

GLICEROL: O NUTRIENTE DOPING?

Juliana Miranda Pereira¹, Lara Gabriela de Araújo Cerqueira²
Ana Quenia Gomes da Silva³

RESUMO

Glicerol é um álcool que é rapidamente absorvido. Sua ingestão tem sido utilizada com o propósito de hiper-hidratação. O presente estudo tem como objetivo discutir, a partir da luz literária, a presença de dados que consolidem funções do glicerol como nutriente ergogênico e dopante. Trata-se de uma revisão sistemática realizada com artigos selecionados nas bases de dados eletrônicas Science Direct, Acervo da Biblioteca da Organização Pan-Americana de saúde (OPAS) Periódicos Capes, Scielo, PubMed e Medline, utilizando os descritores "glicerol", "doping", "hiper-hidratação" e "exercício físico", separados pelo operador booleano "and". Foram incluídos artigos publicados nos anos de 2002 a 2017 em múltiplos idiomas. Os artigos selecionados foram aqueles randomizados, duplo-cegos e cross-over. Os estudos avaliados foram de curta duração e apresentaram participantes com diferentes características, como sexo, tipo de esporte praticado, idade, dose e método da suplementação do glicerol. É possível perceber que os resultados dos estudos mostram que o glicerol é capaz de promover hidratação e retenção hídrica, porém, poucos mostram melhora de performance. Porém, há divergências entre os dados apresentados pelos estudos. Portanto, podemos concluir que não existe na literatura dados suficientes que definam as funções do glicerol no metabolismo do atleta, principalmente em exercícios praticados no calor com alta umidade, assim como a interferência deste na detecção de métodos dopantes.

Palavras-chave: Exercício físico. Glicerol. Hiper-hidratação. Doping.

1-Escola de Nutrição, Universidade Federal da Bahia (UFBA), Salvador-BA, Brasil.

2-Sports Nutrition Center Salvador, Salvador-BA, Brasil.

3-Departamento de Ciências da Biorregulação, Instituto de Ciências da Saúde, Universidade Federal da Bahia (UFBA), Salvador-BA, Brasil.

ABSTRACT

Glycerol: the doping nutrient?

Glycerol is a rapidly absorbed alcohol. Their ingestion have been used for hiperhydratation. The present study aims to discuss, from the literary, datas that confirm glycerol's functions as a ergogenic and dopant nutrient. This is a systematic review carried out with articles selected in the electronic databases, Science Direct, Collection of the Library of the Pan American Health Organization (PAHO), Periodics Capes, Scielo, PubMed and Medline, using the descriptors "glycerol," "doping", "hyperhydration" and "physical exercise", separated by the Boolean operator "and". Articles published from 2002 to 2017 in multiple languages were included. The selected articles were randomized, double-blind, and cross-over studies. The studies evaluated were of short duration and participants had different characteristics, such as sex, type of sport practiced, age, dose and glycerol supplementation method. The results of the studies show that glycerol is capable of promoting water hydration and retention, however, few studies have shown an improvement in performance. There are divergence between the data presented by the studies. Therefore, we can conclude that there is insufficient data in the literature to define glycerol functions in athlete metabolism, especially in high heat exercises, as well as its interference in the detection of doping methods.

Key words: Physical exercise, glycerol, hyperhydration, doping.

E-mails dos autores:

julianamirandanutri@gmail.com

laragabrielanut@gmail.com

anaquenia.silva@gmail.com

INTRODUÇÃO

Auxílio ergogênico é qualquer técnica de treinamento, dispositivo mecânico, prática nutricional, método farmacológico ou técnica psicológica que pode melhorar o desempenho, a capacidade e aumentar as adaptações ao treinamento (Kreider, 2009 apud Kreider e colaboradores, 2010; Leutholtz e Kreider, 2001 apud Kreider e colaboradores, 2010).

Na nutrição esportiva, diversos nutrientes são utilizados com o intuito de preparar um indivíduo para o exercício, melhorando sua eficiência na realização do treinamento, aumentando a tolerância a exercícios intensos, acelerando o processo de recuperação pós-exercício e prevenindo lesões durante o treinamento intenso (Kreider e colaboradores, 2010).

No contexto dos nutrientes ergogênicos, destaca-se o glicerol, álcool trivalente que está presente naturalmente na cadeia da molécula de triglicerídeo (Frank e colaboradores, 1981 citados por Nelson e colaboradores, 2011).

Quando a lipólise é induzida, o glicerol é liberado na circulação e sua utilização no metabolismo energético é influenciada pelo jejum ou exercício físico (Robergs e colaboradores, 1998 citados por Okano e colaboradores, 2016).

Quando consumido, é rapidamente absorvido por todos os compartimentos do corpo, exceto pelo fluido cérebro espinal e humor aquoso, aumentando a concentração de soluto nestes locais, causando um gradiente osmótico de concentração e atraindo água (Nelson e colaboradores, 2011).

