

VALÉRIA CRISTINA DE FARIA

**INFLUÊNCIA DO ÍNDICE GLICÊMICO DA REFEIÇÃO PRÉ-EXERCÍCIO
SOBRE A GLICEMIA E PARÂMETROS CARDIOMETABÓLICOS DURANTE
EXERCÍCIO AERÓBICO MATINAL**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Educação Física, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2013

VALÉRIA CRISTINA DE FARIA

**INFLUÊNCIA DO ÍNDICE GLICÊMICO DA REFEIÇÃO PRÉ-EXERCÍCIO
SOBRE A GLICEMIA E PARÂMETROS CARDIOMETABÓLICOS DURANTE
EXERCÍCIO AERÓBICO MATINAL**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Educação Física, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 08 de março de 2013.

Danielle Aparecida Gomes Pereira

João Carlos Bouzas Marins
(Coorientador)

Luciana Moreira Lima
(Orientadora)

*Aos meus familiares, em especial
ao meu irmão Valdeir.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Universidade Federal de Viçosa, ao Departamento de Educação Física e ao Laboratório de Performance Humana, que desde a minha graduação e agora no mestrado me proporcionaram toda infraestrutura física e humana necessárias para minha formação.

Agradeço ao apoio financeiro das bolsas de mestrado REUNI e CAPES, e à FAPEMIG pelo financiamento do meu projeto de mestrado.

Agradeço à Fabi, amiga de todas as horas, à República do Zé por sempre me acolher quando necessário, em especial à Thamires que me acompanhou de mais perto. Agradeço à Caloura, minha amiga-irmã, por mesmo longe se fazer presente em todos os momentos. Agradeço à todos os meus colegas de mestrado pelo companheirismo.

Agradeço aos meus voluntários: Alonso, Anderson, Cadú, Fabrício, Felipe, Felipinho, Gustavo, Pablo, Rafael, Robson, Samuel e Túlio, pela disposição e comprometimento.

Agradeço aos meus bolsistas, Gustavo e Samuel, e à minha colega de mestrado, Juscélia, por serem tão prestativos durante as coletas e pelas discussões em torno do trabalho. Agradeço ao Dr. Fernando pela sua importante contribuição. Agradeço aos enfermeiros, Regi, Rosa e Luciano, pela excelente prestação de serviço e conversas.

Agradeço à professora Danielle que gentilmente aceitou a participar da minha banca de defesa.

Agradeço imensamente ao meu coorientador professor João, que foi responsável por me inserir no âmbito da pesquisa enquanto orientador na graduação, e que ainda hoje contribui de forma significativa para o meu crescimento profissional.

Agradeço à minha querida orientadora professora Luciana, pelo seu lado profissional e humano, por sempre cumprir com seu papel com brilhantismo, e principalmente por ter me tornado uma pesquisadora mais corajosa e audaciosa.

Agradeço à minha família, principalmente à minha mãe que mesmo me querendo mais perto me deu força e incentivo para buscar mais um sonho. Ao meu pai por sempre ser positivo nas adversidades. Aos meus irmãos por todo apoio, em especial ao meu irmão Valdeir que sempre será meu modelo a ser seguido.

Agradeço a Deus por ter me dado força e coragem para vencer os diversos obstáculos, e por ter colocado todas as pessoas citadas acima em meu caminho.

Obrigada a todos que contribuíram para mais essa conquista!

ÍNDICE

LISTA DE TABELAS	v
LISTA DE FIGURAS	vi
RESUMO	vii
ABSTRACT	ix
INTRODUÇÃO GERAL	1
REFERÊNCIAS – Introdução Geral	3
Artigo 1	5
Artigo 2	25
Artigo 3	50
CONCLUSÕES GERAIS	76
APÊNDICE A – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido	77
ANEXO A – Questionário PQR-Q	78
ANEXO B – Anamnese	79
ANEXO C – Tabela de Risco Coronariano	81
ANEXO D – Aprovação do projeto pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da UFV	83
ANEXO E – Confirmação de recebimento do Artigo 1	84
ANEXO F - Confirmação de recebimento do Artigo 2	85
ANEXO G - Confirmação de recebimento do Artigo 3	86

LISTA DE TABELAS

ARTIGO 1: Índice Glicêmico da Refeição Pré-Exercício e Metabolismo da Glicose na Atividade Aeróbica - Uma Revisão Sistemática

Tabela 1. Resumo dos estudos com índice glicêmico (IG) pré-exercício 12

ARTIGO 2: Metabolic response to different glycemic indexes of pre-exercise meal and different types of hydration during exercise

Table 1. Nutrition Composition of Pre-exercise Meals 31

Table 2. Respiratory quotient (RQ), CHO oxidation and fat oxidation in different periods during exercise 36

Table 3. Hematocrit and hemoglobin levels during rest and exercise 36

Table 4. Hydration parameters 39

ARTIGO 3: Venous blood gases and cardiorespiratory parameters during aerobic exercise with different pre-exercise diet and hydration

Table 1. Nutrition Composition of Pre-exercise Meals 56

Table 2. Sample characterization 58

Table 3. Hydration parameters 58

Table 4. Significant correlations observed between variables and cardiorespiratory parameters 64

LISTA DE FIGURAS

ARTIGO 1: Índice Glicêmico da Refeição Pré-Exercício e Metabolismo da Glicose na Atividade Aeróbica - Uma Revisão Sistemática

Figura 1. Fluxograma da seleção dos artigos 11

ARTIGO 2: Metabolic response to different glycemic indexes of pre-exercise meal and different types of hydration during exercise

Figure 1. Schematic representation of experimental procedures 32

Figure 2. Blood glucose concentration (mg / dL) during rest and exercise in the four procedures 35

Figure 3. Total blood calcium (mmol / L), sodium and potassium concentrations (mEq / L) during rest and exercise in the four procedures 38

ARTIGO 3: Venous blood gases and cardiorespiratory parameters during aerobic exercise with different pre-exercise diet and hydration

Figure 1. Cardiorespiratory parameters 59

Figure 2. Potential hydrogen, partial oxygen pressure and oxygen saturation 61

Figure 3. Partial carbon dioxide pressure, bicarbonate ions and base excess 62

Figure 4. Lactate 68

RESUMO

FARIA, Valéria Cristina de, M. Sc., Universidade Federal de Viçosa, março de 2013. **Influência do índice glicêmico da refeição pré-exercício sobre a glicemia e parâmetros cardiometabólicos durante exercício aeróbico matinal.** Orientadora: Luciana Moreira Lima. Coorientador: João Carlos Bouzas Marins.

