)

## **DEDICATÓRIA**

Eu dedico esta dissertação, primeiramente à Deus, por orquestrar, o caminho que me trouxe até aqui, mesmo que árduo no início, hoje eu entendo que não poderia ser diferente. Dedico à minha família, principalmente ao meu pai Luiz, e ao meu tio Jadson, pela luta incessante, junto comigo, por esse mestrado. Dedico à minha querida orientadora Thays, sem ela esse trabalho não seria possível.

## **AGRADECIMENTOS**

Eu agradeço à Deus por me orientar, apaziguar e iluminar durante toda escrita, por colocar pessoas iluminadas no meu caminho, por sempre me lembrar que, quando me disponho e trabalho, eu posso! Agradeço à minha família, pela paciência nos momentos de maior dedicação e de prazos, por viabilizarem toda estrutura de estudos. Agradeço ao meu namorado Daniel por acreditar em mim, às vezes, mais que eu mesma, a sempre me ouvir falar sobre bochecho de carboidrato e ainda ajudar. Agradeço à minha orientadora Thays por toda orientação, incentivo, por sempre fazer eu me sentir segura com o nosso trabalho, com ela eu nunca me senti só, nunca duvidei que nosso trabalho seria possível! Agradeço ao meu co-orientador Gustavo pelas correções e contribuições com o trabalho, e agradeço ao Programa de Pós-graduação em Nutrição – Faculdade de Nutrição, Universidade Federal de Alagoas, por possibilitar a elaboração e conclusão desse trabalho.

## RESUMO

SILVA, I.G.R.O. **Efeito do bochecho de carboidrato sobre a força e a resistência muscular: uma revisão sistemática com metanálise.** Dissertação (Mestrado em Nutrição) – Programa de Pós-Graduação em Nutrição, Faculdade de Nutrição, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2021. 63 pag.

O efeito do bochecho de carboidrato (CHO) no desempenho foi investigado pela primeira vez em 2004, levantando a hipótese de que o bochecho de CHO tem seu efeito ergogênico através de um mecanismo central. A partir desses achados, uma heterogeneidade de protocolos de exercícios, como ciclismo e corrida contrarrelógio; *sprints*; salto vertical; salto contra movimento; exercícios intermitentes; exercícios de alta intensidade; exercícios de força muscular isométrica; exercícios de força muscular dinâmica e exercícios de resistência muscular foram utilizados para investigar os efeitos do bochecho de CHO sobre o desempenho. Considerando os possíveis efeitos do bochecho de CHO no desenvolvimento de fadiga prematura e no aumento da potência que contribuem para um melhor desempenho físico, tem-se no bochecho de CHO uma potencial estratégia para exercícios de força. Porém, ainda pouco investigado. Assim, a presente dissertação apresenta um capítulo de revisão, abordando o efeito do bochecho de CHO sobre exercícios de alta intensidade, bem como, uma revisão sistemática com metanálise que avalia os estudos que investigaram o efeito do bochecho de CHO sobre a força e o *endurance* muscular. Onze estudos foram analisados na revisão sistemática. Não foi observado diferença entre as condições CHO e placebo, nos quatro estudos que investigaram teste de 1 RM; e, entre os 11 estudos que avaliaram o número de repetições até a falha, cinco observaram efeito positivo do bochecho de CHO. Quanto à metanálise, não houve diferença significativa na força muscular máxima (testes de 1 RM), mas houve diferença significativa na resistência muscular (número de repetições até a falha) na condição CHO quando comparada à condição placebo, demonstrando que o bochecho de CHO exerce efeito ergogênico sobre a resistência muscular, mas não sobre a força muscular máxima.

**Palavras-chave:** maltodextrina, enxágue bucal, 1RM, contração voluntária máxima, teste de repetição até a falha

## ABSTRACT

SILVA, I.G.R.O. **Effect of carbohydrate mouth rinse on muscle strength and muscle endurance: a systematic review with meta-analysis.** Dissertation (Master in Nutrition) - Graduate Program in Nutrition, Faculty of Nutrition, Federal University of Alagoas, Maceió, 2021. 63 pag.

The effect of carbohydrate (CHO) mouth rinse on performance was first investigated in 2004, raising the hypothesis that CHO mouth rinse has its ergogenic effect through a central mechanism. From these findings, a heterogeneity of exercise protocols, such as cycling and running against the clock; sprints; vertical jump; jump against movement; intermittent exercises; high intensity exercises; isometric muscle strength exercises; dynamic muscle strength exercises and muscle endurance exercises were used to investigate the effects of CHO mouth rinse on performance. Considering the possible effects of the CHO mouth rinse on the development of premature fatigue and on the increase in power that contribute to a better physical performance, the CHO mouth rinse is a potential strategy for strength exercises. However, still little investigated. Thus, this dissertation presents a review chapter, addressing the effect of CHO mouth rinse on high-intensity exercise, as well as a systematic review with meta-analysis that evaluates studies that investigated the effect of CHO mouth rinse on strength and endurance muscle. Eleven studies were analyzed in the systematic review, no difference was observed between the CHO and PLA conditions on all 4 of the studies that investigated the 1 RM test; and, among the eleven studies that evaluated the number of repetitions to failure, five observed a positive effect of the CHO mouth rinse. As for the meta-analysis, there was no significant difference in maximum muscle strength (1RM test), but there was a significant difference in muscle endurance (number of repetitions to failure) in the CHO condition when compared to the PLA condition, demonstrating that the CHO mouth rinse has an ergogenic effect on muscle endurance but not on maximal muscle strength.

**Keywords:** maltodextrin, mouthwash, 1RM, maximum voluntary contraction, repetition test



## LISTA DE FIGURAS

### Página

#### Artigo original: artigo de revisão

Figura 1	Fluxograma de seleção de estudos.....	34
Figura 2	O efeito geral do bochecho de carboidrato no teste de 1 RM (kg).....	45
Figura 3	O efeito geral do bochecho de carboidrato sobre o número de repetições até a falha nos exercícios de resistência muscular.....	46

## LISTA DE TABELAS

### Artigo original: artigo de revisão

Tabela 1	Resumo dos estudos que avaliaram o efeito do bochecho com carboidratos na força muscular máxima: repetição máxima (1RM).....	35
Tabela 2	Resumo dos estudos que avaliaram o efeito do bochecho com carboidratos na resistência muscular: número total de repetições.....	37
Tabela 3	Lista de verificação da avaliação da qualidade do estudo quantitativo	42

# SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO GERAL.....</b>	<b>10</b>
<b>2 CAPÍTULO DE REVISÃO.....</b>	<b>13</b>
<b>2.1 Introdução .....</b>	<b>14</b>
<b>2.2 Um breve histórico sobre o bochecho de carboidrato.....</b>	<b>15</b>
2.2.1 Efeito do bochecho de CHO sobre o estado alimentado <i>versus</i> o jejum.....	15
2.2.2 Concentração da solução e tempo de duração do bochecho.....	17
2.2.3 Efeito do bochecho de CHO sobre exercícios de alta intensidade .....	18
<b>2.3 Força muscular máxima .....</b>	<b>24</b>
<b>2.4 Resistência muscular .....</b>	<b>25</b>
<b>2.5 Força muscular máxima e Resistência muscular <i>versus</i> Bochecho de CHO .....</b>	<b>25</b>
<b>2.6 Considerações finais .....</b>	<b>26</b>
<b>3 ARTIGO CIENTÍFICO PRINCIPAL.....</b>	<b>28</b>
<b>Introduction .....</b>	<b>31</b>
<b>Methods.....</b>	<b>32</b>
<b>Results .....</b>	<b>33</b>
<b>Discussion.....</b>	<b>46</b>
<b>Conclusion.....</b>	<b>49</b>
<b>References .....</b>	<b>51</b>
<b>4 CONCLUSÃO .....</b>	<b>53</b>
<b>5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>55</b>

**1 INTRODUÇÃO GERAL**

Há uma busca constante por estratégias nutricionais e recursos ergogênicos que melhorem o desempenho físico, seja por aumento de força, potência ou para postergar o surgimento da fadiga (BORTOLOTTI et al., 2011). Assim, o bochecho de carboidrato (CHO) no desempenho foi estudado pela primeira vez por Carter et al. (2004a), após observarem que o desempenho em exercícios intensos foi melhorado após o consumo de CHO sem aumento na oxidação de CHO (JEUKENDRUP, BROUNS e WAGENMAKERS, 1997), levantando a hipótese de que o bochecho de CHO tem seu efeito ergogênico através de um mecanismo central. Por meio de análise de imagens de ressonância magnética funcional, Chambers et al. (2009) observaram que manter líquido contendo CHO na boca ativa de regiões cerebrais incluindo córtex cingulado anterior, ínsula, opérculo frontal, córtex orbitofrontal, envolvidas no controle motor, motivação e recompensa, possivelmente, mediada por receptores na cavidade oral, independente da doçura (CHAMBERS et al., 2009). Ao partir da ideia de que, a suplementação de CHO durante o exercício não se limita ao efeito metabólico, amplamente conhecido, mas também pode atuar de maneira central, capaz de modificar a produção motora (GANT; STINEAR; BYBLOW, 2010).

Com base nesses achados, uma maior heterogeneidade de protocolos de exercícios, como ciclismo (POTTIER et al., 2010) e corrida contrarrelógio (ROLLO; WILLIAMS; NEVILL, 2011); *sprints* (PHILLIPS et al., 2014); exercícios intermitentes (ROLLO et al., 2015) e exercícios de força (CLARKE et al., 2017; DECIMONI et al., 2018; BASTOS-SILVA et al., 2019) foram utilizados para investigar os possíveis efeitos ergogênicos do bochecho de CHO no desempenho. Ao investigar o efeito em *sprints* de corrida, Bortolotti et al. (2013) não encontraram melhora no tempo nem no índice de fadiga, após o bochecho de CHO. Em investigação sobre o bochecho de CHO sobre 6 x de 70% de 1RM de *bench press* até a falha, Painelli et al. (2011) não observaram melhora no desempenho após bochecho de CHO. Por outro lado, ao investigar o bochecho de CHO em múltiplos *sprints*, em um cicloergômetro, Phillips et al. (2014) observaram aumento da potência pico quando a amostra bochechou solução contendo CHO, comparado a placebo (PLA). Ainda, em um protocolo de *bench press* e *squat* de 60% de 1RM até a falha houve melhora do desempenho (CLARKE et al., 2017) e diminuição da percepção subjetiva ao esforço (PSE) na condição bochecho de CHO quando comparado a condição PLA (DECIMONI et al., 2018).

Considerando que evitar o desenvolvimento de fadiga prematura, aumentar a potência, diminuir a percepção subjetiva ao esforço contribuem para um melhor desempenho físico (CHAMBERS et al., 2009; JEUKENDRUP, 2013), além de que, a ingestão de CHO durante exercícios de alta intensidade aumenta a incidência potencial de problemas gastrointestinais (JEUKENDRUP, 2014), o bochecho de CHO passa a ser uma potencial estratégia para reduzir qualquer incidência potencialmente debilitante de problemas gastrointestinais provenientes do consumo de CHO antes ou durante exercícios de alta intensidade (DEVENNEY et al., 2018) e melhorar o desempenho em exercícios de força (BASTOS SILVA et al., 2019). Contudo, apesar dos efeitos ergogênicos do bochecho de CHO já ter sido amplamente demonstrados em exercícios aeróbios, como ciclismo e corrida contrarrelógio ( $\sim 75\% W_{\text{máx}}$  ou  $65\% VO_{2\text{máx}}$ ,  $\sim 1$  h de duração) (De Ataíde e Silva et al., 2014), inclusive através de metanálise (BRIETZKE et al., 2019), não há na literatura metanálise disponível quanto ao efeito do bochecho de carboidrato sobre exercícios de força e resistência muscular. Nesse sentido, o objetivo desse trabalho foi investigar, reunir e analisar o efeito do bochecho de carboidrato sobre a força e a resistência muscular. A dissertação tem início com a revisão da literatura, intitulada “Efeito do bochecho de carboidrato sobre o exercício físico de alta intensidade: uma revisão narrativa”, seguida de um artigo científico principal, intitulado como “Efeito do bochecho de carboidrato sobre a força e a resistência muscular: uma revisão sistemática com metanálise”.

## **2 CAPÍTULO DE REVISÃO**

SILVA, I.G.R.O.; ARAÚJO, G.G.; ATAIDE-SILVA, T. Efeito do bochecho de carboidrato sobre exercício físico de alta intensidade: uma revisão narrativa.

## 2.1 Introdução

O bochecho de CHO é caracterizado pela distribuição, durante um determinado tempo, de uma solução composta por CHO na cavidade oral (JAMES et al., 2017). O tempo de permanência da solução contendo CHO na cavidade oral pode alternar entre 5 s (KHONG et al., 2020), 10 s (DECIMONI et al., 2018; DUNKIN; PHILLIPS, 2017; BASTOS SILVA et al., 2019), 10-15s (PAINELLI et al., 2011; PRIBYSLAVSKA et al., 2016) e 20 s (BAILEY et al., 2019; BLACK et al., 2018) a depender do protocolo de bochecho determinado. Os tipos de CHO utilizados variam de estudo para estudo, sendo a maltodextrina (CLARKE et al., 2015; JENSEN et al., 2015; PŘIBYSLAVSKÁ et al., 2016; BAZZUCCHI et al., 2016; BASTOS SILVA et al., 2019) e a glicose (BAZZUCCHI et al., 2016; BAILEY et al., 2019; KRINGS et al., 2019; KHONG et al., 2020) os mais utilizados, seguidos pela dextrose (PAINELLI et al., 2011) e a maltose (BAILEY et al., 2019). Podendo os bochechos ser individuais (JENSEN et al., 2015; DUNKIN; PHILLIPS, 2017; BLACK et al., 2018) ou múltiplos (DECIMONI et al., 2018; KRINGS et al., 2019; KHONG et al., 2020).