Durante o exercício físico, o atleta está submetido a grandes mudanças fisiológicas que acompanham a desidratação (Van Rosendal e colaboradores, 2010).

A ingestão do glicerol tem sido utilizada como auxílio ergogênico com o propósito de hiper-hidratar o corpo (ou aumentar a quantidade de água corporal) para diminuir os efeitos deletérios associados a desidratação (Freund e colaboradores, 1995 citados por Nelson e colaboradores, 2011).

A hiper-hidratação induzida pelo glicerol auxilia na manutenção do adequado volume plasmático de fluidos circulantes, melhora o fluxo sanguíneo da pele e reduz a perda de fluidos na sudorese (Nelson e colaboradores, 2011).

Em 2010, a Agência Mundial Anti-doping (WADA, em inglês) adicionou o glicerol a lista proibida como potencial agente mascarante, com base na influência da propriedade de expansão plasmática do glicerol em parâmetros sanguíneos de doping e por mascarar o efeito de algumas substâncias banidas (WADA, 2014).

O mascaramento consiste em influenciar a detecção de manipulações de sangue, tais como o uso de eritropoietina humana recombinante (R-HuEPO).

Outros marcadores que podem ser influenciados pela expansão do volume plasmático provocada pela presença do glicerol são hematócritos (Hct), hemoglobina (Hb) e contagem de reticulócitos (Ret%) (Koehler e colaboradores, 2011; Polyviou e colaboradores, 2012).

Diante da proibição do uso do glicerol, pesquisas foram voltadas para o tema de forma a avaliar as interferências do nutriente no metabolismo, desempenho do atleta e seu potencial mascarante.

Desse modo, a relevância científica deste trabalho ampara-se na expectativa de discutir, a partir da luz literária, presença de dados disponíveis que consolidem a função do glicerol no metabolismo do atleta como alternativa ergogênica e doping.

MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho versar-se de uma revisão sistemática da literatura, realizada por análise exploratória, para identificar, avaliar, interpretar e confrontar os resultados de estudos realizados separadamente disponíveis na literatura e relevantes acerca da presente temática.

Foram coletados artigos publicados pelas bases de dados eletrônicas, Science Direct, Acervo da Biblioteca da Organização Pan-Americana de saúde (OPAS), Periódicos Capes, SciELO, PubMed e Medline nos idiomas inglês e português referentes ao glicerol, sua ação no organismo durante o exercício físico, relação com a hidratação corporal e seu envolvimento com a dopagem sanguínea.

Também foram verificadas informações atualizadas disponíveis nas plataformas eletrônicas da Autoridade Brasileira Controle de Dopagem (ABCD), do Comitê Olímpico do Brasil (COB) e da Agência

Mundial Antidoping (WADA) para ter acesso ao Código Mundial Antidopagem e informações sobre o uso de medicamentos no esporte.

Os descritores utilizados foram “glicerol”, “doping”, “hiper-hidratação” e “exercício físico” no MESH, em todas as combinações possíveis, separados pelo operador booleano “and”. O levantamento de artigos foi realizado utilizando o intervalo de

publicação de 15 anos (2002-2017), por conseguinte analisando os títulos e resumos e, por fim, foi feita a leitura integral dos textos. Os artigos selecionados foram aqueles randomizados, duplo-cegos e cross-over. Foram excluídos artigos que não apresentaram relação com o tema analisado. O mesmo procedimento foi realizado por 2 revisores separadamente, de forma a evitar viés.