A literatura estabelece que uma alimentação realizada com três horas prévias ao exercício é recomendada para fornecer energia, produzir um adequado esvaziamento gástrico e manter níveis normoglicêmicos durante a atividade (Ribeiro et al., 2005), assim como adotando duas horas prévias (Chen et al., 2009; Wong et al., 2009). Porém, para a prática física matinal essa conduta não reflete a realidade, já que o tempo prévio se torna restrito devido ao período de sono, o que pode levar o praticante a se exercitar em jejum ou se alimentar muito próximo à atividade, estando em ambas às situações sujeito a um quadro de hipoglicemia. O objetivo geral desta dissertação foi acompanhar e avaliar a resposta glicêmica 30 minutos antes e durante uma atividade em cicloergômetro com 1 hora de duração, após três procedimentos nutricionais de “café da manhã”: a) alto índice glicêmico (AIG); b) baixo índice glicêmico (BIG); c) em estado de jejum, administrando dois tipos de hidratação: água e bebida carboidratada com concentração de 60 g/L. Os objetivos específicos foram monitorar e avaliar o comportamento dos gases sanguíneos antes e durante o exercício físico, estabelecer correlações de possíveis mudanças desses com os parâmetros cardiorrespiratórios, avaliar a oxidação de substratos durante exercício, analisar hematócrito, hemoglobina, cálcio, sódio, potássio, lactato e avaliar o balanço hídrico. No primeiro estudo foi realizada uma consulta na base de dados PubMed, utilizando os descritores: *aerobic exercise*, *glycemic index* e *glycemia*, de forma combinada. Foram adotados como critérios de inclusão, artigos originais, publicados em inglês nos últimos cinco anos e realizados com humanos, e como critério de exclusão, amostra não saudável e exercício sem predominância aeróbica. Foram selecionados 11 artigos, os quais variavam quanto ao sexo da amostra e seu condicionamento, o tipo de exercício selecionado, assim como sua duração e intensidade, o valor de IG adotado, e o tempo prévio de ingestão alimentar de 15 minutos a três horas. De acordo com os resultados, alimentos de baixo índice glicêmico causam menor alteração glicêmica pós-prandial o que pode acarretar em um comportamento mais estável ao longo do exercício, tornando-se uma estratégia nutricional mais conservadora para a população em geral, além disso, deve-se destacar que uma refeição oferecida entre 15 e 45 minutos antes do início do exercício pode não ser o mais indicado, devido ao pico de ação da insulina ocorrer normalmente nesse período, o que somado à ação da contração muscular poderia desencadear um quadro de hipoglicemia de rebote. Nenhum dos estudos relacionados na revisão abordou esse tempo prévio. No segundo estudo 12 homens saudáveis e fisicamente ativos realizaram quatro testes experimentais, sendo dois com refeições pré-exercício, de AIG e BIG, e dois realizados em estado de jejum diferenciados pela hidratação, água (H₂O) e bebida

carboidratada (CHO). Cada teste consistiu de um período de repouso pré-exercício de 30 minutos, seguido por 60 minutos de cicloergômetro com carga contínua equivalente a 60% do consumo máximo de oxigênio extrapolado ($VO_{2MaxExt}$). Durante o exercício os participantes eram hidratados a cada 15 minutos, sendo 3mL por kg de peso corporal. Não houve diferença na oxidação de substratos, observou-se uma menor alteração glicêmica pós-prandial causada pela refeição de BIG, porém, não significativa, e uma elevação dos níveis de potássio no final do exercício após a refeição de BIG, sendo significativa em relação ao jejum CHO. Além disso, houve uma manutenção da glicemia em níveis estáveis e mais altos durante o exercício em relação aos demais no procedimento de jejum CHO. O desenho experimental do terceiro estudo foi o mesmo descrito no trabalho anterior, sendo, porém, realizada coleta de amostras sanguíneas para análise de lactato, pH, PCO_2 , PO_2 , TCO_2 , HCO_3 , BE e SO_2 em jejum, imediatamente antes do consumo do “café da manhã”, assim como 15 e 30 minutos após seu consumo. Durante o exercício, foram obtidas amostras em intervalos de 20 minutos até o final dos 60 minutos de exercício, assim como os parâmetros cardiorrespiratórios. Os resultados demonstraram que os quatro procedimentos experimentais foram capazes de manter os parâmetros cardiorrespiratórios e hemogasométricos dos participantes, o que provavelmente ocorreu devido à manutenção do estado de hidratação. Dessa forma, diante das evidências científicas apontadas no primeiro estudo de que alimentos de BIG causam menor alteração glicêmica pós-prandial, esta parece ser uma estratégia nutricional mais conservadora para a população em geral. Este fato foi comprovado no segundo trabalho e reforçado pelo terceiro, pois independente do procedimento nutricional adotado em conjunto com uma hidratação de 3 mL/kg de peso corporal a cada 15 minutos, não houve alterações nos parâmetros cardiorrespiratórios e gases sanguíneos. Além disso, quando realizado em jejum, a hidratação com bebida carboidratada parece minimizar o risco hipoglicêmico advindo desse estado.

ABSTRACT

FARIA, Valeria Cristina de, M. Sc., Universidade Federal de Viçosa, March, 2013. **Influence of glycemic index of pre-exercise meal on blood glucose levels and cardiometabolic parameters during morning aerobic exercise.** Adviser: Luciana Moreira Lima. Co-adviser: João Carlos Bouzas Marins.