Os efeitos dessa estratégia tem sido investigado em provas de corrida (ROLLO et al., 2011) e ciclismo (POTTIER et al., 2010) contrarrelógio; resistência em supino (PAINELLI et al., 2011); *sprint* em ciclismo (CHONG; GUELF; FOURNIER, 2011); corrida vai e vem (PRIBYSLAVSKA et al., 2016); corrida de alta intensidade com intervalo (HIT) (KASPER et al., 2016); tarefa cognitiva de desempenho contínuo (CPT) de 20 minutos (KUMAR et al., 2016b). Apresentando potencial efeito sobre exercícios de moderada a alta intensidade ( $\sim 75\%$   $VO_{2max}$ ) com aproximadamente 1 h de duração (SILVA et al., 2014; BRIETZKE et al., 2019), há uma recomendação para utilização desse recurso em provas curtas, de 30-75 min (JEUKENDRUP, 2014). Porém, ainda não está claro os possíveis benefícios do mesmo sobre exercícios de alta intensidade, como: *sprint* (BEAVEN et al., 2013; DORLING; EARNEST, 2013; BORTOLOTTI et al., 2013; PHILLIPS et al., 2014; SIMPSON et al., 2018; ROSSATO et al., 2019); salto vertical (VJ) (PRIBYSLAVSKA et al., 2016); salto contra movimento (CMJ) (CLARKE et al., 2017); exercícios de 1 RM (PAINELLI et al., 2011; CLARKE et al., 2015; CLARKE et al., 2017; DUNKIN; PHILLIPS, 2017; DECIMONI et al., 2018; BASTOS SILVA et al., 2019; KRINGS et al., 2019); número de repetições até a falha (PAINELLI et al., 2011; CLARKE et al., 2015; DUNKIN et al., 2017; CLARKE et al., 2017; DECIMONI et al., 2018; BASTOS SILVA et al., 2019; KRINGS et al., 2019; GREEN et al., 2020; PEREIRA et al., 2021; DURKIN et al., 2021; KARAYIGIT et al., 2021) volume de carga de treino (BASTOS SILVA et al., 2019); e, contração voluntária máxima (BAILEY et



al., 2018), por exemplo. Assim, os efeitos do bochecho seguem em investigação desde 2004 (CARTER et al., 2004b) até os dias atuais.

## **2.2 Um breve histórico sobre o bochecho de carboidrato**

Os benefícios da ingestão de carboidratos durante exercícios de *endurance* estão bem consolidados (COGGAN e COYLE, 1987; COYLE, 1992; JEUKENDRUP, 2008) e seus mecanismos envolvem a manutenção da glicemia e o efeito poupador de glicogênio (HAAWLEY, PALMER e NOAKES, 1997). Porém, ainda não está claro os benefícios dessa estratégia para exercícios relativamente mais curtos ( $\leq 1h$ ), tampouco, seus possíveis mecanismos de ação (JEUKENDRUP, 2014). Jeukendrup et al. (1997) observaram que em um período de, aproximadamente, 1 hora de exercício, apenas cerca de 5-15 gramas de CHO são oxidados, sendo uma quantidade insuficiente para melhorar o desempenho. Durante um contrarrelógio de 40 km, foram investigados os efeitos da infusão de glicose comparados à administração oral. Como resultado, a glicose disponível em abundância, foi captada ao ser infundida na circulação, mas nenhum efeito no desempenho foi encontrado (CARTER et al., 2004a). Esses achados sugerem que mesmo com a alta entrada de glicose no músculo, a concentração de glicose sanguínea não é um fator limitante em exercícios de alta intensidade, surgindo à ideia de que o CHO poderia exercer seus efeitos por meio de um mecanismo central, melhorando a capacidade motora ou a motivação, mediada por receptores orais (CARTER et al., 2004a).

Assim, Carter et al. (2004b) realizaram o estudo pioneiro a cerca do efeito do bochecho de CHO sobre o desempenho físico. Foi observado que o tempo de desempenho foi significativamente melhorado com o bochecho de maltodextrina em comparação com o bochecho de PLA em 9 ciclistas. Essa melhoria resultou em uma potência média significativamente mais alta durante a condição CHO em comparação com PLA, demonstrando que o bochecho de CHO tem um efeito positivo no desempenho no ciclismo contrarrelógio de 1 hora. Achados semelhantes em provas de ciclismo (POTTIER *et al.*, 2010; SINCLAIR *et al.*, 2014) e corrida (ROLLO *et al.*, 2008; ROLLO *et al.*, 2010; ROLLO *et al.*, 2011) contrarrelógio foram confirmados mais tarde (Figura 1).

### **2.2.1 Efeito do bochecho de CHO sobre o estado alimentado *versus* o jejum**

A partir dessa ideia pioneira de Carter et al. (2004a), Chambers et al. (2009) investigaram, através do uso de ressonância magnética, a resposta cortical à maltodextrina ou

glicose oral em comparação a solução PLA, que revelou um padrão semelhante de ativação cerebral em resposta às duas soluções de CHO, como áreas da ínsula/opérculo frontal, córtex orbitofrontal e estriado. Sugerindo que o bochecho de CHO, independente do nível de doçura, melhora o desempenho de exercícios, devido à ativação de regiões cerebrais envolvidas no controle motor e recompensa (CHAMBERS et al., 2009). Defendendo a ideia de que, a suplementação de CHO durante o exercício não se limita ao efeito metabólico, amplamente conhecido, mas também pode atuar de maneira central, capaz de modificar a produção motora (GANT et al., 2010).

Porém, nem todos os estudos encontraram resultados positivos quanto ao efeito do bochecho de CHO sobre a *performance* (BEELEN et al., 2009; WHITHAM; MCKINNEY, 2007), sugerindo que o tempo de jejum em comum entre essas investigações, 4h e 2h, poderia não ser o suficiente para a determinação do efeito. Ao investigar os impactos do bochecho de CHO, Carter et al. (2004) concluíram que o mesmo melhora o desempenho em um contrarrelógio de 1h, possivelmente, através do aumento de estímulos centrais mediados por receptores na cavidade oral. Contudo, os participantes estavam em um estado prévio de jejum, levantando a hipótese de que os benefícios ergogênicos do bochecho de CHO não seriam perceptíveis em condições reais, onde habitualmente, os atletas realizam uma refeição prévia a competição (BEELEN et al., 2009). Para testar a hipótese, Beelen et al. (2009) analisaram, em um estado pós-prandial, se o bochecho de CHO influencia o desempenho de um contrarrelógio de 1h em um cicloergômetro. Não foram observadas diferenças na percepção subjetiva ao esforço (PSE), tempo de desempenho, nem na potência média, comparado à condição PLA. Assim, alguns estudos testaram se o efeito ergogênicos do bochecho de CHO poderia ser influenciado pelo prévio estado nutricional dos indivíduos ((FARES et al., 2011; GAM; GUELF; FOURNIER, 2013; LANE et al., 2013).

Para investigar o efeito do bochecho de CHO em condições de jejum e em estado alimentado, Fares et al. (2011) utilizaram uma amostra com 13 indivíduos não atletas. Diferente dos achados de Beelen et al. (2009), os autores observaram que o bochecho de CHO melhora a capacidade de resistência tanto em estado alimentado quanto em jejum, uma vez que bochechar líquido contendo maltodextrina reduziu a taxa média e máxima de esforço percebido e melhorou o tempo até a exaustão em ambos estados (FARES et al., 2011). Semelhantemente, a amostra de Lane et al. (2013) foi testada em um contrarrelógio de ciclismo de 60 minutos, sendo 2 ensaios em condição pós-prandial - 2h após uma refeição - e

2 ensaios após um jejum noturno. O desempenho foi melhorado em maior extensão quando a solução de CHO foi bochechada após o jejum noturno do que em estado alimentado; contudo, o desempenho ideal ocorreu quando o bochecho de CHO foi realizado em um estado alimentado (LANE et al., 2013).

Uma amostra de nove ciclistas foi investigada por Muhamed et al. (2014) durante o jejum de Ramadã, que é praticado do nascer ao pôr do sol, por aproximadamente, 29 a 30 dias. Devido às modificações nos padrões diurnos de sono, alimentação e treino, muitos atletas se sentem desencorajados durante esse período (BAHAMMAM, 2006). Assim, Muhamed et al. (2014) investigaram um contrarrelógio de 10Km em 3 condições: bochecho de CHO (CMR), bochecho de PLA (PMR) e ensaio sem bochecho (NOR) durante as últimas 2 semanas do Ramadã. Ambas as soluções bochechadas, CHO e PLA, proporcionaram efeitos ergogênicos, quando comparadas à condição NOR, em estado de jejum (MUHAMED et al., 2014). Em contrapartida, Bataineh et al. (2018) ao examinar o efeito do bochecho de CHO durante jejum Ramadã, observou um efeito principal, significativamente, maior do bochecho de CHO na velocidade pico e no tempo até a exaustão no tempo de corrida em esteira, quando comparado a bochecho de PLA e a condição sem bochecho. Em adicional, os efeitos do bochecho de CHO foram mais expressivos em estado de jejum e de depleção das reservas de glicogênio (ATAIDE-SILVA et al., 2016), passando a ser o bochecho de CHO uma alternativa nutricional relevante a ser utilizada nessas condições (BATAINEH et al., 2018).

### **2.2.2 Concentração da solução e tempo de duração do bochecho**

Na sequência, além do tempo de jejum, a duração com a qual o bochecho é executado também foi testada. Para investigar se a duração do bochecho de CHO influenciaria o desempenho de um teste de ciclismo auto selecionado, Sinclair et al. (2014) submeteram uma amostra de onze participantes a 3 condições: bochecho de PLA durante 5 s, bochecho de CHO a 6,4% durante 5 s e bochecho de CHO a 6,4% durante 10 s. A distância percorrida após bochechar CHO durante 10 s foi significativamente maior em comparação com PLA, em adicional, embora tenha tido maior distância percorrida com o bochecho de CHO por 5 s em comparação com o PLA (10 dos 11 participantes), ela foi significativa apenas com 10 s, o que levou os autores a acreditarem na dose resposta da duração do bochecho de CHO (SINCLAIR et al., 2014). Em adicional, como limitações potenciais do estudo, os autores sugeriram que o tamanho da amostra relativamente pequeno e a falta de uma condição de PLA de 10 s poderiam ter influenciado nos resultados do estudo (SINCLAIR et al., 2014). Assim, as

investigações quanto ao tempo de duração do bochecho de CHO sobre o desempenho se restringem a esse único estudo sendo necessária uma maior investigação para elucidar essa pergunta.

Para comparar a influência do bochecho de CHO em diferentes concentrações – 4%, 6% e 8% - no desempenho, Ispoglu et al. (2015) utilizaram um protocolo de contrarrelógio de 1h. Em um estado pós-prandial, os sujeitos bochecharam cada solução durante 5 segundos. Foram observadas diferenças significativa entre as condições de CHO e PLA. No entanto, não houve diferenças significativas no tempo de conclusão de prova entre as diferentes concentrações de CHO bochechada (ISPOGLOU et al., 2015). Mais tarde, em um contrarrelógio de 5Km de corrida, os participantes bochecharam, imediatamente antes do início e após cada 1Km, 25mL de maltodextrina a 3, 6 ou 12%, ou PLA, durante 10 s (Clarke et al., 2017). Independentemente da concentração, o CHO não influenciou no tempo de conclusão do contrarrelógio, sugerindo que o bochecho de CHO não possui efeito ergogênicos no desempenho de corrida de 5Km, independente da dose utilizada (CLARKE et al., 2017). Porém, a maioria dos estudos que observaram melhora de desempenho após bochecho, utilizaram uma concentração de 6-6,4% de CHO (POTTIER et al., 2010; CLARKE et al., 2017; DECIMONI et al., 2018; BASTOS SILVA et al., 2019; BAILEY et al., 2019;), sugerindo a ideia de que essa seria uma concentração suficiente para promover efeito.

### **2.2.3 Efeito do bochecho de CHO sobre exercícios de alta intensidade**

Além de ser investigado sobre exercícios contrarrelógio de ~1h à 70% $VO_{2máx}$ , o bochecho de CHO também passou a ser investigado sobre exercícios mais intensos, porém, com resultados ainda controversos. Chong, Guelfi e Fournier, (2011) investigaram a influência do bochecho de CHO no desempenho de um *sprint* máximo de 30 s, onde os participantes foram orientados a realizar um esforço máximo durante esse tempo, sob as condições: glicose a 7,1%, maltodextrina a 6,4%, água e sem bochecho. O bochecho de CHO não melhorou o desempenho de um *sprint* máximo. Considerando que em atividades menos intensas o bochecho de CHO tem baixa influência, os autores sugeriram que o protocolo de exercício utilizado não foi sensível o suficiente para constatar seus benefícios ergogênicos. Ainda, o bochecho de CHO não melhorou o desempenho de múltiplos *sprints* nem influenciou na PSE, sugerindo que o bochecho de CHO é incapaz de reduzir a PSE em protocolo de múltiplos *sprints* (DORLING e EARNEST, 2013).