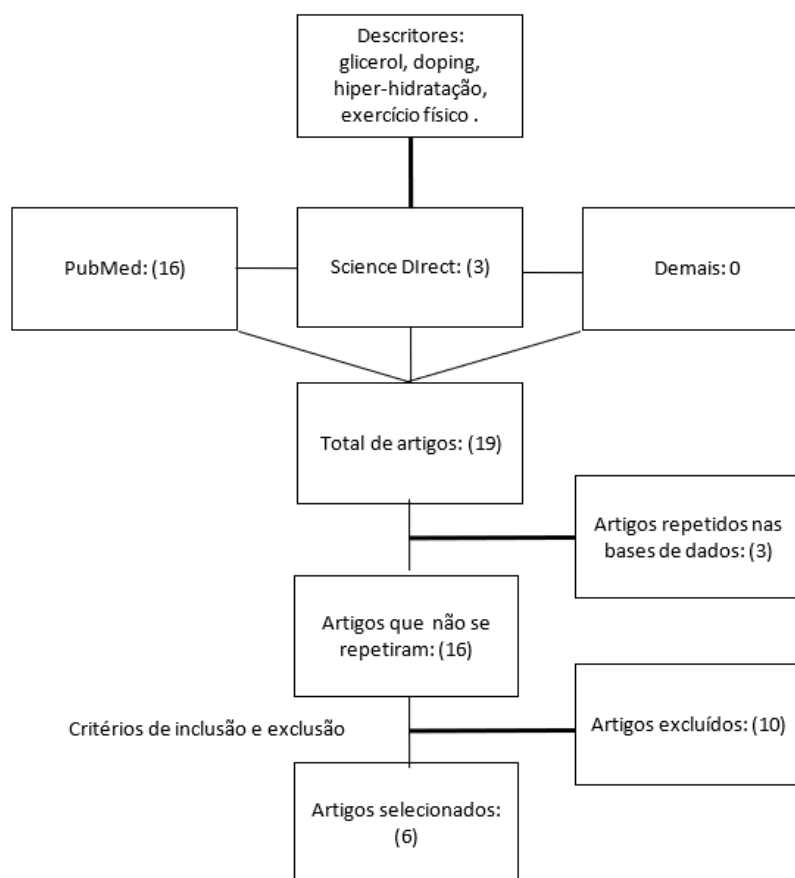


Figura 1 - Fluxograma representativo da metodologia utilizada para seleção de artigos.

RESULTADOS

Foram encontrados 19 artigos através da pesquisa nos anos de 2002 a 2017 nas bases de dados e periódicos PubMed (16), Science Direct (3) Acervo da Biblioteca da Organização Pan-Americana de saúde (OPAS), Periódicos Capes (0), SciELO(0) e MEDLINE (0). Após exclusão dos artigos

repetidos e da efetivação dos critérios de inclusão e exclusão, 6 estudos foram selecionados para este trabalho. A avaliação do desenvolvimento experimental dos estudos demonstrou que se tratam de ensaios clínicos de curta duração com participantes de diferentes idades e práticas esportivas, além do uso de diferentes doses de suplementação de glicerol, como demonstrados na tabela 1.

Tabela 1 - Características e principais achados dos estudos selecionados.