The literature states that a feed conducted with a three hour prior to exercise is suitable for powering an adequate gastric emptying and maintain during the same normoglycemic (Ribeiro et al., 2005) and 2 hours (Chen et al. 2,009 ; Wong et al. 2009). But for practice this morning physical conduct does not reflect reality, since the previous time becomes restricted, which may lead the practitioner to exercise fasting or eating very close to the activity, being in both situations subject to a framework hypoglycemia. The aim of this thesis was to monitor and evaluate the glycemic response 30 minutes before and during an activity cycle ergometer with 1 hour, after three procedures nutritional "breakfast": a) a high glycemic index, b) low glycemic index; c) in the fasting state, administering two kinds of hydration: water and carbohydrate drink with a concentration of 60 g/L. The specific objectives were to monitor and evaluate the behavior of blood gases before and during exercise, establish correlations of these with possible changes cardiorespiratory parameters, assess substrate oxidation during exercise, analyze hematocrit, hemoglobin, calcium, sodium, potassium, lactate and evaluate the water balance. The first study was conducted in a query PubMed database using the keywords: aerobic exercise, glicemic and glycemia index, combined. Were adopted as inclusion criteria, original articles, published in English in the last five years and performed with humans, and as exclusion criteria, sample unhealthy and exercise without predominance aerobic. We selected 11 articles, which varied by gender of the sample and its conditioning, the type of exercise selected, as well as its duration and intensity, the value of IG adopted, and the time prior to food intake from 15 minutes to three hours. According to the results, low glycemic foods cause lower postprandial glycemic alterations which may result in a more stable throughout the year, making it a more conservative nutritional strategy for the general population, it should also be noted that a meal provided between 15 and 45 minutes before the start of the year may not be the most suitable, due to peak insulin action usually occurs during this period, which together with the effects of muscle contraction could trigger a framework of hypoglycemia rebound. None of the studies listed in this review addressed prior time. In the second study twelve men healthy and physically active performed four experimental tests, two with pre-exercise meals, high GI (AIG) and low GI (BIG), and two were conducted in the fasting state differentiated by hydration, water (H₂O) and carbohydrate drink (CHO). Each test consisted of a rest period prior to exercise for 30 minutes, followed by 60 minutes of cycle ergometer with continuous load equivalent to 60% of maximal oxygen uptake extrapolated (VO_{2MaxExt}). During exercise participants were hydrated every 15 minutes, and 3mL per kg

bodyweight. There was no difference in substrate oxidation, there was a lower postprandial glycemic alterations caused by BIG meal, although not significant, and a high potassium levels at year-end after the BIG meal, being significant in relation to CHO fasting. In addition, there was a maintenance of blood glucose levels stable and higher during exercise in relation to other procedure in fasting CHO. In the third study was carried collection of blood samples for analysis of lactate, pH, PCO₂, PO₂, TCO₂, HCO₃, BE and SO₂ fasting, immediately before consumption of the "breakfast", like 15 and 30 minutes after consumption .During the exercise, samples were collected at intervals of 20 minutes until the end of 60 minutes of exercise, as well as the cardiorespiratory parameters. The results showed that the four experimental procedures were able to maintain cardiorespiratory parameters and arterial blood gases of the participants, which was probably due to the maintenance of hydration status. Thus, given the evidence cited in the first study that BIG foods cause less postprandial glycemic change, this seems to be a more conservative nutritional strategy for the general population. This fact was confirmed in the second job and the third reinforced therefore independent of nutritional procedure adopted in conjunction with a hydration of 3 mL/kg of body weight every 15 minutes, no changes in cardiorespiratory parameters and blood gases. Furthermore, when performed on fasting, hydration with carbohydrate drink hypoglycemic seems to minimize the risk arising that state.

INTRODUÇÃO GERAL

O índice glicêmico (IG) do alimento reflete a velocidade que o carboidrato deste será absorvido no organismo e o quanto de aumento glicêmico e insulinêmico será desencadeado. Os carboidratos podem ser classificados em baixo (<55), moderado (56-70) e alto (70-100) IG (JEUKENDRUP; KILLER, 2010).

Essa ferramenta funcional tem sido estudada para compor dietas que fazem parte de estratégias de tratamento e prevenção de doença cardiovascular, diabetes, obesidade, entre outros (BRAND-MILLER; BUYKEN, 2012; BRAND-MILLER et al., 2009; ESFAHANI et al., 2010), e principalmente na nutrição esportiva (MONDAZI; ARCELLI, 2009; O' REILLY; WONG; CHEN, 2010).

No contexto da nutrição esportiva, o IG é amplamente considerado na refeição pré-exercício em conjunto com o tempo prévio que esta será administrada, tanto no âmbito do desempenho, quanto no âmbito da saúde, repercutindo na qualidade e segurança da atividade física realizada por praticantes de cunho recreativo. Considerando esses praticantes, destaca-se a preferência por horários extremos do dia para a prática física em virtude de questões climáticas e laborais (BRASIL et al., 2009). A opção pelo exercício matinal requer uma maior atenção, pois as reservas de glicogênio muscular e hepático estão reduzidas devido ao jejum noturno (MCARDLE; KATCH; KATCH, 2003).

A literatura estabelece que uma alimentação realizada com três horas prévias ao exercício é adequada para fornecer energia, um adequado esvaziamento gástrico e manter níveis normoglicêmicos durante o mesmo (RIBEIRO, 2005), assim como duas horas (CHEN et al., 2009; WONG et al., 2009). Porém, para a prática física matinal essa conduta não reflete a realidade, já que o tempo prévio se torna restrito, o que pode levar o praticante a se exercitar em jejum ou se alimentar muito próximo à atividade.

A opção pelo jejum não parece ser a mais adequada visto que o jejum noturno somado ao consumo das reservas energéticas durante o exercício torna o indivíduo mais propenso a um quadro de hipoglicemia. Em contrapartida, a realização de um desjejum próximo ao início do exercício pode desencadear uma hipoglicemia de rebote (COYLE et al., 1985), a qual ocorre devido à combinação de níveis altos de insulina com o

exercício físico, pois este aumenta a captação de glicose pelo músculo em virtude da translocação da proteína transportadora de glicose (GLUT-4) para a superfície das fibras musculares provocada pelas suas contrações (JEUKENDRUP; KILLER, 2010; MONDAZZI; ARCELLI, 2009).