Em uma amostra composta por nove jogadores de futebol, Bortolotti et al. (2013) investigaram o efeito ergogênicos do bochecho de CHO através de um teste composto por seis *sprints* de 40 m (ida/volta = 20 m + 20 m), separados por 20 s de recuperação passiva em três situações: bochecho de CHO ou PLA e controle (CON). Não houve diferença significativa no tempo do melhor *sprint*, média de tempo dos *sprints* nem no índice de fadiga (IF), entre as condições, sugerindo que o bochecho de CHO não melhora o desempenho de *sprints* repetidos (BORTOLOTTI et al., 2013). Bastos Silva et al. (2016) demonstraram que o bochecho de CHO não é capaz de manter a ativação neuromuscular do músculo vastolateral ao longo do tempo em exercícios de alta intensidade (a 110% de sua potência pico até o ponto de exaustão) mas é capaz de mantê-lo em exercícios de moderada intensidade (a 80% do ponto de compensação respiratória), uma vez que bochechar CHO não teve efeito sobre o tempo para exaustão durante o exercício de alta intensidade (CHO:  $177,3 \pm 42,2$  s; PLA:  $163,0 \pm 26,7$  s,  $p = 0,10$ ), mas o tempo para exaustão foi aumentado durante o exercício de moderada intensidade (CHO:  $76,6 \pm 19,7$  min; PLA:  $65,4 \pm 15,2$  min ;  $p = 0,01$ ) (BASTOS SILVA et al., 2016). Já Rossato et al. (2019), utilizando solução de maltodextrina a 6% ou PLA para bochecho, submetem dez corredores a um protocolo de exercício de corrida a uma velocidade equivalente a 100% do  $VO_{2máx}$  até a exaustão. Não foram encontradas diferenças significativas no tempo de exaustão entre as condições CHO e PLA (ROSSATO et al., 2019). Bastos Silva et al. (2017) também não observaram efeito benéfico do bochecho de CHO sobre exercícios de alta intensidade a 110% do pico de potência (PPO) em um cicloergômetro. Contudo, mesmo sem diferença significativa, a percepção subjetiva ao esforço foi menor e o tempo de exaustão foi 4,4% maior na condição CHO do que na condição PLA (BASTOS SILVA et al., 2017).

Diferentemente do exposto, em um protocolo de múltiplos *sprints* (5 x 6s), Beaven et al. (2013) observaram aumento da potência pico de *sprint* quando os indivíduos bochecharam CHO ou CHO e cafeína, quando comparado a condição PLA, concluindo que os bochechos de CHO e/ou cafeína aumentam rapidamente a produção de força muscular, beneficiando protocolos de exercícios de curta duração (BEAVEN et al., 2013). Doze homens fisicamente ativos, foram submetidos a um protocolo de bochechos múltiplos, 8 x 5 s, com uma solução contendo 25 mL de maltodextrina ou solução PLA. Após o bochecho, os indivíduos completaram um *sprint* de 30 s em um cicloergômetro. Dos doze, oito tiveram uma maior potência pico na condição CHO, comparado a PLA. Dessa forma, o bochecho múltiplo de

CHO pode melhorar, de forma significativa, a potência durante um *sprint* em cicloergômetro (PHILLIPS et al., 2014).

Para investigar o efeito do bochecho de CHO no desempenho de *sprint*, oito ciclistas treinados bochecharam 25 mL de CHO, proteína ou PLA. Manter líquido contendo CHO na cavidade oral, por determinado tempo, melhorou o desempenho comparado a PLA (3,8%), enquanto as diferenças entre proteína e PLA não eram claras (0,4%) (LUDEN et al., 2016). Em três ocasiões separadas, uma amostra de participantes bem treinados correram até a exaustão a 85% do  $VO_{2\text{máx}}$ , após receberem uma solução de CHO a 8% ou um PLA a cada 15 minutos para bochecho ou uma solução de CHO a 6% para ingerir. Como resultado, os participantes correram uma maior distância, tiveram um maior tempo até a exaustão, a capacidade de resistência e o desempenho foram melhorados quando os indivíduos ingeriram ou bochecharam CHO, comparado a PLA (FRAGA et al., 2017), corroborando com a hipótese de que o bochecho de CHO melhora o desempenho físico exercícios de alta intensidade. Ainda, em situação de jejum, o bochecho de CHO contribuiu para a melhoria na potência média ao final do *sprint* repetido, quando comparado a condição PLA, podendo ser útil para atletas que sentem desconforto gastrointestinal associado ao consumo de CHO durante o treino ou competição (SIMPSON et al., 2018).

Ao considerar que a presença de um líquido contendo CHO na cavidade oral excita regiões cerebrais, como o córtex motor, possibilitando que os indivíduos aumentem a velocidade de corrida, foi investigado o efeito do bochecho de CHO no desempenho de corrida intermitente de velocidade variável auto selecionada, onde onze jogadores de futebol bochecharam maltodextrina a 10% ou PLA, por 10 s (ROLLO et al., 2015), como resultado, foi encontrado melhora significativa na velocidade de corrida, comparado a PLA (ROLLO et al., 2015). Para investigar a influência do bochecho de CHO na corrida intervalada de alta intensidade (HIT), oito homens completaram três ensaios que consistiam em: cápsulas de PLA e bochecho de PLA; cápsulas de PLA e bochecho de CHO; cápsulas de cafeína e bochecho de CHO, em um protocolo de exercício de corrida em estado estacionário (SS) de 45 minutos (65%  $V.O_{2\text{máx}}$ ) seguido por HIT correndo até a exaustão (1 minuto a 80%  $V.O_{2\text{máx}}$  intercalado com 1 minuto de caminhada a 6 km / h). Como resultado obtido, a capacidade de HIT foi superior na condição cápsulas de cafeína e bochecho de CHO; e na condição cápsulas de PLA e bochecho de CHO, comparado à condição cápsulas de PLA e bochecho de PLA (KASPER et al., 2016). Corroborando com estudo anterior, Devenney et al.

(2018) utilizaram uma amostra de oito sujeitos, com um protocolo de corrida em estado estacionário (SS) de 45 min e um protocolo de exercício intervalado de alta intensidade (HIT), a 90% da velocidade máxima da esteira até a fadiga. De acordo com os achados, o CHO sozinho ou em adição à cafeína, atrasa o início da fadiga, quando comparado a PLA (DEVENNEY et al., 2018).

Jensen et al. (2015) foram os primeiros a demonstrar que em exercícios de força muscular máxima, como na CVM, em situação de fadiga, o bochecho de CHO atenuou o declínio da queda do torque pico quando comparado a condição PLA. Isso foi atribuído pelos autores à capacidade de aumentar, agudamente, a força em estado de fadiga. Os autores ainda descreveram que esses achados se aplicam em exercícios de curta duração e alta intensidade, como salto, corrida, levantamento de peso, contribuindo para melhora de desempenho (JENSEN et al., 2015). Em acordo, bochechar CHO, melhorou o desempenho isocinético e atenuou a queda do torque após tarefa fatigante em comparação a condição PLA (BAZZUCCHI et al., 2016). Após um contrarrelógio de ciclismo houve maiores diminuições na contração voluntária máxima, que caracteriza o nível de força que voluntário é capaz de alcançar em consequência da tensão muscular máxima, quando os indivíduos bochecharam previamente PLA, comparado a CHO, sugerindo que bochechar CHO atenua a fadiga neuromuscular (JEFFERS et al., 2015). Em contrapartida, essa atenuação da fadiga não influenciou na melhora no desempenho (JEFFERS et al., 2015). Bailey et al. (2019) demonstraram que, independentemente do CHO utilizado para o bochecho, a excitabilidade corticomotora permanece elevada imediatamente após e após 10 minutos da realização do bochecho de CHO, contribuindo para que a CVM dos quadríceps (rectus femoris) seja melhorada na sequência de um bochecho de CHO (BAILEY et al., 2019).

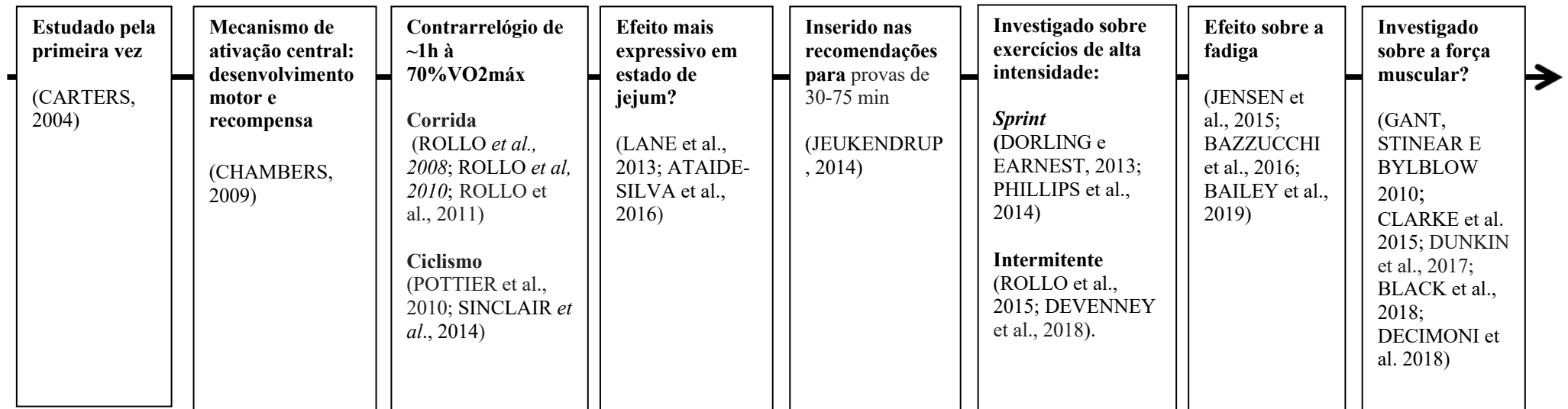
Devido ao seu potencial efeito sobre a força muscular e atenuação do desenvolvimento de fadiga, o bochecho de CHO também passou a ser investigado sobre exercícios de força (CLARKE et al., 2017). Para investigar, pela primeira vez, a influência do bochecho de CHO em exercícios de força, Gant et al. (2010) utilizaram a estimulação magnética transcraniana do córtex motor primário para analisar os efeitos ergogênicos na excitabilidade corticomotora e na produção de força voluntária. A partir dos registros do potencial evocado motor do primeiro interósseo dorsal direito em repouso ou durante a contração isométrica, quando os sujeitos bochechavam CHO ou PLA, observaram que bochechar CHO, aumenta, de forma aguda, a força muscular em exercícios intensos e de curta duração, como flexão isométrica

(GANT et al., 2010), possivelmente pela ativação de regiões cerebrais associadas a potência e força muscular. Clarke et al. (2015) conduziram um estudo para investigar o efeito do bochecho de CHO, sozinho ou em adicional à cafeína, em exercícios de força. Não houve diferença significativa sobre 1 RM, número de repetições realizadas e nem em volume total de treino, entre as condições experimentais. Em consenso com Clarke et al. (2015), Dunkin et al. (2017) não encontraram efeito do bochecho de CHO nem sobre 1 RM e nem sobre o número de repetições até a falha, em exercício de supino. Com protocolo de exercício mais completo, Decimoni et al. (2018) em uma amostra composta por mulheres verificou um maior número de repetições de agachamento, supino reto, supino militar, remada sentada foram realizadas, além de uma carga de volume total levantada significativamente maior quando realizaram o bochecho de CHO, comparado com PLA (DECIMONI et al., 2018).

A investigação da influência do bochecho de CHO sobre exercícios mais intensos têm aumentado. Alguns estudos apontaram benefícios da utilização do bochecho de CHO sobre o número de repetições até a falha (CLARKE et al., 2017; DECIMONI et al., 2018; BASTOS SILVA et al., 2019; PEREIRA et al., 2021; DURKIN et al., 2021); o volume de carga de treino (BASTOS SILVA et al., 2019); a força explosiva de membros inferiores através da altura do salto contramovimento (CLARKE et al., 2017); e, força máxima através de 1 repetição máxima (1RM) (DECIMONI et al., 2018; KRINGS et al., 2019). Diferentemente, alguns estudos não observaram melhora sobre a força após o bochecho de CHO (PAINELLI et al., 2011; CLARKE et al., 2015; DUNKIN et al., 2017; GREEN et al., 2020; KARAYIGIT et al., 2021). Considerando a presença de dados conflitantes, o papel ergogênico do bochecho de CHO em exercícios de força ainda está em discussão.



**Fig. 1.** Linha do tempo dos estudos que avaliaram o efeito do bochecho de carboidratos sobre o desempenho físico.



### 2.3 Força muscular máxima

No meio desportivo, a força é caracterizada pela aptidão do músculo de produzir tensão, tensão essa chamada de contração muscular (HERTEHG et al., 1994). Para que haja contração muscular, é preciso haver interação entre as duas proteínas mais importantes do ponto de vista contráctil - o filamento da miosina com o da actina, que dependem dos fatores inibidores ou facilitadores da atividade muscular (MARQUES et al., 2002). Além dos fatores morfológicos, como o tipo da fibra muscular, comprimento das fibras e características que músculo esquelético possui em si (KUROKAWA et al., 2003), a força muscular desenvolvida depende também da capacidade que o indivíduo tem de ativar o sistema neuromuscular e a coordenação motora específica para que o músculo desempenhe a contração muscular de forma satisfatória, dessa forma, o treinamento de força pode ser exemplificado pela realização de um menor número de repetições de um determinado exercício, com uma elevada carga, objetivando um maior levantamento de peso em um menor número de repetições (KUJALA et al., 2019). É necessário que, antes do trabalho muscular mecânico, haja um estímulo nervoso, neuromuscular, que possibilite o desencadear do processo de contração muscular (BOSCO, 2007). Em adicional, há uma relação direta de que, quanto mais unidades motoras são recrutadas através do sistema neuromuscular, maior será a força produzida (MORITANI, 1993).