Autor / Ano	Tipo do estudo	Características do estudo	Resultados (grupo teste)
Magal e colaboradores (2003)	Randomizado, duplo-cego, placebo controlado, <i>crossover</i>	N = 11 tenistas, 2 triagens separadas por 3 a 7 dias; temperatura: 29-38°C; Umidade relativa: 50-90% Fase de Hiper-hidratação Placebo: consumo de 4 ml/ kg de peso de água flavorizada durante 15 minutos + 18ml/kg de peso de água a cada 30 minutos. Glicerol: consumo de 4 ml/ kg de peso de água flavorizada + 1 g/kg de peso de glicerol durante 15 minutos + 18ml/kg de peso de água a cada 30 minutos. Exercício físico: 120 minutos: Placebo e Glicerol: 10 ml/kg de peso de PowerAde™ a cada 30 minutos Reidratação: 90 minutos, temperatura: ~22°C e umidade: ~30% Placebo: 2 ml / kg de peso de água flavorizada em 15 minutos+ 9ml/kg de peso de água a cada 15 minutos. Glicerol: 2ml/kg de peso de água flavorizada + 0,5g/kg de peso de glicerol durante 15 minutos. + 9ml/kg de peso de água a cada 15 minutos. Estudo de curta duração.	↑ variação de peso durante as duas experiências ↑ variação do volume plasmático depois da hiper-hidratação e reidratação ↑ osmolalidade plasmática após a hiper-hidratação e depois do exercício ↓ Volume urinário em todo o experimento ↑ Retenção de fluidos nas fases de hiper-hidratação e reidratação ↓ Tempo de prova ↓ Desempenho anaeróbico ↓ [] K+ nos dois grupos Agilidade relacionada ao tênis e desempenho não foram afetados.
Marino, Kay e Cannon (2003)	Randomizado, duplo-cego, placebo controlado, <i>crossover</i>	N = 7 indivíduos (6 homens, 1 mulher) bem treinados; 2 triagens separadas por 7 a 10 dias; temperatura: ~ 22°C; umidade relativa: 40-50% Os participantes deveriam consumir em 2,5 horas: Placebo: suco de laranja + água = volume equivalente à solução de glicerol. Glicerol: 1,2g/kg de peso de glicerol + suco de laranja misturado com 21ml/kg de peso de água. Treinamento: 60 minutos de ciclismo com 1 minuto de <i>Sprint</i> máximo nos 10º, 20º, 30º, 40º, 50º, 60º minutos da triagem. Aos 30 minutos de exercício: consumo de 300ml de água Estudo de curta duração.	Não houve diferença na performance e força; ↑ Suor em uma hora ↑ Frequência Cardíaca aos 10, 20, 30, 40 e 60 minutos de treinamento (<i>sprints</i>). ↓ Volume urinário ↑ Suor em uma hora ↑ [] urinária ↑ Variação do volume sanguíneo
Wingo e colaboradores (2004)	Medidas repetidas, randomizado, <i>crossover</i> , duplo-cego	N= 12 homens com experiência em mountain bike; 3 triagens feitas entre intervalos de uma semana; temperatura: 30 – 31,1 °C. Treinamento: corrida de 30 milhas (divididas em 3 loops de 10 milhas) com intervalos de 8 minutos de um pro outro. Protocolo: NE: sem água durante o exercício: consumo de 2,8% do peso corporal de água pré-exercício e sem água durante a corrida. Glicerol: 2,8% do peso corporal de água pré-exercício + 1 g/kg de peso de glicerol pré-exercício + 2 garrafas de água a serem consumidas a cada 10 milhas. W: 2,8% do peso corporal de água pré-exercício + 2 garrafas de água a serem consumidas a cada 10 milhas. Estudo de curta duração	↓ Volume urinário ↓ Desidratação ↓ percepção de sede ↓ sensação térmica do calor Sem alteração dos parâmetros sanguíneos de glicose e lactato, da percepção de esforço e da frequência cardíaca. ↓ Perda de peso durante a triagem
Goulet e colaboradores (2006)	Randomizado, duplo cego, <i>crossover</i>	N= 6 homens treinados para competição; 2 triagens feitas em intervalos de 7 dias. Temperatura: 25°C umidade relativa: 38-42% 110 minutos de hiper-hidratação Glicerol: 4g de glicerol/kg de peso + 6 ml/kg de peso de uma bebida flavorizada com aspartame em 3 momentos: minutos 0, 40 e 80 + 4ml/kg de peso de água destilada nos minutos 20 e 60. Placebo: 6 ml/kg de peso de uma bebida flavorizada com aspartame em 3 momentos: minutos 0, 40 e 80 + 4ml/kg de peso de água destilada nos minutos 20 e 60. Exercício: 2 horas de ciclismo a 65% VO _{2max} . A cada 20 minutos, por um período de 100 minutos, os participantes bebiam 166ml de Gatorade®. Ao término, os indivíduos descansavam 5 minutos e faziam teste de performance de 2 horas com aumento de carga a cada 3 minutos até a exaustão completa ou 59 rotações/minuto. Quando o teste termina é medido o tempo. Estudo de curta duração	↑ Constante água corporal total durante a hiperhidratação Sem interferência na intensidade do exercício, performance e frequência cardíaca; Sem interferência na percepção de esforço, sede, sudorese e temperatura retal ↓ Volume urinário durante o exercício
Van Rosendal e colaboradores (2012)	Randomizado, <i>crossover</i> , duplo cego.	N= 9 homens ciclistas treinados, 4 triagens separadas por pelo menos 2 semanas. 4 métodos de reidratação: 1) 100% fluido oral: 64% de Gatorade® + 36% de água destilada. 2) 100% fluido oral com glicerol oral: 64% de Gatorade® com 1,5g/kg de peso de glicerol + 36% de água destilada. 3) 50% oral (88% Gatorade® + 12% de água destilada) + 50% 0,9% cloreto de sódio intravenoso. 4) 50% fluido oral (88% Gatorade® com 1,5 g/kg de peso de glicerol + 12% de água destilada) + 0,9% cloreto de sódio intravenoso. Estudo de curta duração	↑ Performance nos grupos 4 ↑ Restauração do volume plasmático no grupo 4 ↑ Sede no grupo 4 Sem diferença na sensação térmica, temperatura da pele e timpânica. Sem diferença na osmolalidade urinária. ↑ Volume plasmático nas duas triagens intravenosas sendo que a com glicerol apresentou a maior expansão ↑ da [] de glicerol na primeira hora em ambas triagens
Van Rosendal e colaboradores (2015)		N= 9 homens ciclistas treinados, 4 triagens separadas por pelo menos 2 semanas. 4 métodos de reidratação: I. 100% fluido oral: 64% de Gatorade® + 36% de água destilada. II. 100% fluido oral com glicerol oral: 64% de Gatorade® com 1,5g/kg de peso de glicerol + 36% de água destilada. III. 50% oral (88% Gatorade® + 12% de água destilada) + 50% 0,9% cloreto de sódio intravenoso. IV. 50% fluido oral (88% Gatorade® com 1,5 g/kg de peso de glicerol + 12% de água destilada) + 0,9% cloreto de sódio intravenoso.	↑ Restauração do volume plasmático no grupo 4 Sem diferença significativa na [] do hormônio anti-diurético (ADH) ↓ Aldosterona durante a reidratação e performance e cortisol durante a reidratação nos 2 tratamentos com glicerol ↑ Retenção hídrica no grupo 4 ↓ Volume urinário nos grupos 3 e 4.