Além do metabolismo da glicose durante o exercício associada a diferentes condutas de alimentação prévia, outro campo de estudo menos explorado nessas condições é o comportamento dos gases sanguíneos, o qual merece atenção, já que a resposta metabólica do equilíbrio ácido-básico ao exercício é complexa e multifatorial (PUTMAN; JONES; HEIGENHAUSER, 2003) e frequentemente originada de diferentes tecidos e órgãos. A eficácia desse mecanismo retarda a fadiga muscular ocasionada pela liberação de H^+ no plasma em decorrência do exercício físico, assim é importante analisar se diferentes velocidades de captação da glicose afetam esse equilíbrio durante o exercício.

Dessa forma, o objetivo dessa dissertação foi realizar três estudos; uma revisão sistemática para identificar o estado da arte das pesquisas relacionadas ao índice glicêmico da refeição pré-exercício; uma pesquisa original adotando como base os resultados encontrados nessa revisão, no que diz respeito aos métodos, e com foco na qualidade e segurança da atividade física de cunho recreativo; e outro trabalho original abordando uma temática menos explorada na literatura que aborda o comportamento dos gases sanguíneos durante exercício associado a diferentes condutas alimentares pré-exercício.

REFERÊNCIAS

BRAND-MILLER, J.; BUYKEN, A. E. The glycemic index issue. **Current Opinion in Lipidology**, v. 23, n. 1, p. 62-67, 2012.

BRAND-MILLER, J.; MCMILLAN-PRICE, J.; STEINBECK, K.; CATERSON, I. Dietary Glycemic Index: Health Implications. **Journal of the American College of Nutrition**, v. 28, p. 446S-449S, 2009.

BRASIL, T.; PINTO, J.; COCATE, P.; CHÁCARA, R.; MARINS, J. C. B. Avaliação do hábito alimentar de praticantes de atividade física matinal. **Fitness & Performance Journal**, v. 8, n. 3, p. 153-163, 2009.

CHEN, Y. J., WONG, S. H. S.; CHAN, C. O. W.; WONG, C. K.; LAN, C. W.; SIU, P. M. F. Effects of glycemic index meal and CHO-electrolyte drink on cytokine response and run performance in endurance athletes. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 12, n. 6, p. 697-703, 2009.

COYLE, E. F.; COGGAN, A. R.; HEMMERT, M. K.; LOWE, R. C.; WALTERS, T. J. Substrate usage during prolonged exercise following a preexercise meal. **Journal of Applied Physiology**, v. 59, n. 2, p. 429-433, 1985.

ESFAHANI, A.; WONG, J. M. W.; MIRRAHIMI, A.; SRICHAIKUL, K.; JENKINS, D. J. A.; KENDALL, C. D. C. Glycemic Index: Physiological Significance. **Journal of the American College of Nutrition**, v. 28, p. 439S-445S, 2009.

JEUKENDRUP, A. E.; KILLER, S. C. The myths surrounding pre-exercise carbohydrate feeding. **Annals of Nutrition and Metabolism**, v. 57, n. Suppl 2, p. 18-25, 2010.

MCARDLE, W. D., KATCH, F. I.; KATCH, L. F. **Fisiologia do exercício: energia, nutrição e desempenho humano**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2003.

MONDAZZI, L.; ARCELLI, E. Glycemic Index in Sport Nutrition. **Journal of the American College of Nutrition**, v. 28, p. 455S-463S, 2009.

O' REILLY, J.; WONG, S. H. S.; CHEN, Y. Glycemic Index, Glycaemic Load and Exercise Performance. **Sports Medicine**, v. 40, n. 1, p. 27-39, 2010.

PUTMAN.C. T.; JONES, N. L.; HEIGENHAUSER, G. J. F. Effects of short-term training on plasma acid-base balance during incremental exercise in man. **Journal of Physiology**, v. 550, n. Pt 2, p. 585-603, 2003.

RIBEIRO, B. G. **Os carboidratos no exercício. Estratégias de Nutrição e Suplementação no Esporte**. São Paulo: Manole, 2005.

WONG, S. H. S.; CHAN, O. W.; CHEN, Y. J.; HU, H. L.; LAM, C. W.; CHUNG, P. K. Effect of Preexercise Glycemic-Index Meal on Running When CHO-Electrolyte Solution Is Consumed During Exercise. **International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism**, v. 19, n. 3, p. 222-242, 2009.

ARTIGO 1

Índice Glicêmico da Refeição Pré-Exercício e Metabolismo da Glicose na Atividade Aeróbica - Uma Revisão Sistemática

Glycemic Index of Pre-Exercise Meal and Glucose Metabolism in Aerobic Physical Activity - A Systematic Review

Valéria Cristina de Faria¹

Gustavo Antonio de Oliveira²

Samuel de Souza Sales²

João Carlos Bouzas Marins¹

Luciana Moreira Lima²

1. Departamento de Educação Física – Universidade Federal de Viçosa, MG

2. Departamento de Medicina e Enfermagem – Universidade Federal de Viçosa, MG

Correspondência:

Rua Augusta Siqueira, 161, bloco B, apto 105 – Centro – 36570-000 – Viçosa, MG.

E-mail: valeriaefiufv@yahoo.com.br

Índice Glicêmico da Refeição Pré-Exercício e Metabolismo da Glicose na Atividade Aeróbica - Uma Revisão Sistemática

RESUMO

Introdução: O índice glicêmico (IG) é uma ferramenta funcional que classifica os carboidratos de acordo com sua resposta glicêmica e insulinêmica em relação a um alimento conhecido, pão branco ou glicose. No ramo da nutrição esportiva, este é considerado principalmente para compor a refeição pré-exercício, pois afeta diretamente a resposta glicêmica pós-prandial, e dependendo de alguns fatores, tais como o tempo prévio de ingestão, existe o risco de hipoglicemia de rebote durante o exercício. Objetivo: Elucidar qual a estratégia nutricional é a mais adequada para manutenção de uma resposta normoglicêmica durante exercício. Métodos: Uma revisão sistemática foi conduzida a partir de uma consulta a base de dados MedLine, utilizando os descritores: *aerobic exercise*, *glycemic index* e *glycemia*, de forma combinada. Foram adotados como critérios de inclusão, artigos originais, publicados em inglês nos últimos cinco anos e realizados com humanos, e como critério de exclusão, amostra não saudável e exercício sem predominância aeróbica. Resultados: Foram selecionados 11 artigos, os quais variavam quanto ao gênero da amostra e seu condicionamento, o tipo de exercício selecionado, assim como sua duração e intensidade, o valor de IG adotado, e o tempo prévio de ingestão alimentar de 15 minutos a três horas. Conclusões: Pela recorrência de alguns resultados, alimentos de baixo índice glicêmico causam menor alteração glicêmica pós-prandial o que pode acarretar em um comportamento mais estável ao longo do exercício, tornando-se uma estratégia nutricional mais conservadora para a população em geral.