Na proporção em que uma carga ou resistência são aumentadas em um exercício, a velocidade de execução tende a diminuir (RAHARINOSY, 1988). Dessa forma, quanto maior a força do indivíduo, maior será a velocidade que ele será capaz de realizar tal trabalho (MARQUES et al., 2002). A Força muscular máxima é caracterizada pela capacidade que um músculo ou grupamento muscular têm de gerar tensão e força máxima (KUJALA et al., 2019), podendo ela ser ainda classificada em força máxima isométrica, exemplificada pela contração voluntária máxima (CVM), independentemente do tempo; ou força máxima concêntrica dinâmica ou excêntrica dinâmica, exemplificada pelo levantamento de uma carga elevada usando testes de uma repetição máxima (1 RM) (MARQUES et al., 2002).

Os testes de força isométrica ou dinâmica se baseiam na investigação do nível de força muscular que um indivíduo possui (BROWN; WEIR, 2001). A contração voluntária máxima, permite que a ativação voluntária de um determinado músculo, e sua capacidade máxima de gerar força durante a contração sejam estimadas, sendo um teste que possibilita a comparação de uma mesma pessoa em diferentes momentos, como por exemplo, antes e após uma intervenção (HAMILL; KNUTZEN, 2008). O resultado obtido através dos testes de força,

como através do teste de 1RM, viabiliza a elaboração de análises sobre o comportamento de diferentes grupos musculares, podendo ser utilizado em diversas populações, para avaliar a eficácia de uma intervenção estratégica que melhore, ou não, o desempenho em treinamentos de força (BROWN; WEIR, 2001).

#### **2.4 Resistência muscular**

Quando a velocidade é adicionada à força, é representada a capacidade de execução da força máxima no menor tempo possível, sendo esse evento denominado potência muscular (BOMPA, 2002). Os músculos são capazes de produzir o maior torque durante ações musculares excêntricas, seguidas por ações isométricas e concêntricas (WEINECK, 1999). Em adicional à força máxima e potencia muscular, têm-se a resistência muscular como outro componente da aptidão muscular. Tal resistência é caracterizada pela capacidade de um músculo ou grupamento muscular de sustentar repetidas contrações contra uma resistência, ou seja, capacidade do músculo de exercer força submáxima sucessiva, por determinado tempo, sendo influenciada pela capacidade do músculo de resistir à fadiga (KUJALA et al., 2019). De acordo com Frick et al., (1993), a resistência pode ser caracterizada pela habilidade do sistema neuromuscular de produzir e enviar o número máximo de impulsos nervosos sob condições de fadiga. Quanto maior o número de repetições máximas de determinado exercício que o indivíduo é capaz de realizar, maior a resistência muscular (KUJALA et al., 2019).

Para executar exercícios de resistência muscular, os indivíduos devem executar um maior número de repetições de um determinado exercício com cargas mais leves, levando em consideração que o músculo chegará a exaustão através do número de repetições executados (MARQUES et al., 2002). A intensidade do estímulo é determinada em porcentagem da repetição máxima em determinado exercício, e o volume do estímulo é caracterizado pelo número total de repetições realizadas pelo indivíduo, sendo a intensidade e o volume do estímulo os critérios da força de resistência muscular (MARQUES et al., 2002).

#### **2.5 Força muscular máxima e Resistência muscular *versus* Bochecho de CHO**

Os exercícios de força isométricos podem ser avaliados através da verificação das contrações, onde o tamanho do músculo se mantém constante (HAFF ET AL, 1997). Já os exercícios de força dinâmicos, são avaliados através de contrações nas quais um objeto de massa fixada é levantado contra a gravidade, sendo 1RM o padrão para se determinar a força dinâmica (SALE, 1991). Com relação aos exercícios de resistência muscular, tem-se o

número de repetições até a falha, onde os indivíduos são instruídos a realizar o máximo de repetições possível, com uma carga estabelecida previamente, sendo equivalente a determinada porcentagem de sua 1RM estimada (HAFF ET AL, 1997).

O estímulo precursor da força - seja ela isométrica, dinâmica ou de resistência - tem origem nos centros cerebrais, transmitindo mensagem ao córtex motor, onde o estímulo para a ativação muscular segue à medula espinhal ou tronco cerebral, onde através dos neurônios motores musculares, a mensagem enviada resulta na ativação das unidades motoras (FLECK; KRAEMER, 2006). Para que haja uma maior produção de força, o sistema neuromuscular deve ser estimulado à recrutar mais unidades motoras para que as mesmas, disparem frequências mais elevadas para produção de força (BOSCO, 2007).

Ao considerar que a produção de força muscular é iniciada nos centros cerebrais (FLECK; KRAEMER, 2006) e que, para aumentar a força deve haver um maior estímulo neural (BOSCO, 2007), o bochecho de CHO parece ter potencial efeito sobre a força e resistência muscular, uma vez que, manter líquido contendo CHO na boca ativa de regiões cerebrais como o córtex cingulado anterior, ínsula, opérculo frontal, córtex orbitofrontal, envolvidas no controle motor, motivação e recompensa, mediada por receptores orais (CHAMBERS et al., 2009), melhorando o desempenho em exercícios de força muscular (BAILEY et al., 2019), quando comparado às condições de bochecho de placebo ou controle (BAILEY et al., 2019).

O Bochecho de CHO aumentou significativamente o número de repetições até a falha em exercícios como supino, agachamento, leg press até a falha, quando comparado a condição bochecho de PLA (CLARKE et al., 2017; DECOMINI et al., 2018). Semelhante, uma amostra feminina aumentou o número total de repetições até a falha, após bochecho de CHO, em exercícios de supino horizontal, agachamento, supino reto, leg press e remo (PEREIRA et al., 2021). Assim, o bochecho de CHO exerce um efeito ergogênico em exercícios de resistência muscular (CLARKE et al., 2017; DECOMINI et al., 2018; PEREIRA et al., 2021).

De acordo com o exposto previamente, o bochecho de CHO pode ser uma valiosa estratégia nutricional utilizada para melhorar o desempenho neuromuscular em exercícios que envolvam intensas e repetidas contrações, podendo, assim, realizar mais trabalho, com maior carga (CLARKE et al., 2017; DECIMONI et al., 2018; BASTOS SILVA et al., 2019) e concluir os exercícios em menor tempo (FARES, 2011).

## **2.6 Considerações finais**

A recomendação de bochecho de CHO parece estar mais consolidada para exercícios de 30-75 min (JEUKENDRUP, 2014). Porém, como efeitos ergogênicos adicionais que caracterizam o bochecho de CHO, independente do nível de doçura, têm-se o aumento de força, de forma aguda, em exercícios intensos e de curta duração, como flexão isométrica (GANT et al., 2010) e número de repetições até a falha (CLARKE et al., 2017; DECIMONI et al., 2018; BASTOS SILVA et al., 2019; PEREIRA et al., 2021). De acordo com o exposto, parece ser promissor o potencial efeito do bochecho de CHO sobre a força e resistência muscular.

### 3 ARTIGO CIENTÍFICO PRINCIPAL

SILVA, I.G.R.O.; ARAÚJO, G.G.; ATAIDE-SILVA, T. **Effect of carbohydrate mouth rinse on muscle strength and muscle endurance: a systematic review with meta-analysis.** Revista Científica para a qual será submetido: European Journal of nutrition (Classificação A1, segundo os critérios do sistema *Qualis* da CAPES/Área de Nutrição).

## **Abstract**

### **Goal**

The present systematic review with meta-analysis analyzed studies that investigated the effect of carbohydrate (CHO) mouth rinse on muscle strength and muscle endurance in adults.

### **Methods**

A search was performed in the PubMed, SciELO, WoS, LILACS, CENTRAL and EMBASE databases, using the terms “carbohydrate mouth rinse” AND “exercise”. Sixteen randomized clinical trials were included. The average individual and general differences between the CHO and placebo conditions were calculated to assess maximal muscle strength using the 1 RM test; and, the muscle endurance using repetition test to failure. The meta-analysis was conducted using Review Manager 5.4 in order to aggregate, via a random-effects model, the standardized mean difference (SMD) between the effects CHO mouth rinse and placebo conditions on muscle strength and endurance tests. The results are reported as weighted means and 95% confidence intervals (CIs). Study characteristics are presented as mean  $\pm$  SD (mean difference), 95% CI,  $p < 0,05$ .

**Results:** All analyzed articles were classified as strong in accordance with the “QualSyst” tool. There are no studies that report a negative effect. In the meta-analysis, there was no significant difference for the overall effect of CHO mouth rinse on the maximal muscle strength; however, there was a significant positive effect on the muscular endurance in adults (mean difference = 1.55 number of repetitions, 95% CI -0.91 to 2.20 number of repetitions,  $z = 4.71$ ,  $p < 0.00001$ ).

### **Conclusion**

There was effect of the CHO mouth rinse on muscular endurance in adults but not on maximal muscle strength.

**Keywords:** maltodextrin, mouthwash, 1RM, maximum voluntary contraction, peak torque, repetition test

**Declarations****Funding**

Not applicable

**Conflicts of interest/Competing interests**

The authors declare that the research was carried out in the absence of any commercial or financial relationships that could be interpreted as a potential conflict of interest. The results of this study are presented in an honest and clear manner, without inappropriate data manipulation.

**Availability of data and material**

Not applicable

**Code availability**

Not applicable

**Ethics approval**

Not applicable

**Consent to participate**

Not applicable

**Consent for publication**

Not applicable



## Introduction

Carbohydrate (CHO) mouth rinse is characterized by the distribution in the oral cavity of a solution composed of CHO for a given period of time (5, 10, 10-15 and 20 s) [1–3]. Through the use of magnetic resonance it was observed that keeping a CHO solution in the oral cavity for some time, regardless of the level of sweetness, improves exercise performance, due to the activation of brain regions involved in motor control and reward [4]. It has been well described in the literature that CHO mouth rinsing can improve physical performance during exercises that last from 30 to 75 minutes [5–7][8], including systematic review [9] and meta-analysis [10]. But its effect on muscle strength is not yet clear.

Considering that the CHO mouth rinse is able to avoid the development of premature fatigue, increase the output of force and power, decrease the subjective perception to the effort [4, 11] and work as an alternative to minimize gastrointestinal problems reported after CHO ingestion during high intensity exercise [12, 13], the CHO mouth rinse is an interesting strategy to investigate muscle strength and muscle endurance. In a fatigue situation, the CHO mouth rinse attenuates the decrease in peak torque, due to the ability to sharply increase strength [14], suggesting that CHO rinsing attenuates neuromuscular fatigue [15], being able to improve performance in short duration and high intensity exercises, as muscle strength and muscle endurance tests [14]. Some studies have pointed out benefits of using CHO mouth rinse on the maximum strength through 1 maximum repetition (1RM) [1, 19]. Due to its potential effect attenuating fatigue development, CHO rinsing has also been investigated on muscle endurance [16, 17]; and, have showed benefits on number of repetitions until failure at a given percentage of maximal strength [1, 20]. On the other hand, after rinsing a solution containing CHO, neither improvements were observed in 1 RM nor in the total volume of bench press exercise [21].

However, as this is a more recent investigation, there is no meta-analysis available in the literature regarding the effect of carbohydrate mouth rinse on maximum strength and muscular endurance exercises. Hence, the question remains, can carbohydrate rinsing lead to improved performance in muscle strength and muscle endurance? Thus, the present systematic review with meta-analysis aimed to analyze the studies that investigated the effect of CHO mouth rinse on muscle strength and muscle endurance in adults.

## Methods

Studies that investigated the effect of carbohydrate rinsing on muscle strength and muscle endurance in adults were analyzed without time limit. The search was performed in April 2021 in the following databases: PubMed (National Library of Medicine National Institutes of Health), SciELO (Scientific Electronic Library Online), WoS (Web of science), SportsDiscus - EBSCO, LILACS (Latin Literature -American and Caribbean Health Sciences), CENTRAL (The Cochrane Central Register of Controlled Trials The Cochrane Library) and EMBASE. The descriptors used were “carbohydrate mouth rinse” and “exercise”, with logical operator “AND” used to combine the two descriptors and track publications. The articles are presented chronologically and only full articles were included in this review. Then, the analysis of duplicity across databases was carried out. There is no registered review protocol.

In the following step, titles and abstracts were read and articles of interest were selected to be read in full. The inclusion criteria used were: 1) being a randomized clinical trial published in a peer-reviewed journal; 2) having evaluated the effects of carbohydrate rinsing, with reported known concentration, on maximal muscle strength test, through 1RM (referring to the highest possible load lifted in a single maximal repetition) and muscle endurance, through the maximum number of repetitions performed under a given load (1 RM); 3) having used only carbohydrate, without association with another nutrient or compound with possible ergogenic effect; 4) having assessed healthy individuals aged 18 to 45 years.

The data extraction of the potential studies took place using the Mendeley desktop reference management software (version 1.19.4, Elsevier, Amsterdam “Netherland”) and was carried out by two researchers, independently, and the differences were resolved by consensus. Data were extracted from the studies regarding the study design, sample (i.e., n, sex, training level), exercise protocol, previous fasting time, mouth rinse solution, number and duration of the mouth rinse, maximal muscle strength (1 RM) or muscle endurance (maximal number of repetitions) and performance.

To assess the methodological quality of the selected articles, the “QualSyst” tool [22], which consists of a table with 14 items measuring various aspects of study quality, was used. The QualSyst tool generates one out three possible scores for each item (Yes = 2, Partial = 1 and No = 0). Items not applicable to a particular study design were marked “n/a” and were excluded from the calculation of the summary score. A final score was calculated as follows:

$$\text{Summary Score} = \text{Total sum} / \text{Total possible sum}$$

where Total sum was the number of “Yes” multiplied by 2 and Total possible sum was 28 (number of n/a x 2).