Legenda: ↑, aumento; ↓, redução; VO₂ máximo, consumo máximo de oxigênio; [], concentração.

DISCUSSÃO

O exercício no calor induz um estado de hiperosmolalidade hipovolêmica que está intrinsecamente relacionado com respostas fisiológicas que permitem o corpo lidar com o estresse provocado pelo calor (Van Rosendal e colaboradores, 2015).

No estudo de Magal e colaboradores (2003), o exercício foi praticado à temperatura média de 31°C e 75% de umidade relativa e houve desidratação média de 2,7% do peso corporal. Os autores acreditam que estes fatos associados causaram redução no desempenho anaeróbico. Ainda, estes fatores, apesar de não aferido, podem ter levado ao aumento da temperatura corporal e muscular e à consequente redução da concentração de Potássio.

Em contrapartida, no estudo de Marino e colaboradores (2003), o uso do glicerol não apresentou diferença na osmolalidade, mesmo os indivíduos tendo apresentado aumento de sudorese que, segundo os autores, aconteceu devido a melhor distribuição de água nos compartimentos corpóreos. Não houve benefício termorregulatório entre os grupos.

A sede afeta a resposta subjetiva ao exercício e também influencia fatores tais como a liberação de hormônios reguladores do fluido via ato de beber (por exemplo, através de estimulação orofaríngea) (Van Rosendal e colaboradores, 2012).

Wingo e colaboradores (2004) relatam que a menor sensação de sede, baixa desidratação e baixa pontuação no Questionário de Sintomas Ambientais (ESQ) sugerem que a hidratação pré-exercício com glicerol pode oferecer percepção diminuída de tensão térmica, demonstrando a importância da hidratação antes do exercício a fim de limitar os efeitos negativos da desidratação, especialmente quando precede exercícios intensos, prolongados e no calor.

Porém, Goulet e colaboradores (2006) indicaram que o consumo de glicerol não interferiu na percepção de sede e Van Rosendal e colaboradores (2012) identificaram maior sensação de sede no grupo que usou glicerol + solução intravenosa, mas não identificaram diferença de sudorese, temperatura da pele e timpânica, frequência cardíaca nem estresse térmico entre os grupos. Assim, os atletas que beneficiaram de fluidos intravenosos obtiveram grandes

volumes de fluido para reidratação em curtos períodos de tempo se, e a inclusão de glicerol aumentou ainda mais a reidratação. Ao dizer isso, deve-se lembrar que a infusão intravenosa é proibida pela WADA nas circunstâncias testadas neste estudo (Van Rosendal e colaboradores, 2012).

A não influência cardiovascular e termorreguladora do glicerol sugere que os volumes plasmático e sistólico foram idênticos nos dois grupos, baseando-se no fato de não ter havido diferença de desidratação e água corporal total (devido a quantidade total de água ingerida durante o exercício de 500 ml). Um débito cardíaco semelhante entre os ensaios aponta que o fluxo sanguíneo da pele e, portanto, a capacidade de evaporação e troca de calor seco foi semelhante entre os dois grupos, explicando porque nem a taxa de sudorese nem a temperatura retal diferiram significativamente durante o exercício (Goulet e colaboradores, 2006).

Magal e colaboradores (2003) demonstraram que durante a fase de exercício não houve diferença significativa de volume urinário ou volume de retenção de fluidos entre os grupos. Os autores indicam que o consumo de glicerol durante a hiper-hidratação não facilitou a retenção de fluidos durante o exercício, pois associado a isso, o volume plasmático reduziu durante esta fase. Porém, relatam que a ingestão de glicerol está associada à restauração mais rápida e completa do volume plasmático quando utilizado em fase de reidratação.

Em discordância, Wingo e colaboradores (2004) relatam não identificar expansão do volume plasmático com o uso do glicerol. Após 2,5 horas de consumo da solução de glicerol, as concentrações plasmáticas deste e a hiper-hidratação foram evidenciadas pela redução da depuração da água e maior concentração urinária (Marino e colaboradores, 2003; Wingo e colaboradores, 2004).

Em contrapartida, Goulet e colaboradores (2006) identificaram que não houve diferença significativa entre os volumes urinários dos grupos placebo e glicerol no período de hiper-hidratação (período de 110 minutos), mas no período de exercício físico, houve redução significativa no volume urinário no grupo que consumiu glicerol deste estudo.

Goulet e colaboradores (2006) perceberam que o uso de glicerol não causa

hiper-hidratação, porém indica que 49% da quantidade total de fluidos é retida enquanto que apenas 26% é retido no grupo placebo. E justificam este resultado afirmando que a absorção de 1,2g/kg de peso de glicerol não foi atingida em 80 minutos, o que poderia ter retardado a criação de um gradiente osmótico eficiente entre o lúmen tubular e o intersticial, permitindo a reabsorção máxima de fluido no rim, apoiando-se no fato que de houve diminuição significativa da produção de urina durante o exercício no grupo glicerol comparado com o grupo placebo.