Palavras-chave: Exercício Físico; Nutrição; Hidratação; Glicemia.

Glycemic Index of Pre-Exercise Meal and Glucose Metabolism in Aerobic Activity - A Systematic Review

ABSTRACT:

Introduction: The glycemic index (GI) is a functional tool that classifies carbohydrates (CHO) according to their glycemic and insulin response in relation to a known food, white bread or glucose. In the field of sports nutrition, this is mainly considered to compose the meal prior to exercise, because it directly affects the post prandial glycemic response, and depending on certain factors, such as time prior to intake, the risk of hypoglycemia during rebound exercise. Objective: Through a systematic review elucidate which the nutritional strategy, is the most appropriate employing pre-exercise meals of different glycemic index. Methods: The PubMed database was consulted using the keywords: aerobic exercise, glicemic index and glycemia, combined. The inclusion criteria were original articles published in English in the last five years and performed with humans. Exclusion criteria were sample unhealthy and aerobic exercise without predominance. Results: Eleven articles were selected, which varied by gender of the sample and its conditioning, the type of exercise selected, as well as its duration and intensity, also the value of GI adopted, and the time prior to food intake from 15 minutes to three hours. Conclusions: By the recurrence of some results, low glycemic index foods cause lower post prandial glycemic alterations which may result in a more stable throughout the exercise, making it a more conservative nutritional strategy for the general population.

Keywords: Physical Exercise; Nutrition; Hydration; Glycemia.

INTRODUÇÃO

A refeição pré-exercício representa um procedimento fundamental para que este possa ser feito de forma adequada, pois deverá ter como objetivos, manter os níveis de glicemia adequados ⁽¹⁾, sem risco de quadros hiper ou hipoglicêmicos, além de não produzir desconforto gástrico no momento da realização da atividade ⁽¹⁾.

Existem várias formas de se estabelecer um planejamento dietético pré-exercício, entre elas o índice glicêmico (IG) que é uma ferramenta funcional que classifica os carboidratos (CHO) de acordo com sua resposta glicêmica e insulinêmica em relação a um alimento conhecido, pão branco ou glicose, sendo utilizada pela primeira vez em 1981 ⁽²⁾. Os CHO podem ser categorizados em baixo (<55), moderado (56-70) e alto (70-100) IG ⁽³⁾.

Esse índice tem sido amplamente estudado, compondo estratégias dietéticas para prevenção e intervenção de doença cardiovascular, diabetes, obesidade, entre outros ⁽⁴⁻⁶⁾, e principalmente no ramo da nutrição esportiva ^(7, 8), pois a última refeição antes do exercício pode ter influência nos níveis de glicose e insulina no sangue, ácidos graxos livres, na taxa de oxidação de CHO e gordura, além do conteúdo de glicogênio muscular ⁽⁷⁾. Essa refeição também gera uma influência funcional, expressa pelo desempenho no exercício ⁽⁷⁾.

Após a refeição pré-exercício, dependendo do CHO ingerido, o pico glicêmico ocorre entre 15 a 40 minutos ^(3, 9-11), e os níveis de glicemia aumentados acarretam na liberação de insulina ⁽¹²⁾. Dessa forma, quando o exercício é iniciado em níveis altos de insulina a captação de glicose pelo músculo é aumentada em virtude da translocação da proteína transportadora de glicose (GLUT-4) para a superfície das fibras musculares

provocada pelas suas contrações, portanto um mecanismo independente da insulina ^(3, 7). Em decorrência desse processo, ocorre uma rápida diminuição da glicemia na fase inicial do exercício, normalmente com 15 minutos ⁽³⁾, fenômeno este conhecido como hipoglicemia de rebote ou reativa ⁽¹³⁾, a qual é causada pela combinação dos fatores descritos anteriormente havendo ainda a supressão da produção de glicose hepática.

Portanto, a ocorrência da hipoglicemia de rebote pode prejudicar o desempenho de um atleta que por uma condição próxima de um estado de hipoglicemia tenderá a ter reduzida a capacidade de produção energética e conseqüentemente redução de desempenho. Da mesma forma, os praticantes de atividade física de cunho recreativo ou não competitivo, também podem ser prejudicados, tendo em vista que níveis de hipoglicemia estão relacionados com enjoos, náuseas, mal estar e em certos casos extremos, com desmaio, prejudicando não somente a qualidade da atividade, como expondo o organismo a uma condição de risco ⁽¹⁴⁾.

Ter bem estabelecido os impactos metabólicos sobre a resposta glicêmica de uma refeição pré-exercício pode auxiliar principalmente aos profissionais de nutrição e médicos esportistas a estabelecerem condutas nutricionais adequadas, aprimorando a qualidade do exercício físico. Dessa forma, o objetivo dessa revisão sistemática foi elucidar qual estratégia nutricional é a mais adequada para manutenção de uma resposta normoglicêmica durante exercício empregando refeições de diferentes índices glicêmicos pré-exercício.

MÉTODOS

Dois revisores realizaram uma busca sistemática de artigos que estudaram o efeito das refeições pré-exercício, considerando seus índices glicêmicos, no comportamento da glicose sanguínea durante o exercício aeróbico.