Quality interpretation was considered strong (summary score > 0.80), good (summary score between 0.71 and 0.79), adequate (summary score between 0.50 and 0.70) and limited (summary score < 0.50), as previously suggested [22].

### **Data analysis**

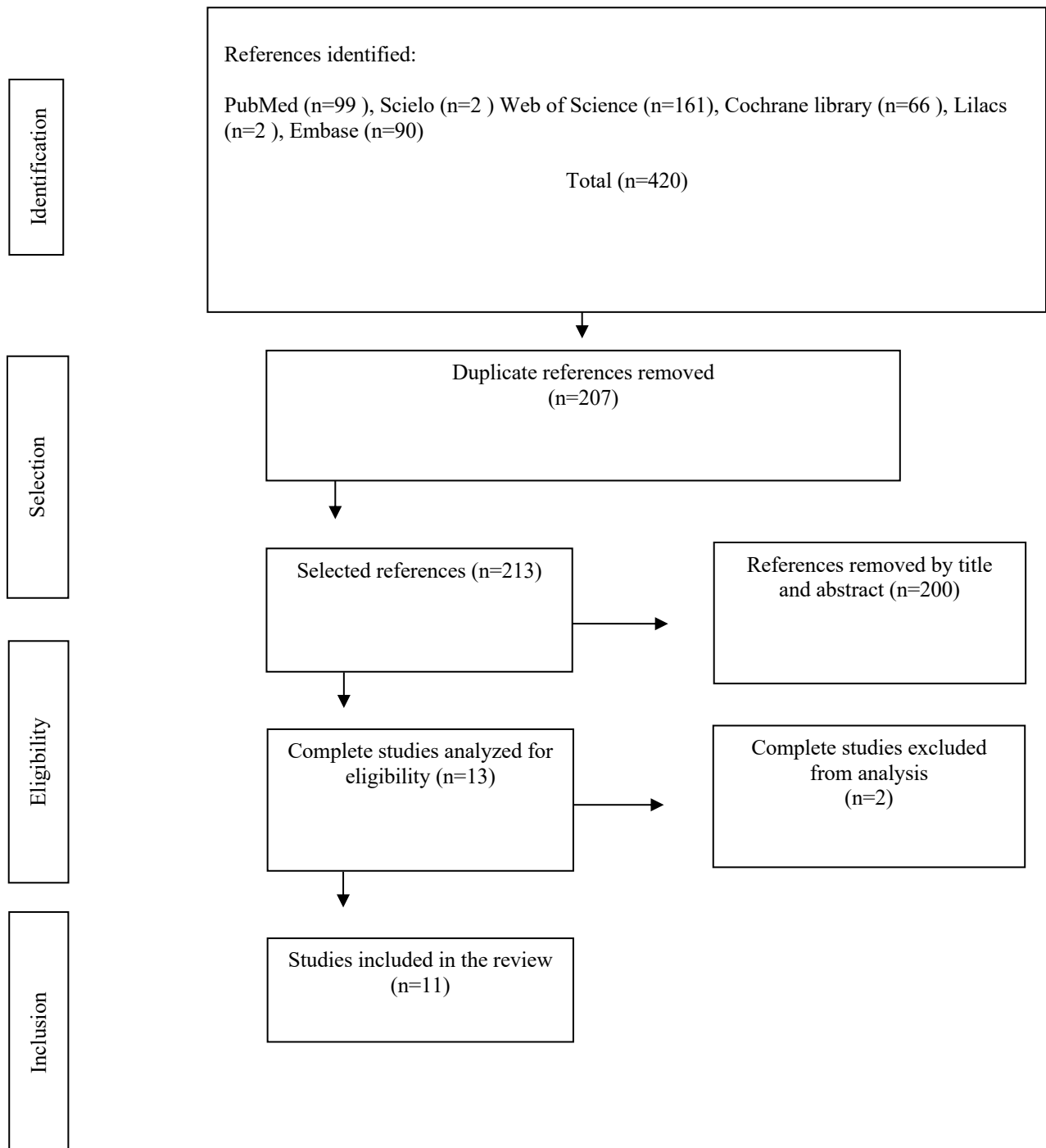
The average individual and general differences between the CHO and PLA mouth rinse were calculated to assess maximal muscle strength, through 1 RM test, and to assess muscle endurance, using total number of repetitions, where both maximal muscle strength and muscle endurance tests considered all muscle groups. To analyze the data, meta-analysis was conducted using Review Manager 5.4 (version 5.4, Cochrane Collaboration, Copenhagen, Denmark) in order to aggregate, via a random-effects model, the standardized mean difference (SMD) between the effects CHO mouth rinse and placebo conditions on muscle strength tests. The results are reported as weighted means and 95% confidence intervals (CIs). Unless otherwise mentioned, study characteristics are presented as mean  $\pm$  mean difference (SD), 95% CI,  $p < 0,05$ .

We requested and obtained it via email sent to the corresponding authors of some articles - [1, 21, 23–27] - important numerical data for some variables not described in the articles. The mean and / or standard deviation of some variables investigated in one article – number of repetitions until failure [2] - were described only in graphic form. As the numerical values were not obtained from the corresponding authors, the data were extracted using the WebPlotDigitizer - <https://apps.automeris.io/wpd/>. The graphic in question was extracted from the article, so it was inserted into the webplotdigitizer program. The analysis was performed considering the distance between points shown in the graph, where the authors indicate an initial scale and then the bar of the indicated variable. Thus, described previously, the program generates the value of the variable in question, starting from the initial point of the scale up to the height of the variable to be analyzed.

### **Results**

A summary of the search process can be seen in figure 1. In total, 420 articles were located until April 14, 2021. From these, 11 studies were included in the qualitative analysis (systematic review, tables 1, 2). Eleven studies were included in the quantitative analysis (meta-analyzes) [1, 2, 16, 19–21, 23–27].

**Fig. 1** Flowchart of study selection



**Table 1.** Summary of studies that evaluated the effect of carbohydrate rinsing on maximal muscle strength: maximal repetition (1RM).

Author, year, Reference	Study design	Sample (n, sex, TL)	Exercise protocol	Prior fasting time	Mouth rinse solution	Number and duration of mouth rinse	Maximal muscle strength (1 RM (Kg)	Performance
Painelli et al., [2]	CROSSOVER / DOUBLE-BLIND	12 M / PA	1RM bench press	8 h	25 mL before each 1RM test and before each series in the resistance test: PLA: water + sweetener (aspartame) CON: Without rinse DEX: 6,4% dextrose	7 x 10-15 s	PLA 101 ± 7.4 DEX=101 ± 7.2	=
Clarke et al., [21]	CROSSOVER / DOUBLE-BLIND	15 M / PA	1RM bench press	Feed state	25 mL before exercise: PLA: water CON: Without rinse MDX: 6% maltodextrin	1 x 10 s	PLA: 86 ± 17 MDX: 90 ± 17	=
Dunkin et al., [23]	CROSSOVER / DOUBLE-BLIND	11 M / PA	1RM bench press	Feed state	25 mL before exercise: PLA: water CON: Without rinse MDX: 18% maltodextrin	1 x 10 s	PLA 90.8 ± 19.0 MDX: 91.6 ± 19.6	=

Karayigit et al., [27]	CROSSOVER / DOUBLE-BLIND	16W/PA	1RM bench press	10 h	NR, before 1RM test: PLA: water + sweetener (sucralose) MDX low dose: 6% maltodextrin MDX moderate dose: 12% maltodextrin MDX high dose: 18% maltodextrin	2 x 10 s	PLA: 73.9 ± 6.8 MDX low dose: 74.2 ± 5.9 MDX moderate dose: 74.1 ± 6.8 MDX high dose: 74.4 ± 6.6	=
---------------------------	-----------------------------	--------	-----------------	------	---	----------	--	---

---

*N* number, *TL* training level, *M* man, *PA* physically active, *RM* maximum repetition, *h* hour, *PLA* placebo, *CON* control, *DEX* dextrose, *s* seconds, *MVC* maximal voluntary contractions, *MDX* maltodextrin, *EMG* electromyography, *NR* not referred, *GLU* glucose, *W* woman, *MAL* maltose, *FRU* fructose

**Table 2.** Summary of studies that evaluated the effect of carbohydrate rinsing on muscle endurance: total number of repetitions

Author, year, Reference	Study design	Sample (n, sex, TL)	Exercise protocol	Prior fasting time	Mouth rinse solution	Number and duration of mouth rinse	Muscle endurance (total number of repetitions)	Performance
Painelli et al., [2]	CROSSOVER / DOUBLE-BLIND	12 M / PA	6 x 70% 1RM bench press until failure	8 h	25 mL before each 1RM test and before each series in the resistance test: PLA: water + sweetener (aspartame) CON: Without rinse DEX: 6,4% dextrose	7 x 10-15 s	Set 1: PLA: 16.0 ± 1.4 DEX: 15.8 ± 1.6 Set 2: PLA: 9.3 ± 1.7 DEX: 9.1 ± 0.7 Set 3: PLA: 6.1 ± 2.1 DEX: 6.3 ± 1.1 Set 4: PLA: 5.1 ± 1.3 DEX: 5.1 ± 1.2 Set 5: PLA: 4.6 ± 1.4 DEX: 4.8 ± 0.9 Set 6: PLA: 4.3 ± 0.9 DEX: 4.7 ± 1.1	=
Clarke et al., [21]	CROSSOVER / DOUBLE-BLIND	15 M / PA	60% 1RM bench press until failure	Feed state	25 mL before exercise: PLA: water CON: Without rinse MDX: 6% maltodextrin	1 x 10 s	PLA: 22 ± 5 MDX: 21 ± 5	=

=

↑

↑

Dunkin et al., [23]	CROSSOVER / DOUBLE-BLIND	11 M / PA	40% 1RM bench press until failure	Feed state	25 mL before exercise: PLA: water CON: Without rinse MDX: 18% maltodextrin	1 x 10 s	PLA: 39.9 ± 4.2 MDX: 40.5 ± 5.3
Clarke et al., [16]	CROSSOVER / NR	12 M / PA	60% 1RM bench press and back squat until failure	11 h	25mL before each exercise: PLA: water CON: Without rinse MDX: 6% maltodextrin	5 x 10 s	<i>Bench press</i> PLA: 24 ± 4 MDX: 25 ± 3  <i>Back Squat</i> PLA: 29 ± 5 MDX: 31 ± 4  <i>Half Squat</i> PLA: 23.6 ± 2.2 MDX: 27.4 ± 2.8  <i>Leg Press</i> PLA: 24.1 ± 2.3 MDX: 27.4 ± 3.4
Decimoni et al., [1]	CROSSOVER / DOUBLE-BLIND	15 W / PA	2 x 10 1RM half squat, leg press, chest press, military press, seated row until failure	8 h	100 mL before and halfway through each experimental test : PLA: commercial non- caloric sweetener (aspartame and saccharin) MDX: 6% maltodextrin	2 x 10 s	<i>Chest Press</i> PLA: 25.6 ± 4.7 MDX: 30.1 ± 6.4  <i>Military Press</i> PLA: 23.9 ± 2.3 MDX: 27.8 ± 4.5  <i>Seated Row</i> PLA: 25.8 ± 4.7 MDX: 28.7 ± 3.3



Bastos-Silva VJ1, Prestes J2, Geraldés AAR1, [17]	CROSSOVER / NR	12 M / PA	80% 1RM bench press and leg press until failure	2 h	25 mL before each exercise: PLA: juice without CHO CON: Without rinse MDX: 6,4% maltodextrin	1 x 10 s	<i>Bench press</i> PLA: $7.1 \pm 2.4$ MDX: $8.2 \pm 1.6$  <i>Leg press</i> PLA: $11.5 \pm 4.4$ MDX: $13.5 \pm 4.8$	↑
Krings et al., [19]	CROSSOVER / DOUBLE-BLIND	17 M / PA	70% 1RM bench press, bent-over row, incline bench press, close-grip row, hammer curls, skull crushers until failure	10 h	25 mL after warm up and before each experimental test: PLA: sweetener (NR) / ≅flavor, color and aroma GLU/FRU (2:1): 6% glucose e fructose	9 x 10 s	<i>Bench Press</i> PLA: $28 \pm 5$ GLU/FRU: $29 \pm 6$  <i>Bent-over Row</i> PLA: $40 \pm 7$ GLU/FRU: $40 \pm 6$  <i>Incline Press</i> PLA: $23 \pm 5$ GLU/FRU: $22 \pm 5$  <i>Close-grip Row</i> PLA: $39 \pm 6$ GLU/FRU: $39 \pm 6$  <i>Hammer Curl</i> PLA: $26 \pm 4$ GLU/FRU: $27 \pm 4$  Skull Crushers	=

PLA:  $27 \pm 4$   
 GLU/FRU:  $27 \pm 5$

Green et al., [24]	CROSSOVER / DOUBLE-BLIND	36 (18 W and 18 M) / PA	60% 1 RM bench press until failure	12 h	25 mL before each experimental test: PLA: juice without CHO WAT: water MDX: 6,4% maltodextrin	4 x 10 s	PLA: $19.0 \pm 0.7$ MDX: $18.7 \pm 0.8$	=
Pereira et al., [25]	CROSSOVER / DOUBLE-BLIND	29 W / PA	3 x 10 1RM squat, leg press, bench press, shoulder press, and row until failure	8 h	100mL, before exercise: PLA: placebo solution NR MDX: 6% maltodextrin	1 x 10 s	<p><i>Squat</i>            PLA: <math>31.9 \pm 4.4</math>            MDX: <math>37.9 \pm 7.4</math></p> <p><i>Leg press</i>            PLA: <math>33.9 \pm 2.7</math>            MDX: <math>37.3 \pm 4.5</math></p> <p><i>Bench press</i>            PLA: <math>28.6 \pm 2.6</math>            MDX: <math>34.3 \pm 7.9</math></p> <p><i>Shoulder press</i>            PLA: <math>24.6 \pm 3.4</math>            MDX: <math>32.3 \pm 7.7</math></p> <p><i>Row</i>            PLA: <math>28.7 \pm 2.7</math>            MDX: <math>32.7 \pm 4.9</math></p>	↑