Porém, esta justificativa se mostra incoerente com a informação já postulada na literatura de que o glicerol é rapidamente absorvido e distribuído nos compartimentos corporais. O glicerol não favorece qualquer habilidade relacionada ao tênis nem agilidade de desempenho em exercícios praticados em alta temperatura e umidade relativa (Magal e colaboradores, 2003).

Ainda, o glicerol não melhora o desempenho, a percepção de esforço de ciclistas, nem aumenta a frequência cardíaca em exercício contínuo (fora de Sprints) (Marino e colaboradores, 2003; Wingo e colaboradores, 2004; Goulet e colaboradores, 2006), assim como não interfere na intensidade do exercício com base na porcentagem de VO₂máx, nem no tempo até a exaustão (Goulet e colaboradores, 2006).

O estudo de Van Rosendal e colaboradores (2012) identificaram que o uso de glicerol associado a fluido intravenoso (50% fluido oral - 88% Gatorade® com 1,5 g/kg de peso de glicerol + 12% de água destilada - + 0,9% cloreto de sódio intravenoso) causou melhor performance em indivíduos que fizeram 30 minutos de bicicleta ergométrica quando comparado aos grupos de placebo ou apenas glicerol, demonstrando melhor efeito de hidratação quando associado ao consumo de eletrólitos.

Porém, com os efeitos negativos supracitados não se sabe por qual mecanismo houve a promoção da melhora da performance, já que indicadores de boa hidratação ou hiper-hidratação não foram identificados.

Segundo os autores, a maior concentração de glicose no sangue pode ter proporcionado disponibilidade suficiente de substrato para ajudar a explicar o desempenho

melhorado em ritmo na ausência de benefícios termorreguladores.

Van Rosendal e colaboradores (2015) avaliaram a influência do uso do glicerol na secreção de alguns hormônios. Então, foi observado que o estado hipovolêmico-hiperosmolar causado pelo exercício estimula o sistema renina-angiotensina-aldosterona. Isto ocorre principalmente como consequência da redução da pressão arterial, após a queda no volume de fluido extracelular (Van Rosendal e colaboradores, 2015).

Com isso, aldosterona aumenta durante períodos de desidratação e diminui com a reidratação. O cortisol também apresentou aumento na fase de desidratação e redução na fase de reidratação, apresentando-se altamente correlacionado com variáveis de estresse térmico e fisiológico resultante da hipovolemia, assim como com a alteração do volume plasmático na secreção de aldosterona e da temperatura timpânica. As duas condições intravenosas refletem a recuperação do volume plasmático com redução simultânea de cortisol, indicando redução do estresse fisiológico.

Durante a desidratação a redução do volume plasmático e aumento da osmolalidade são potentes estimuladores para secreção de ADH (Robertson, Athar, 1976; Moses, Miller, 1971 apud Van Rosendal e colaboradores, 2015).

Segundo os autores, a ausência de diferenças significativas para ADH no presente estudo provavelmente reflete que o volume plasmático e osmolalidade foram ambos os mais elevados no grupo de solução intravenosa com glicerol oral e menor no ensaio oral. É, portanto provável que a influência do aumento do volume, que deve reduzir rapidamente a liberação de ADH, foi efetivamente equilibrada pelo aumento da osmolalidade, que estimula a liberação de ADH e vice-versa (Van Rosendal e colaboradores, 2015).

A proibição do uso do glicerol (dentro e fora de competição) é baseada no fato de que a expansão do volume plasmático causaria hemodiluição que pode interferir na concentração de substâncias dopantes ou outras substâncias químicas no sangue de forma a evitar a detecção das mesmas. Quanto às práticas de dopagem, o glicerol seria capaz de mascarar a utilização de

eritropoietina ou transfusão sanguínea (Van Rosendal e colaboradores, 2013).

Diante disso, alguns estudos avaliaram a interferência do glicerol em alguns parâmetros sanguíneos. Wingo e colaboradores (2004) e Marino e colaboradores (2003), perceberam que o uso do glicerol não interfere nos parâmetros sanguíneos de glicose e lactato. Este último também não sofreu interferência no estudo de Van Rosendal e colaboradores (2012).

Ainda que não tenha característica de estudo duplo cego, o experimento de Koehler e colaboradores (2013) avaliou alguns parâmetros sanguíneos após o consumo de 1,0 g /kg de peso de glicerol oral pré-exercício (90 minutos a 60% VO₂máx) em 14 ciclistas. Como resultado, observou-se que não houve diferença significativa nos valores de hemoglobina, porcentagem de reticulócitos, hematócrito nem OFF-score (medida sanguínea obtida a partir da concentração de hemoglobina e % reticulócitos para identificar eritropoese) entre os grupos.