A estratégia de busca baseou-se na consulta a base de dados MedLine, utilizando os descritores: *aerobic exercise*, *glycemic index* e *glycemia*, de forma combinada. Foram utilizados como filtros da pesquisa o período de publicação entre 01/01/2007 a 09/02/2012, o idioma em inglês, o formato de artigo de revista e amostra composta por humanos. Como critério de inclusão os artigos deveriam estar em formato original, e como critérios de exclusão foram considerados os artigos que avaliaram uma amostra não saudável e que utilizaram exercício sem predominância aeróbica.

A Figura 1 apresenta a estratégia de busca adotada até chegar aos artigos selecionados para esta revisão, tendo como base os critérios de inclusão e exclusão.

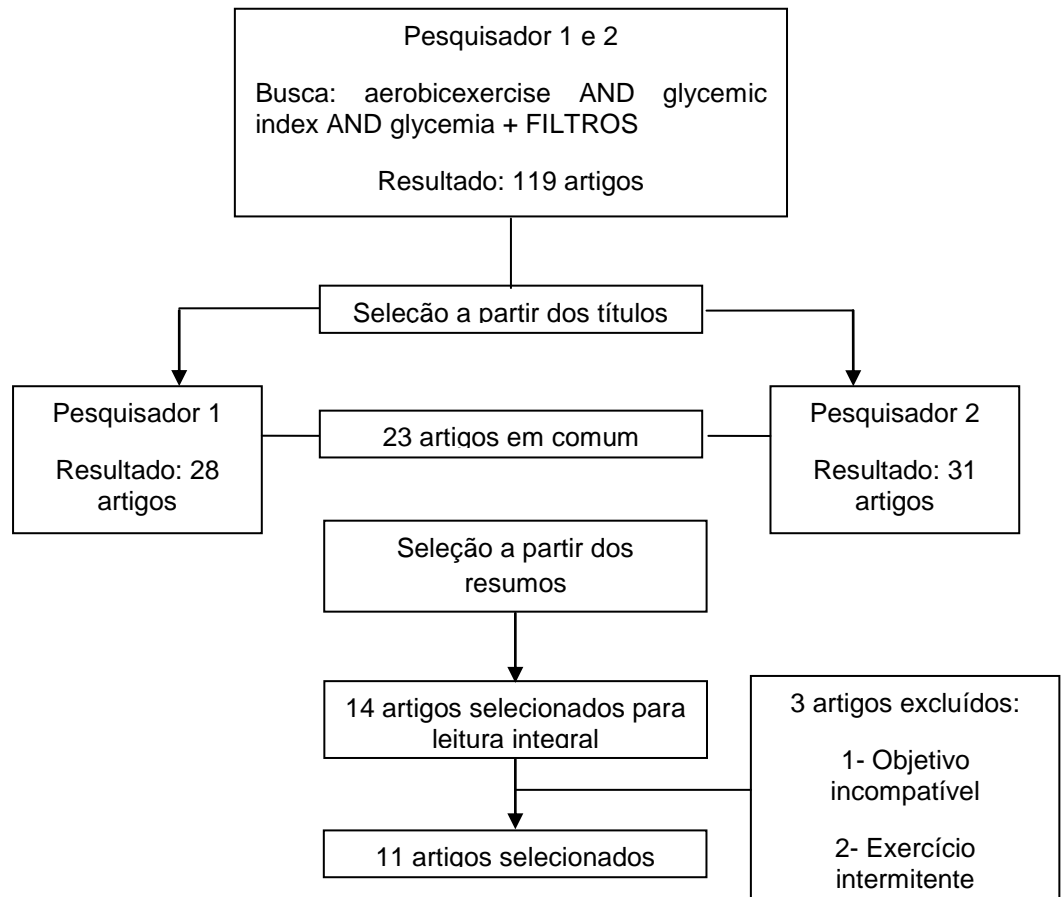


Figura 1. Fluxograma da seleção dos artigos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tabela 1. Resumo dos estudos com índice glicêmico (IG) pré-exercício.

Estudo	Métodos	Comportamento Glicêmico
Kern et al. (2007)	n= 8 (4 H e 4 M). 12h de jejum. 2 tratamentos (AIG= 117 e MIG= 88) 45min antes de pedalar por 45min a 70% $VO_{2máx}$ seguido por 15min no menor tempo possível.	* Glicemia ↓ em ambos os procedimentos com o EX. * Respostas similares entre os gêneros.
Backhouse et al. (2007)	n= 6 M. 12h de jejum. 3 tratamentos (AIG= 77; MIG= 51 e jejum) 3h antes de caminhar por 60min a $\approx 50\%$ VO_{2pico} .	* AACG no período pós-prandial = entre AIG e MIG, mas > do que o jejum. * Com 15 min de EX a glicemia foi < no AIG em relação ao MIG e jejum e persistiu assim por 30 minutos. * No final do EX glicemia = em todos os procedimentos.
Chen et al. (2008 e 2008)	n= 8 H. 12h de jejum. 3 tratamentos (AIG/ACG:79/82; BIG/BCG:40/42; AIG/BCG:78/44) 2h antes de correr por 60min a 70% $VO_{2máx}$ seguido por 10km no menor tempo possível.	* AACG no período pós-prandial > no AIG/ACG em relação ao BIG/BCG e AIG/BCG. * As refeições com BCG = na manutenção da glicemia. * Com 20 min de EX glicemia > no BIG/BCG em relação ao AIG/ACG.
Chen et al. (2009)	n= 8 H. 12h de jejum. 3 tratamentos (AIG= 83; BIG= 36; CON) 2h antes de correr por 5km a 70% $VO_{2máx}$ seguido por 21km de no menor tempo possível. Hidratação com bebida CHO durante exercício.	* AACG no período pós-prandial foi 4x > após a ingestão de AIG em relação ao BIG. * Resposta metabólica semelhante durante EX entre as condições com ingestão alimentar.
Stevenson et al. (2009)	n= 8 M. Jejum noturno. 2 tratamentos (AIG= 78 e BIG= 44) 3h antes de caminhar por 60min a 50% VO_{2pico} .	* AACG no período pós-prandial > no AIG. * Após a ingestão o pico glicêmico foi atingido em 30 min, sendo > no AIG. * Antes do exercício a glicêmica retornou aos valores iniciais em ambos. * Glicemia = no final do EX em AIG e BIG. Não foi avaliado durante o EX.