Durkin et al., [26]	COUNTERBALANCED / SINGLE-BLIND	12 M / PA	6 x 40% 1 RM squat and bench press until failure	2 h	25mL, 30 s before beginning each experimental test: PLA: (taste-matched sucralose solution, MDX: 6.4% maltodextrin	1 x 10 s	<i>Squat</i> PLA: 92±16 MDX: 107±26  <i>Bench press</i> PLA: 115 ± 22 MDX: 120 ± 24	↑
Karayigit et al., [27]	CROSSOVER / DOUBLE-BLIND	16W/PA	40% 1RM bench press until failure	10 h	NR, before exercise: PLA: water + sweetener (sucralose) MDX low dose: 6% maltodextrin MDX moderate dose: 12% maltodextrin MDX high dose: 18% maltodextrin	2 x 10 s	PLA: 37.9 ± 5.2 MDX low dose: 38.3 ± 4.5 MDX moderate dose: 38.7 ± 4.8 MDX high dose: 39.4 ± 4.2	=

*N* number, *TL* training level, *M* man, *PA* physically active, *RM* maximum repetition, *h* hour, *PLA* placebo, *CON* control, *DEX* dextrose, *s* seconds, *MVC* maximal voluntary contractions, *MDX* maltodextrin, *EMG* electromyography, *NR* not referred, *GLU* glucose, *W* woman, *MAL* maltose, *FRU* fructose

### Methodological quality

Analysis of methodological quality is described in table 3. The two independent reviewers attributed the same overall score for the 11 (100%) articles. All 11 selected articles were classified as strong.





**Table 3** continued

Conclusions supported by the results?	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Summary score	28/28	28/28	24/28	28/28	28/28	24/28	28/28	28/28	28/28	26/28	28/28
Overall Quality score	1.00	1.00	0.86	1.00	1.00	0.86	1.00	1.00	1.00	0.93	1.00

*Quality interpretation:* all studies were classified as strong (i.e., overall quality score > 0.80)

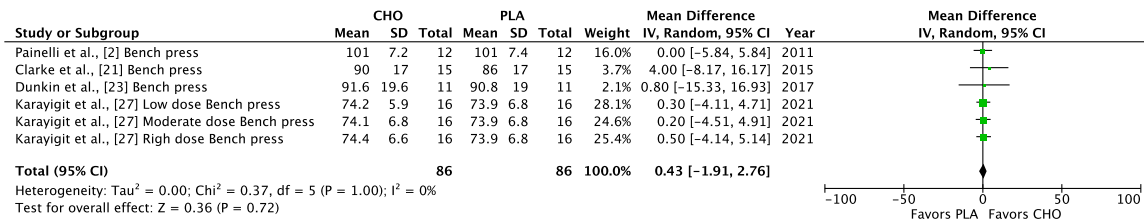
**Meta-analysis**

**Maximal muscle strength - 1 RM test**

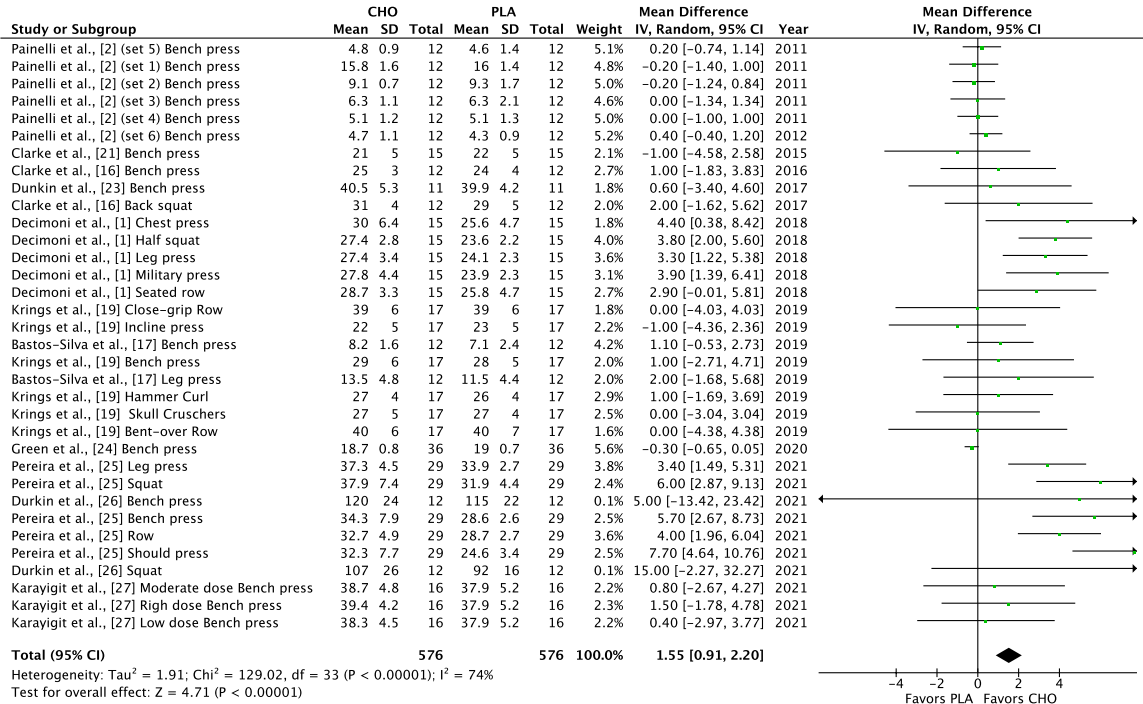
A total of 4 studies (86 subjects) were analyzed (Figure 2). There was no significant difference in the 1 RM test between the CHO mouth rinse and PLA mouth rinse condition, demonstrating that the CHO mouth rinse had no effect on maximal muscle strength (mean difference = 0.43 kg, 95% CI - 1.91 to 2.76 kg,  $z = 0.36$ ,  $p = 0.72$ ).

**Muscle endurance – Number of repetitions until failure**

A total of 11 studies (576 individuals) were analyzed (Figure 3). There was significant difference in the number of repetitions until failure between the CHO mouth rinse and PLA mouth rinse conditions, demonstrating that the CHO mouth rinse had a significant effect on muscle endurance (mean difference = 1.55 number of repetitions, 95% CI 0.91 to 2.20 number of repetitions,  $z = 4.71$ ,  $p < 0.00001$ ), although there was a large heterogeneity between the studies ( $I^2 = 74\%$ ).



**Fig. 2** The general effect of carbohydrate mouth rinse on the 1 RM (kg) test



**Fig. 3** The general effect of carbohydrate rinsing on the number of repetitions until failure in the muscle endurance exercises

**Discussion**

In this systematic review, 11 randomized clinical trials were included, totaling a sample of 187 volunteers. Based on the “QualSyst” tool [22], 100% of the studies were classified as strong (table 3). The studies that investigated 1RM found no improvement, but neither study reported a negative effect of CHO mouth rinse (table 1). Regarding the number of repetitions until failure, 45.45% found improvement (table 2). Interestingly, the main finding of the present meta-analysis was that no significant difference in the 1RM test but, there was significant difference in the number of repetitions until failure between the CHO mouth rinse and PLA mouth rinse conditions, demonstrating that the CHO mouth rinse had a significant effect on muscle endurance.

**Maximal muscle strength**

There was no positive effect CHO mouth rinse for the 1RM tests [2, 21, 23, 27]. According to the findings of Dunkin et al.[23], CHO mouth rinse does not increase maximum muscle strength in recreational trained individuals. Even when the mouth rinse was performed before the repetition tests, CHO did not enhance performance [23]. In a study carried out with a sample of sixteen resistance-trained females, immediately prior to every 1-RM test participants rinsed their mouth with their respective



experimental solution – placebo, CHO mouth rinse 6%, 12% and 18%. Despite rinsed with different doses of CHO, CHO mouth rinse had no effect on maximal muscle strength [27]. The 1 RM is a punctual test, usually performed before another exercise, such as before the number of repetitions until failure, so that a percentage of the load used in 1RM is then used [29]. For this reason, it is not a strength test long or intense enough to generate central fatigue, and it may not be a sensitive enough test for the CHO mouth rinse effects to be expressive [23].

#### **Muscle endurance – Number of repetitions until failure**

According to Painelli et al. [2], the individuals performed six series of repetitions until failure at 70% of 1 RM, with 2-minute intervals between each series, but no different results were found between conditions, even with multiple administrations of CHO mouth rinse [2]. However, it would not be representative of the training scenario since the sessions performed involved only one exercise [1]. Even using a multiple exercise protocol, as Krings et al. [19] analyzed 70% 1RM until failure in bench press, bent-over row, incline bench press, close-grip row, hammer curls, skull crushers and yet, there were no differences between the total number of repetitions until failure or the total session volume between CHO and PLA conditions [19]. Seeking to determine an ergogenic effect of CHO mouth rinse immediately before and during a bout of strenuous upper-body resistance exercise, eighteen male and eighteen female performed repetitions to failure at 60% 1RM. As result, there was no significative different between water, placebo or 6.4% maltodextrin conditions [24]. Also, to investigate the influence of CHO mouth rinse on muscle endurance, Karayigit et al. [27] found through a female sample that number of repetitions until failure were not significantly different between CHO and placebo conditions. Despite all four studies carried out multiple mouth rinse, they did not find an ergogenic effect when the samples mouth rinsed CHO[2, 19, 24, 27].

On the other hand, other studies have found improvement in performance. Clarke et al. [16] observed that, when performed on an eleven-hour fast, there was an significantly increase in the number of repetitions in the bench press and back squat after CHO than in the PLA condition. The individual repetitions until the bench press failure shows that 75% of the participants performed a greater number of repetitions after the CHO mouth rinse [16]. Twenty-nine physically active women showed a significant improvement in the total repetitions until failure for squat, leg press, bench press, shoulder press, and row exercises on the CHO mouth rinse when compared to placebo [25]. The number of repetitions until failure in the squat exercise, was significant greater in CHO mouth rinse when compared with placebo mouth

rinse [26], agreeing with studies that investigated the ergogenic effects of CHO mouth rinse on muscle endurance when performed in a fasted state [1, 16, 25]. In a study conducted with women, Decimoni et al. [1] performed a repetition protocol until failure and observed an increase of ~ 12% in the volume of the training session, while they observed reductions in the subjective perception of effort, when they performed the CHO mouth rinse compared to the PLA situation. When investigating the influence of CHO mouth rinse, Bastos Silva et al.[20] observed that CHO mouth rinse was associated with better performance in the bench press with an intensity of 80% of 1-RM, but there was no difference in performance between the conditions in the leg press exercise [20].

There are some possibilities for the different results found between the studies, such as the different percentage of the RM load. In Bastos Silva et al.[20], the exercise was performed using 80% of 1RM, while in Painelli et al.[2] the exercises were performed with 70% of 1 RM and in Clarke et al. [16] with 60% of 1 RM. Considering that lower imposed intensities can lead to a greater number of repetitions and higher speeds of execution can be achieved, the variation of the intensities established in the different protocols may have influenced the difference between the findings of the studies [20]. Although most studies have used a sample made up of men only [1, 2, 16, 17, 19, 21, 23, 26], some studies have chosen to use a mixed sample, made up of men and women [24], while others have only a female sample [1, 25, 27]. This difference in the composition of the sample used by each study, may also have contributed to the heterogeneity of the results found. Another possible difference between the findings would be the level of training of the participants, where in well trained individuals it could have greater influence of the CHO mouth rinse, where ergogenic effect was observed. The volunteers of Painelli et al.[2], Clarke et al. [21] and Dunkin et al.[23] were trained recreationally, on the other hand, in the study by Bastos Silva et al. [20], individuals were well trained, having at least two years of experience in resistance training.

Differently from the Durkin et al. [26] findings that observed that CHO mouth rinse increase muscle endurance exercise capacity in a glycogen-lowered state, some studies have failed to demonstrate a significant ergogenic effect of CHO mouth rinse during muscle endurance [19, 21, 23, 24, 31], but none of them did the research by submitting the sample a glycogen-lowered state [26]. Thus, this results suggests that the effect of CHO mouth rinse during muscle endurance is moderated by carbohydrate availability [26]. The general differences in the supplementation protocols, the type and time of training of the subjects can explain the differences in the results on the strength performance [19].

Very short strength exercises that use a single exercise protocol, such as 1RM test, may not be sensitive enough for the ergogenic effects of CHO mouth rinse to be observed [30]. In contrast, muscle endurance exercises that use more robust protocols, that is, that group different exercises, the CHO mouth rinse has a positive effect [1, 25]. Since resistance is characterized by the ability of a muscle or muscle group to sustain repeated contractions against resistance, for a certain time, being influenced by the muscle's ability to resist fatigue [29] and that, resistance may be characterized by the ability of the neuromuscular system to produce and send the maximum number of nerve impulses under fatigue conditions [29], possibly because the CHO mouth rinse mechanism of action is central, it acts as a neural stimulus, activating brain regions compromised in this type of exercise [4], thus recruiting more motor units, improving motor control, decreasing subjective effort perception, attenuating fatigue and thus improving muscle endurance [1, 4, 16, 17, 25, 26].