Okano e colaboradores (2016) administraram 20g de glicerol/200ml de solução intravenosa por 1 hora em 7 indivíduos não treinados. Foram observadas reduções significativas da hemoglobina, hematócrito e pontuação OFF-score, porém, não identificaram expansão significativa do volume plasmático.

A detecção, dentro ou fora de competição, conforme o caso, de qualquer quantidade das substâncias proibidas numa amostra coletada de algum atleta, em associação com um diurético ou agente mascarante, será considerada um Resultado Analítico Adverso a menos que o atleta tenha aprovada uma Autorização de Uso Terapêutico (AUT) específica para essa substância além da concedida para o diurético ou agente mascarante (WADA, 2016).

Diante disso, Van Rosendal e colaboradores (2012, 2015) avaliaram a concentração plasmática de glicerol antes e após a administração a fim de avaliar o comportamento do nutriente na corrente sanguínea. A concentração plasmática de glicerol aumentou significativamente após a primeira hora de reidratação tanto no grupo de glicerol oral quanto na manipulação intravenosa com glicerol oral. Os picos foram após a segunda hora de reidratação (diferindo no segundo estudo que o pico de

concentração do ensaio intravenoso se deu 30 minutos depois) e os níveis de glicerol diminuíram durante o teste de desempenho. As concentrações plasmáticas de glicerol foram extremamente baixas para serem detectadas durante a desidratação.

Koehler e colaboradores (2013) observaram que a concentração plasmática de glicerol atingiu o pico após 2,5 horas da administração. No grupo placebo, os níveis de glicerol foram significativamente elevados após o exercício. Ainda, os autores indicam que o glicerol foi rapidamente excretado na urina entre 0,9 e 2,1 horas, sendo que as maiores concentrações urinárias foram detectadas antes do exercício físico e decresceram ao longo do tempo.

Okano e colaboradores (2016) identificaram que após a administração do glicerol intravenoso, a concentração do mesmo após uma hora foi significativamente maior que antes da administração e rapidamente reduziram aos valores normais (após 3 horas). A concentração urinária de glicerol apresentou pico na segunda hora após a administração. A WADA definiu o limiar de glicerol urinário em 4,3 mg/ml sendo que o limite de decisão é 5,3 mg / mL (WADA, 2015).

Nos 2 estudos citados a concentração urinária de glicerol apresentou-se maior que o limite de decisão determinado, mostrando que as doses utilizadas não são seguras.

Vale ressaltar que o glicerol está presente naturalmente no organismo e por isso é possível detectá-lo na corrente sanguínea. A concentração plasmática normal do nutriente em adultos é de 0,05 a 0,1 mmol/L (Lin, 1977 apud Nelson e colaboradores, 2007) e o metabolismo deste pode ser modificado pelo jejum e pelo exercício físico (Robergs e colaboradores, 1998 apud Okano e colaboradores, 2016; Frank e colaboradores, 1981 apud Nelson e colaboradores, 2007)..

CONCLUSÃO

É possível perceber que os resultados dos estudos mostram que o glicerol é capaz de promover expansão do volume plasmático e retenção hídrica, porém, poucos mostram melhora de performance.

Não obstante, houve divergência entre os dados apresentados pelos estudos o que

pode ter sido causado pela diferença metodológica e dose de glicerol utilizada.

Mais estudos com enfoque na capacidade dopante do glicerol de qualidade metodológica devem ser elaborados a fim de elucidar a interferência do mesmo na composição sanguínea e consequente detecção de métodos dopantes.

Portanto, podemos concluir que não existem na literatura dados suficientes que definam as funções do glicerol no metabolismo do atleta, principalmente em exercícios praticados no calor com alta umidade, assim como a interferência deste na detecção de métodos dopantes.