Continua na próxima página

Tabela 1. Continuação

Moore et al. (2009)	n= 8 H. 6h de jejum. 2 tratamentos (AIG= 72 e BIG= 30) 45min antes de pedalar 40km no menor tempo possível.	* Após consumo alimentar ↑ na glicemia, sendo > no AIG. * Dois indivíduos apresentaram valores glicêmicos abaixo de 3,5 mmol/L. * No final do EX a glicemia foi > no BIG.
Wong et al. (2009)	n= 9 H. 10 a 12h de jejum. 3 tratamentos (AIG= 82,9; BIG= 35,9; CON= 0) 2h antes de correr 21km, sendo que desses 5min de aquecimento a 60% do VO _{2máx} , imediatamente após 5km a 70% do VO _{2máx} e o restante do percurso no menor tempo possível. Hidratação com bebida CHO durante exercício.	* AACG no período pós-prandial >no AIG em relação aos demais. * Resposta metabólica semelhante durante EX entre as condições com ingestão alimentar.
Moore et al. (2010)	n= 10 H. 6h de jejum. 2 tratamentos (AIG= 72 e BIG= 30) 45min antes de pedalar por 40km no menor tempo possível.	* Com 45 min pós-prandial glicemia > no AIG. * Três indivíduos apresentaram valores glicêmicos abaixo de 3,5 mmol/L.
Karamolis et al. (2011)	n= 9 H. Jejum noturno. 3 tratamentos (AIG= 83; BIG= 29; PLACEBO) 15min antes de correr 5min a 60% VO _{2máx} seguido por 45min a 70% VO _{2máx} e mais uma corrida a 80% VO _{2máx} até a exaustão.	* Com 15 min pós-prandial glicemia > no AIG em relação às outras condições. * No final do EX glicemia > no BIG em relação ao AIG e placebo.
Cocate et al. (2011)	n= 15 H. 12h de jejum. 2 tratamentos (AIG= 79 e BIG= 28) 90min antes de pedalar por 30min de 85 a 95% da FCMáx.	* AACG pós-prandial > no AIG no primeiro e quinto dia de teste. * Pico glicêmico atingido com 30 min pós-prandial, sendo > no AIG no primeiro e quinto dia de teste. * Efeito temporal no BIG: Glicemia em 30 min > 60 min pós-prandial no quinto dia de teste.

n = tamanho da amostra; **H** = Homens; **M** = Mulheres; **AIG** = Alto Índice Glicêmico; **MIG** = Moderado Índice Glicêmico; ↓ = diminuição; **EX** = Exercício; ≈ = aproximadamente;

AACG = Área Abaixo da Curva Glicêmica; = = Mesmo Comportamento; > = maior; < = menor; **ACG** = Alta Carga Glicêmica; **BIG** = Baixo Índice Glicêmico; **BCG** = Baixa

Carga Glicêmica; **CON** = Controle; **CHO** = Carboidratada.

Foram selecionados 11 artigos a partir dos critérios estabelecidos para a busca, porém apenas 10 compõem a Tabela 1, pois dois desses artigos foram agrupados por tratarem de um mesmo estudo, mas abordagens diferentes.

Inicialmente é importante considerar que uma série de fatores influencia o comportamento da glicemia sanguínea decorrente de uma alimentação pré-exercício. Esses fatores podem ser nutricionais, das características do exercício ou individuais. No primeiro grupo se destacam o tempo de jejum, o IG dos alimentos e o tempo de consumo do(s) alimento(s) prévio ao exercício; enquanto que referente ao exercício, a intensidade, duração e modalidade executada podem ser determinantes. Já certas características individuais como idade, gênero e capacidade atlética, também poderiam alterar os resultados. Assim que, é extremamente difícil uniformizar todos os estudos, contudo é possível estabelecer evidências científicas que possam orientar uma prática profissional.

Os trabalhos selecionados nessa revisão tiveram uma variação do tempo de ingestão pré-exercício de 15 minutos a 3 horas, o que foi adotado como estratégia para discorrer a discussão. Essa grande variação de tempo prévio adotada nos estudos, destacando que os mais recentes utilizam tempos mais curtos, reflete a busca incessante por práticas nutricionais possíveis à realidade do praticante.

Com 3 horas de ingestão prévia foram selecionados dois artigos ^(15, 16), ambos avaliaram uma amostra composta por mulheres saudáveis, submetidas a 60 minutos de caminhada com intensidade semelhante ($\approx 50\% \text{ VO}_{2\text{pico}}$). Entretanto, no estudo de Backhouse et al. ⁽¹⁵⁾, foram testadas refeições de AIG (alto índice glicêmico), MIG (moderado índice glicêmico) e jejum, enquanto que Stevenson et al. ⁽¹⁶⁾ testaram refeições de AIG e BIG (baixo índice glicêmico).

Em relação ao período pós-prandial, a área abaixo da curva glicêmica (AACG) não apresentou diferenças significativas entre os procedimentos nutricionais no primeiro estudo citado, mas ambos foram significativamente maiores do que o procedimento de jejum. Já no segundo estudo, a AACG foi significativamente maior na refeição de AIG em comparação com a de BIG. Essas respostas sugerem que uma diferença modesta no valor do IG das refeições pode acarretar em respostas metabólicas similares.

Com 15 minutos de exercício, no trabalho de Backhouse et al. ⁽¹⁵⁾, a glicemia diminuiu significativamente no AIG em relação ao MIG e jejum, e persistiu assim por 30 minutos, já no final do exercício os valores glicêmicos foram similares, o que também foi observado no estudo de Stevenson et al. ⁽¹⁶⁾. Embora a similaridade das respostas entre AIG e MIG, o segundo procedimento alimentar parece manter mais estável a glicemia, o que pode influenciar o praticante a não abandonar o exercício por sintomas hipoglicêmicos, como náuseas e tontura ⁽¹²⁾. Apesar do período de 3 a 1 hora de ingestão pré-exercício ser tempo suficiente para restaurar o equilíbrio hormonal ⁽¹²⁾, e assim atingir valores normoglicêmicos antes da atividade física (70 a 99 mg/dL) ⁽¹⁷⁾, trata-se de um tempo impraticável para quem se exercita nas primeiras horas do dia.