Although only randomized clinical trials using strength exercises were included, the difference between the protocols - maximum repetitions, different % of 1RM - established in each study, can be considered a limitation of the present review. Another possible limitation are the different mouth rinse protocols used, where the effectiveness of the CHO mouth rinse can be directly related to the exposure time in the oral cavity, where the longer the permanence (10 s x 5 s) of the CHO solution in the oral cavity the greater the effect [7], and the effects of mouth rinse on muscle function may be short-lived [14]. Therefore, the time between administrations must be considered. Once the ergogenic effects of the CHO mouth rinse are more expressive in a fasting state [32, 33], allowing the physical performance to be improved to a greater extent after the CHO mouth rinse when the subjects perform a previous fast than when they are in a fed state [33]. Knowing that, in endurance exercises, fasting CHO mouth rinse can have a marked ergogenic effect [33], another aspect is worthy of reflection, the difference in the prandial state of the participants, which can influence the response to the mouth rinse of CHO. The subjects of Painelli et al. [2], Clarke et al. [16], Decimoni et al. [1], Krings et al. [19], Green et al. [24], Pereira et al. [25] and Karayigit et al. [27] fasted during the night before the test, while the study by Clarke et al. [21], Dunkin et al. [23], Bastos Silva et al. [17], Durkin et al. [26], did not.

### **Conclusion**

In the present systematic review, of the 11 studies analyzed, those that investigated 1RM found no difference between the CHO and PLA mouth rinse conditions; among the eleven studies that observed the number of repetitions until failure, five observed a positive effect of CHO mouth rinse. In the meta-analysis, there was no significant difference in maximum muscle strength (1 RM). Otherwise, there was a

significant difference in muscle endurance (number of repetitions until failure) in the CHO mouth rinse condition when compared to the PLA condition, demonstrating that the CHO mouth rinse has a significant ergogenic effect on muscle endurance, but not on maximum muscle strength.

## References

1. Decimoni LS, Curty VM, Almeida L, et al (2018) Carbohydrate mouth rinsing improves resistance training session performance. *Int J Sports Sci Coach* 13:804–809. <https://doi.org/10.1177/1747954118755640>
2. Painelli VS, Roschel H, Gualano B, et al (2011) The effect of carbohydrate mouth rinse on maximal strength and strength endurance. *Eur J Appl Physiol* 111:2381–2386. <https://doi.org/10.1007/s00421-011-1865-8>
3. James, Ritchie Ir and J (2017) No Dose Response Effect of Carbohydrate Mouth Rinse on Cycling Time Trial Performance. *Int J Sport Nutr Exerc*
4. Chambers ES, Bridge MW, Jones DA (2009) Carbohydrate sensing in the human mouth: Effects on exercise performance and brain activity. *J Physiol* 587:1779–1794. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2008.164285>
5. Carter JM, Jeukendrup AE, Jones DA (2004) The effect of carbohydrate mouth rinse on 1-h cycle time trial performance. *Med Sci Sports Exerc* 36:2107–2111. <https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000147585.65709.6F>
6. Pottier A, Bouckaert J, Gilis W, et al (2010) Lavar a boca mas não a ingestão de uma solução de hidratos de carbono melhora a 1-h de tempo de ciclo de ensaio desempenho. 105–111
7. Sinclair J, Bottoms L, Flynn C, et al (2014) The effect of different durations of carbohydrate mouth rinse on cycling performance. *Eur J Sport Sci* 14:259–264. <https://doi.org/10.1080/17461391.2013.785599>
8. Jeukendrup A (2014) A step towards personalized sports nutrition: carbohydrate intake during exercise. *Sports Med* 44 Suppl 1:S25-33. <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0148-z>
9. de Ataíde e Silva T, de Souza ME, de Amorim JF, et al (2014) Can Carbohydrate Mouth Rinse Improve Performance during Exercise? A Systematic Review. *Nutrients* 6:1–10. <https://doi.org/10.3390/nu6010001>
10. Brietzke C, Franco-Alvarenga PE, Coelho-Júnior HJ, et al (2019) Correction to: Effects of Carbohydrate Mouth Rinse on Cycling Time Trial Performance: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Med*. 49:645
11. Jeukendrup AE (2013) Oral carbohydrate rinse: placebo or beneficial? *Curr Sports Med Rep* 12:222–227. <https://doi.org/10.1249/JSR.0b013e31829a6caa>
12. de Oliveira EP, Burini RC (2014) Carbohydrate-dependent, exercise-induced gastrointestinal distress. *Nutrients* 6:4191–4199. <https://doi.org/10.3390/nu6104191>
13. Simpson G, Pritchett R, O’Neal E, et al (2018) Carbohydrate Mouth Rinse Improves Mean Power During Multiple Sprint Performance. *Med Sci Sport Exerc* 49:582. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000518519.30542.29>
14. Jensen M, Stellingwerff T, Klimstra M (2015) Carbohydrate Mouth Rinse Counters Fatigue Related Strength Reduction. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 25:252–261. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.2014-0061>
15. Jeffers R, Shave R, Ross E, et al (2015) The effect of a carbohydrate mouth-rinse on neuromuscular fatigue following cycling exercise. *Appl Physiol Nutr Metab = Physiol Appl Nutr Metab* 40:557–564. <https://doi.org/10.1139/apnm-2014-0393>
16. Clarke ND, Hammond S, Kornilios E, Mundy PD (2017) Carbohydrate mouth rinse improves morning high-intensity exercise performance. *Eur J Sport Sci* 17:955–963. <https://doi.org/10.1080/17461391.2017.1333159>
17. Bastos-Silva VJ, Prestes J, Geraldes AAR (2019) Effect of Carbohydrate Mouth Rinse on Training Load Volume in Resistance Exercises. *J strength Cond Res* 33:1653–1657. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002092>
18. Gant N, Stinear CM, Byblow WD (2010) Carbohydrate in the mouth immediately facilitates motor output. *Brain Res* 1350:151-158. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2010.04.004>
19. Krings BM, Shepherd BD, Waldman HS, et al (2019) Effects of Carbohydrate Mouth Rinsing on Upper Body Resistance Exercise Performance. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 1-6. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.2019-0073>
20. Bastos-Silva VJ, Prestes J, Geraldes AAR (2019) Effect of carbohydrate mouth rinse on training load volume in resistance exercises. *J Strength Cond Res* 33:1653–1657. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002092>
21. Clarke ND, Kornilios E, Richardson DL (2015) Carbohydrate and Caffeine Mouth Rinses Do Not Affect Maximum Strength and Muscular Endurance Performance. *J strength Cond Res* 29:2926–2931. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000945>
22. Kmet LM, Cook LS, Lee RC (2004) STANDARD QUALITY ASSESSMENT CRITERIA for Evaluating Primary Research Papers from a Variety of Fields
23. Dunkin JE, Phillips SM (2017) The Effect of a Carbohydrate Mouth Rinse on Upper-Body Muscular Strength and Endurance. *J strength Cond Res* 31:1948–1953. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001668>
24. Green MS, Kimmel CS, Martin TD, et al (2020) Effect of Carbohydrate Mouth Rinse on Resistance Exercise Performance. *J strength Cond Res*. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003755>
25. Pereira PEA, Azevedo P, Azevedo K, et al (2021) Caffeine Supplementation or Carbohydrate Mouth Rinse Improves Performance. *Int J Sports Med* 42:147–152. <https://doi.org/10.1055/a-1212-0742>

26. Durkin M, Akeroyd H, Holliday A (2021) Carbohydrate mouth rinse improves resistance exercise capacity in the glycogen-lowered state. *Appl Physiol Nutr Metab = Physiol Appl Nutr Metab* 46:126–132. <https://doi.org/10.1139/apnm-2020-0298>
27. Karayigit R, Forbes SC, Naderi A, et al (2021) Different Doses of Carbohydrate Mouth Rinse Have No Effect on Exercise Performance in Resistance Trained Women. *Int J Environ Res Public Health* 18:. <https://doi.org/10.3390/ijerph18073463>
28. Assis Pereira PE, Azevedo P, Azevedo K, et al (2021) Caffeine Supplementation or Carbohydrate Mouth Rinse Improves Performance. *Int J Sports Med* 42:147–152. <https://doi.org/10.1055/a-1212-0742>
29. Kujala UM, Vaara JP, Kainulainen H, et al (2019) Associations of aerobic fitness and maximal muscular strength with metabolites in Young Men. *JAMA Netw Open* 2:. <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2019.8265>
30. Black CD, Schubert DJ, Szczyglowski MK, Wren JD (2018) Carbohydrate mouth rinsing does not prevent the decline in maximal strength after fatiguing exercise. *J Strength Cond Res* 32:2466–2473. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002444>
31. Painelli VS, Roschel H, Gualano B, et al (2011) The effect of carbohydrate mouth rinse on maximal strength and strength endurance. *Eur J Appl Physiol* 111:2381–2386. <https://doi.org/10.1007/s00421-011-1865-8>
32. Lane SC, Bird SR, Burke LM, Hawley JA (2013) Effect of a carbohydrate mouth rinse on simulated cycling time-trial performance commenced in a fed or fasted state. *Appl Physiol Nutr Metab = Physiol Appl Nutr Metab* 38:134–139. <https://doi.org/10.1139/apnm-2012-0300>
33. Ataide-Silva T, Ghiarone T, Bertuzzi R, et al (2016) CHO Mouth Rinse Ameliorates Neuromuscular Response with Lower Endogenous CHO Stores. *Med Sci Sports Exerc* 48:1810–1820. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000973>

**4 CONCLUSÃO**

A investigação da influência do bochecho de CHO sobre exercícios mais intensos tem aumentado. Considerando os possíveis efeitos do bochecho de CHO no desenvolvimento de fadiga prematura e no aumento da potência que contribuem para um melhor desempenho físico, o bochecho de CHO tem sido identificado como uma potencial estratégia para exercícios de força. Contudo, a presente revisão sistemática com metanálise apesar de ter observado efeito positivo do bochecho de carboidrato sobre a resistência muscular, o mesmo efeito não foi encontrado sobre a força muscular máxima.



## **5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- ATAIDE-SILVA, T. et al. CHO Mouth Rinse Ameliorates Neuromuscular Response with Lower Endogenous CHO Stores. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 48, n. 9, p. 1810–1820, set. 2016.
- BAILEY, S. P. et al. Impact of a Carbohydrate Mouth Rinse on Quadriceps Muscle Function and Corticomotor Excitability. **Int J Sports Physiol Perform**, p. 1-21, Jan 24 2019.
- BANASZEK, A. et al. The Effects of Whey vs. Pea Protein on Physical Adaptations Following 8-Weeks of High-Intensity Functional Training (HIFT): A Pilot Study. **Sports**, v. 7, n. 1, p. 12, 2019.
- BASTOS-SILVA, V. J. et al. Carbohydrate mouth rinse reduces rating of perceived exertion but does not affect performance and energy systems contribution during a high-intensity exercise. **Motriz: Revista de Educação Física**, v. 23, n. 3, 2017.
- BASTOS-SILVA, V. J.; PRESTES, J.; GERALDES, A. A. R. Effect of Carbohydrate Mouth Rinse on Training Load Volume in Resistance Exercises. **J Strength Cond Res**, v. 33, n. 6, p. 1653-1657, Jun 2019.
- BATAINEH, M.F. et al. Impact of Carbohydrate Mouth Rinsing on Time to Exhaustion During Ramadan: A randomized controlled trial in Jordanian men. **Eur J sport Sci**, v. 18, n. 6, p. 357-366, 2018.
- BAZZUCCHI, I. et al. Carbohydrate Mouth Rinsing: Improved Neuromuscular Performance During Isokinetic Fatiguing Exercise. **International journal of sports physiology and performance**, v. 12, n. 8, p. 1031–1038, set. 2016.
- BEELEN, M. et al. Carbohydrate mouth rinsing in the fed state: lack of enhancement of time-trial performance. **International journal of sport nutrition and exercise metabolism**, v. 19, n. 4, p. 400–409, ago. 2009.

BEAVEN, C. M. et al. Effects of caffeine and carbohydrate mouth rinses on repeated sprint performance. **Appl Physiol Nutr Metab**, v. 38, n. 6, p. 633-7, Jun 2013.

BLACK, C. D. et al. Carbohydrate Mouth Rinsing Does Not Prevent the Decline in Maximal Strength After Fatiguing Exercise. **Journal of strength and conditioning research**, v. 32, n. 9, p. 2466–2473, set. 2018.

BORTOLOTTI, H. et al. Enxágue bucal com carboidrato: recurso ergogênico capaz de otimizar o desempenho físico TT - Carbohydrate mouth rinse: an ergogenic aid able of optimizing the performance. **Rev. bras. cineantropom. desempenho hum**, v. 13, n. 2, 2011.

BORTOLOTTI, H. et al. Carbohydrate mouth rinse does not improve repeated sprint performance. **Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano**, v. 15, n. 6, p. 639–645, 2013.

BOSCO, C. A força muscular: Aspectos fisiológicos e aplicações práticas. **Phorte**. p. 504, 2007.

BRIETZKE, C. et al. Effects of Carbohydrate Mouth Rinse on Cycling Time Trial Performance: A Systematic Review and Meta-Analysis. **Sports Med**, v. 49, n. 1, p. 57-66, Jan 2019.

BROWN, L, E; WEIR, J, P. Recomendação de Procedimentos da ASEP I: Avaliação Precisa da Força e Potência Muscular. **Journal of Exercise Physiology**. v. 4, n. 3, p. 1-21, 2001.