REFERÊNCIAS

- 1-Goulet, E.D.; Robert, R.A.; Labrecque, S.; Royer, D.; Dionne, I.J. Effect of glycerol-induced hyperhydration on thermoregulatory and cardiovascular functions and endurance performance during prolonged cycling in a 25 C environment. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*. Vol. 31. Num. 2. 2006. p. 101-109.
- 2-Koehler, K.; Braun, H.; Marees, M.; Geyer, H.; Thevis, M.; Mester, J.; Schaenzer, W. Glycerol administration before endurance exercise: metabolism, urinary glycerol excretion and effects on doping-relevant blood parameters. *Drug testing and analysis*. Vol. 6. Num. 3. 2013. p. 202-209.
- 3-Koehler, K.; Braun, H.; Marees, M.; Geyer, H.; Thevis, M.; Mester, J.; Schaenzer, W. Urinary excretion of exogenous glycerol administration at rest. *Drug testing and analysis*. Vol. 3. Num. 11-12. 2011. p. 877-882.
- 4-Kreider, R.B.; Wilborn, C.D.; Taylor, L.; Campbell, B.; Almada, A.L.; Collins, R.; Cooke, M.; Earnest, C.P.; Greenwood, M.; Kalman, D. S.; Kerkick, C.M.; Kleiner, S. M.; Leutholz, B.; Lopez, H. Lowery, L. M.; Mendel, R.; Smith, A.; Spano, M.; Wildman, R.; Willoughby, D. S.; Ziegenfuss, T.N.; Antonio, J. ISSN exercise & sport nutrition review: research recommendations. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. Vol. 7. Num. 1. 2010. p. 7.
- 5-Magal, M.; Webster, M.J.; Sistrunk, L.E.; Whitehead, M.T.; Evans, R.K.; Boyd, J.C. Comparison of glycerol and water hydration regimens on tennis-related performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. Vol. 35. Num. 1. 2003. p. 150-156.
- 6-Marino, F.E.; Kay, D.; Cannon, J. Glycerol hyperhydration fails to improve endurance performance and thermoregulation in humans in a warm humid environment. *Pflügers Archiv*. Vol. 446. Num. 4. 2003. p. 455-462.
- 7-Nelson, J.L.; Harmon, M.E.; Robergs, R. A. Identifying plasma glycerol concentration associated with urinary glycerol excretion in trained humans. *Journal of analytical toxicology*. Vol. 35. Num. 9. 2011. p. 617-623.
- 8-Okano, M.; Nishitani, Y.; Dohi, M.; Kageyama, S. Effects of intravenous infusion of glycerol on blood parameters and urinary glycerol concentrations. *Forensic science international*. Vol. 262. 2016. p. 121-127.
- 9-Polyviou, T. P.; Easton, C.; Beis, L.; Malkova, D.; Takas, P.; Hambly, C.; Pitsiladis, Y. P. Effects of glycerol and creatine hyperhydration on doping-relevant blood parameters. *Nutrients*. Vol. 4. Num. 9. 2012. p. 1171-1186.
- 10-Van Rosendal, S. P.; Strobel, N. A.; Osborne, M. A.; Fassett, R. G.; Coombes, J. S. Hydration and endocrine responses to intravenous fluid and oral glycerol. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*. Vol. 25. Num. S1. 2015. p. 112-125.
- 11-Van Rosendal, S. P.; Coombes, J. S. Glycerol use in hyperhydration and rehydration: scientific update. In *Acute Topics in Sport Nutrition*. Vol. 59. 2013. p. 104-112.
- 12-Van Rosendal, S. P.; Strobel, N. A.; Osborne, M. A.; Fassett, R. G.; Coombes, J. S. Performance benefits of rehydration with intravenous fluid and oral glycerol. *Medicine and science in sports and exercise*. Vol. 44. Num. 9. 2012. p. 1780-1790.
- 13-Van Rosendal, S. P.; Osborne, M. A.; Fassett, R. G.; Coombes, J. S. Guidelines for glycerol use in hyperhydration and rehydration associated with exercise. *Sports Medicine*. Vol. 4. Num. 2. 2010. p. 113-139.

14-WADA. World Anti-Doping Agency. World Anti-Doping Code. 2015

15-WADA. World Anti-Doping Agency. The prohibitory lists 2016. Anti-doping code. Disponível em: <<https://www.wada-ama.org/>>. Acesso em: 07/11/2016.

16-WADA. World Anti-Doping Agency. Decision limits for the confirmatory quantification of threshold substances, WADA threshold substances, WADA Technical Document–TD2014DL. 2014. Disponível em: <<https://wada-main-prod.s3.amazonaws.com/resources/files/WADA-TD2014DL-v1-Decision-limits-for-the-Quantification-of-Threshold-Substances-EN.pdf>> Acesso em: 07/11/2016

17-Wingo, J.E.; Casa D.J.; Berger, E.M.; DEllis, W.O.; Knigh, J. C.; McClung, J.M. Influence of a pre-exercise glycerol hydration beverage on performance and physiologic function during mountain-bike races in the heat. Journal of athletic training. Vol. 39. Num. 2. 2004. p. 169.

Endereço para correspondência:

Ana Quenia Gomes da Silva, Ph.D.

Universidade Federal da Bahia.

Instituto de Ciências da Saúde.

Avenida Reitor Miguel Calmon, S/N - Vale do Canela, Departamento de Ciências da Biorregulação, Sala 311.

Salvador, Bahia, Brasil.

CEP: 40.110-100.

Recebido para publicação em 12/03/2018

Aceito em 26/06/2018

Primeira versão em 18/02/2019

Segunda versão em 21/04/2019

Terceira versão em 21/06/2019