CARTER, J. M.; JEUKENDRUP, A. E.; JONES, D. A. The effect of carbohydrate mouth rinse on 1-h cycle time trial performance. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 36, n. 12, p. 2107–2111, 2004.

CHE MUHAMED, A. M. et al. Mouth rinsing improves cycling endurance performance during Ramadan fasting in a hot humid environment. **Applied physiology, nutrition, and metabolism = Physiologie appliquee, nutrition et metabolisme**, v. 39, n. 4, p. 458–464, abr. 2014.

CHONG, E.; GUELFY, K. J.; FOURNIER, P. A. Effect of a carbohydrate mouth rinse on maximal sprint performance in competitive male cyclists. **Journal of science and medicine in sport**, v. 14, n. 2, p. 162–167, mar. 2011.

CLARKE, N. D.; KORNILIOS, E.; RICHARDSON, D. L. Carbohydrate and Caffeine Mouth Rinses Do Not Affect Maximum Strength and Muscular Endurance Performance. **Journal of strength and conditioning research**, v. 29, n. 10, p. 2926–2931, out. 2015.

CLARKE, N. D. et al. Carbohydrate mouth rinse improves morning high-intensity exercise performance. **Eur J Sport Sci**, v. 17, n. 8, p. 955-963, Sep 2017.

CHAMBERS, E. S.; BRIDGE, M. W.; JONES, D. A. Carbohydrate sensing in the human mouth: effects on exercise performance and brain activity. **J Physiol**, v. 587, n. Pt 8, p. 1779-94, Apr 15 2009.

DECIMONI, L. S. et al. Carbohydrate mouth rinsing improves resistance training session performance. **International journal of sports science & coaching**, v. 13, n. 5, p. 804–809, 2018.

DE OLIVEIRA, E.P.; BURINI, R.C. A. JEUKENDRUP, F. BROUNS, A.J. M. WAGENMAKERS, W. H. M. S. Carbohydrate-electrolyte feedings and 1h time trial cycling performance. **Int. J. Sports Med.**, v. 18, n. 2, p. 125–129, 1997.

DE OLIVEIRA, E. P.; BURINI, R. C. Carbohydrate-dependent, exercise-induced gastrointestinal distress. **Nutrients**, v. 6, n. 10, p. 4191-9, Oct 13 2014.

DEVENNEY, S.; MANGAN, S.; SHORTALL, M. K. C. Effects of carbohydrate mouth rinse and caffeine on high intensity interval 3 running in a fed state. **Appl Physiol Nutr Metab**, v. 43, n. 5, p. 517–521, 2018.

DORLING, J. L.; EARNEST, C. P. Effect of carbohydrate mouth rinsing on multiple sprint performance. **Journal of the international society of sports nutrition**, v. 10, 2013.

DUNKIN, J. E.; PHILLIPS, S. M. The Effect of a Carbohydrate Mouth Rinse on Upper-Body Muscular Strength and Endurance. **Journal of strength and conditioning research**, v. 31, n. 7, p. 1948–1953, jul. 2017.

DURKALEC-MICHALSKI, K. et al. The effect of chronic progressive-dose sodium bicarbonate ingestion on CrossFit-like performance: A double-blind, randomized cross-over trial. **Plos one**, v.

13, n. 5, p. 1–18, 2018.

DURKALEC-MICHALSKI, K.; NOWACZYK, P. M.; SIEDZIK, K. Effect of a four-week ketogenic diet on exercise metabolism in CrossFit-trained athletes. **Journal of the International Society of Sports Nutrition**, v. 16, n. 1, p. 1–15, 2019.

ESCOBAR, K. A.; MORALES, J.; VANDUSSELDORP, T. A. The Effect of a Moderately Low and High Carbohydrate Intake on Crossfit Performance. **International journal of exercise science**, v. 9, n. 4, p. 460–470, 2016.

FARES, E.-J. M.; KAYSER, B. Carbohydrate mouth rinse effects on exercise capacity in pre- and postprandial States. **Journal of nutrition and metabolism**, v. 2011, p. 385962, 2011.

FRAGA, C. et al. Carbohydrate mouth rinse enhances time to exhaustion during treadmill exercise. **Clinical physiology and functional imaging**, v. 37, n. 1, p. 17–22, jan. 2017.

GAM, S.; GUELFY, K. J.; FOURNIER, P. A. Opposition of carbohydrate in a mouth-rinse solution to the detrimental effect of mouth rinsing during cycling time trials. **International journal of sport nutrition and exercise metabolism**, v. 23, n. 1, p. 48–56, fev. 2013.

GANT, N.; STINEAR, C. M.; BYBLOW, W. D. Carbohydrate in the mouth immediately facilitates motor output. **Brain research**, v. 1350, p. 151-158, 2010.

GREGORY, R. M. A. Low-Carbohydrate Ketogenic Diet Combined with 6-Weeks of Crossfit Training Improves Body Composition and Performance. **International Journal of Sports and Exercise Medicine**, v. 3, n. 2, 2017.

HAFF G. G. et al. Force-time dependent characteristics of dynamic and isometric muscle actions. **J Strength Cond Res**.v. 11, p. 269-72, 1997.

HAMIL, J; KNUTZEN,K, M. Bases Biomecânicas do Movimento Humano. **Manole**. v. 2, 2008.

HERTOGH, C. et al. Méthodes de Mesure et Valeurs de Référence de la Puissance Maximale Développée lors D'Efforts Explosifs. **Cinesiologie**, XXXIII, v. 157, p. 133-140, 1994.

- ISPOGLOU, T. et al. Mouth rinsing with carbohydrate solutions at the postprandial state fail to improve performance during simulated cycling time trials. **The Journal of Strength and Conditioning Research**, 2015.
- JACKSON, A. S.; POLLOCK, M. L. Generalized equations for predicting body density of men. **British Journal of Nutrition**, v. 40, n. 03, p. 497, nov. 1978.
- JAMES, RITCHIE, IR. AND J. No Dose Response Effect of Carbohydrate Mouth Rinse on Cycling Time Trial Performance. **International Journal of Sport Nutrition and Exercise**, 2017.
- JEFFERS, R. et al. The effect of a carbohydrate mouth-rinse on neuromuscular fatigue following cycling exercise. **Applied physiology, nutrition, and metabolism = Physiologie appliquee, nutrition et metabolisme**, v. 40, n. 6, p. 557–564, jun. 2015.
- JENSEN, M.; STELLINGWERFF, T.; KLIMSTRA, M. Carbohydrate Mouth Rinse Counters Fatigue Related Strength Reduction. **International journal of sport nutrition and exercise metabolism**, v. 25, n. 3, p. 252–261, jun. 2015.
- JEUKENDRUP, A., BROUNS, F., WAGENMAKERS, A.J. M. Carbohydrate-electrolyte feedings and 1h time trial cycling performance. **Int. J. Sports Med.**, v. 18, n. 2, p. 125–129, 1997.
- JEUKENDRUP, A. A step towards personalized sports nutrition: carbohydrate intake during exercise. **Sports Med**, v. 44 Suppl 1, p. S25-33, May 2014.
- JEUKENDRUP, A. E. Oral Carbohydrate Rinse: Placebo or Beneficial? **Nutrition & Ergogenic Aids**, v. 12, n. 4, p. 222 - 227, 2013.
- KASPER, A. M. et al. Carbohydrate mouth rinse and caffeine improves high-intensity interval running capacity when carbohydrate restricted. **European Journal of Sport Science**, v. 16, n. 5, p. 560–568, 2016.
- KEPHART, W. et al. The Three-Month Effects of a Ketogenic Diet on Body Composition, Blood Parameters, and Performance Metrics in CrossFit Trainees: A Pilot Study. **Sports**, v. 6, n. 1, p. 1,

2018.

KHONG, T. K.; SELVANAYAGAM, V.; YUSOF, A. Effect of glucose and sodium chloride mouth rinses on neuromuscular fatigue: a preliminary study. **European journal of sport science**, p. 1–7, fev. 2020.

KRAMER, S. J. et al. The effect of six days of dietary nitrate supplementation on performance in trained CrossFit athletes. **Journal of the International Society of Sports Nutrition**, v. 13, n. 1, p. 1–7, 2016.

KRINGS, B. M. et al. Effects of Carbohydrate Mouth Rinsing on Upper Body Resistance Exercise Performance. **International journal of sport nutrition and exercise metabolism**, p. 1-6, 2019.

KUMAR, N. et al. Carbohydrate ingestion but not mouth rinse maintains sustained attention when fasted. **Physiology and Behavior**, v. 153, p. 33–39, 2016.

KUJALA, U. M. et al. Associations of aerobic fitness and maximal muscular strength with metabolites in young men. **JAMA**. 2019.

LANE, S. C. et al. Effect of a carbohydrate mouth rinse on simulated cycling time-trial performance commenced in a fed or fasted state. **Applied Physiology, Nutrition and Metabolism**, v. 38, n. 2, p. 134–139, 2013.

ROSSATO, L. et al. No Improvement in Running Time to Exhaustion at 100% VO<sub>2</sub>max in Recreationally Active Male Runners With a Preexercise Single-Carbohydrate Mouth Rinse. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, p. 1–19, 2019.

LUDEN, N. D. et al. Carbohydrate mouth rinsing enhances high intensity time trial performance following prolonged cycling. **Nutrients**, v. 8, n. 9, p. 576, 2016.

MARQUES, M.A.C. A força. Alguns conceitos importantes. **Revista Digital**. v. 8, n. 46, 2002.

MAXWELL, C.; RUTH, K.; FRIESEN, C. Sports Nutrition Knowledge, Perceptions, Resources, and Advice Given by Certified CrossFit Trainers. **Sports**, v. 5, n. 2, p. 21, 2017.

MORITANI, T. Neuromuscular adaptations during the acquisition of muscle strength, power and motor tasks. **Journal of Biomechanics**. v. 26, n. 1, p. 95-107, 1993.

PAINELLI, V. S. et al. The effect of carbohydrate mouth rinse on maximal strength and strength endurance. **European journal of applied physiology**, v. 111, n. 9, p. 2381–2386, set. 2011.

PINHEIRO, A. B. V. **Tabela para avaliação de consumo alimentar em medidas caseiras**. [s.l.] Atheneu, 2004.

POMPORTES, L. et al. Cognitive Performance Enhancement Induced by Caffeine, Carbohydrate and Guarana Mouth Rinsing during Submaximal Exercise. **Nutrients**, v. 9, n. 6, jun. 2017.

POTTIER, A. et al. Mouth rinse but not ingestion of a carbohydrate solution improves 1-h cycle time trial performance. **Scandinavian journal of medicine & science in sports**, v. 20, n. 1, p. 105–111, fev. 2010.

PRIBYSLAVSKA, V. et al. Influence of carbohydrate mouth rinsing on running and jumping performance during early morning soccer scrimmaging. **European journal of sport science**, v. 16, n. 4, p. 441–447, 2016.

RAHARINOSY, A. Le point sur la plyométrie. **Revue de l'AEFA**, v. 107, p. 9-11, 1988.

ROLLO, I. et al. The Influence of Carbohydrate Mouth Rinse on Self-Selected Intermittent Running Performance. **International journal of sport nutrition and exercise metabolism**, v. 25, n. 6, p. 550–558, dez. 2015.

ROLLO, I.; WILLIAMS, C.; NEVILL, M. Influence of ingesting versus mouth rinsing a carbohydrate solution during a 1-h run. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 43, n. 3, p. 468–475, mar. 2011.

ROUNTREE, J. A. et al. Efficacy of Carbohydrate Ingestion on CrossFit Exercise Performance. **SPORTS**, v. 5, n. 3, 2017.

SALE DG. Testing strength and power. Physiological Testing of the High Performance Athlete. **Champaign IL: Human Kinetics**. v. 2, 1991.



SILVA, T.A. et al. Can Carbohydrate Mouth Rinse Improve Performance During Exercise? A Systematic Review. **Nutrients**, v. 6, p. 1-10, 2014.

SIMPSON, G. et al. Carbohydrate Mouth Rinse Improves Mean Power During Multiple Sprint Performance. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 49, n. 5S, p. 582, 2018.

SMITH, M. M. et al. Crossfit-based high-intensity power training improves maximal aerobic fitness and body composition. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 27, n. 11, p. 3159–3172, 2013.

STEIN, J. A.; RAMIREZ, M.; HEINRICH, K. M. The Effects of Acute Caffeine Supplementation on Performance in Trained CrossFit Athletes. **Sports (Basel)**, v. 7, n. 4, Apr 25 2019.

SINCLAIR, J. et al. The effect of different durations of carbohydrate mouth rinse on cycling performance. **European Journal of Sport Science**, v. 14, n. 3, p. 259-264, 2014.

TURNER, C. E. et al. Carbohydrate in the mouth enhances activation of brain circuitry involved in motor performance and sensory perception. **Appetite**, v. 80, p. 212-9, Sep 2014.

WEINECK, J. Treinamento ideal. **Manole**. V. 9, 1999.

WHITHAM, M.; MCKINNEY, J. Effect of a carbohydrate mouthwash on running time-trial performance. **Journal of Sports Sciences**, v. 25, n. 12, p. 1385–1392, 2007.

WILMORE, J. H.; COSTILL, D. L. Fisiologia do esporte e do exercício. 2<sup>o</sup> edição. Editora Manole Ltda, 2001.

WRIGHT, B. F.; DAVISON, G. Carbohydrate Mouth Rinse Improves 1.5 h Run Performance: Is There A Dose-Effect? **International Journal of Exercise Science**, v. 6, n. 4, p. 328 - 340, 2013.