Com duas horas de ingestão prévia foram selecionados quatro artigos ⁽¹⁸⁻²¹⁾, sendo que os dois primeiros tratam do mesmo trabalho, mas com abordagens diferentes; no entanto, os resultados são semelhantes.

Todos esses estudos avaliaram uma amostra masculina, treinada em corrida e com condicionamento semelhante, submetida a um exercício em esteira, sempre iniciando com intensidade contínua de 70% do $VO_{2máx}$ e encorajados a percorrer determinada distância no menor tempo possível, sendo nos dois primeiros estudos ^(18, 19)

durante 60 minutos seguidos de 10 km de *sprint*, e nos demais ^(20, 21) durante 5 km seguidos de 21 km de *sprint*.

Nos estudos de Chen et al. ^(18, 19), nos quais foram testados diferentes IG e carga glicêmica (CG), a AACG no período pós-prandial foi significativamente maior na refeição de AIG/ACG (AIG/alta carga glicêmica) em relação à de AIG/BCG (AIG/baixa carga glicêmica) e de BIG/BCG. Durante o exercício as refeições com BCG mantiveram igualmente as concentrações glicêmicas. Em 20 minutos de exercício (70% do $VO_{2máx}$), a dieta de BIG/BCG apresentou o maior nível glicêmico em exercício, sendo significativamente maior do que a refeição de AIG/ACG, que nesse tempo obteve uma diminuição rápida na glicemia, porém não atingiu valores hipoglicêmicos (< 70 mg/dL) ⁽¹⁷⁾.

Nesses dois estudos, os autores concluíram que refeições de BCG, mesmo com diferentes IG, induzem a melhor mudança metabólica durante o período pós-prandial e durante o exercício do que com ACG. Deve-se destacar ainda que a refeição de AIG pode não ser recomendada, pois foi observada nesse mesmo trabalho uma maior incidência de desconforto abdominal para a dieta de AIG/BCG.

Já nos trabalhos de Chen et al. e Wong et al. ^(20, 21), que possuem um mesmo desenho experimental, testando refeições pré-exercício de AIG, BIG e controle, mas com consumo de bebida CHO durante o exercício, a AACG no período pós-prandial foi significativamente maior no AIG em relação às outras duas sessões experimentais. Porém, em ambos os estudos a resposta glicêmica foi semelhante durante o exercício entre as refeições testadas. Dessa forma, o consumo de CHO durante o exercício parece minimizar as diferenças metabólicas advindas do IG da refeição, pois se torna uma fonte

energética prontamente absorvida, sem necessitar da produção de insulina ⁽¹²⁾, garantindo a manutenção da glicemia em níveis normoglicêmicos.

Com uma proposta de estudo diferente, Cocate et al. ⁽²²⁾ avaliaram o efeito de duas refeições diárias de AIG ou BIG por cinco dias consecutivos, em uma amostra também composta por homens, porém submetidos ao exercício em cicloergômetro, a uma intensidade superior (85 a 95% da $FC_{máx}$) por 30 minutos, que foi realizado 90 minutos após o jejum no primeiro e quinto dia do período da intervenção.

Nesse estudo o pico glicêmico foi atingido com 30 minutos, sendo o único momento em que houve diferença significativa entre as refeições pré-exercício, com a de AIG atingindo valores maiores em relação à de BIG no primeiro e quinto dia de teste. Além disso, a AACG foi significativamente maior após o consumo de AIG em relação ao BIG.

Apesar de não haver diferença significativa entre os dias de teste para a refeição de BIG, foi notada uma diferença temporal entre 30 e 60 minutos após a ingestão no quinto dia, com níveis mais elevados em 30 minutos, sugerindo que a resposta glicêmica mais estável, esperada após o consumo de BIG, pode não ser mantida quando alimentos de BIG são ingeridos por vários dias consecutivos. Esse resultado ressalta a importância de um acompanhamento nutricional por um profissional da área, não permitindo que o organismo sofra uma estagnação metabólica.

Com 45 minutos de ingestão pré-exercício três estudos foram selecionados ⁽²³⁻²⁵⁾, todos realizaram exercício em cicloergômetro e com intensidade alta, e para isso contavam com uma amostra bem treinada, sendo que o primeiro avaliou homens e mulheres, enquanto os outros apenas homens.

No estudo de Kern et al. (2007) ⁽²³⁾ foi avaliado o efeito de uma alimentação pré-exercício de AIG e MIG, e a resposta glicêmica foi avaliada apenas no momento pré e pós exercício. No resultado foi observada uma diminuição significativa da glicemia com o exercício em ambos os procedimentos, e esta resposta foi similar entre os gêneros. Este comportamento sugere que a diferença glicêmica não foi suficiente para obter um impacto significativo na glicemia, o que também foi observado no estudo de Backhouse et al. ⁽¹⁵⁾.

Nos outros dois estudos ^(24, 25) foram testadas refeições de AIG e BIG, e em ambos a glicemia teve um aumento significativamente maior nos 45 minutos pós-prandial no AIG. Porém, apenas o estudo de Moore et al. (2009) ⁽²⁴⁾ apresentou diferença entre os procedimentos durante o exercício, sendo que após 20 minutos de exercício com ingestão de BIG a glicemia se manteve mais alta em relação ao AIG em todos os outros pontos de medição, mas significativamente maior apenas no fim do exercício.

Apesar da glicemia ter se mantido em níveis normoglicêmicos durante todo o exercício nos dois estudos citados a cima, diferentemente dos demais trabalhos selecionados para essa revisão, esses apresentaram um achado em comum, observaram valores de glicemia abaixo de 63 mg/dL (3,5 mmol/L) durante o exercício. Sendo que foram dois indivíduos no estudo de Moore et al. (2009) ⁽²⁴⁾ e três no trabalho de Moore et al. (2010) ⁽²⁵⁾, tanto no procedimento com AIG quanto no de BIG. No entanto, em nenhum episódio foram relatados sintomas de hipoglicemia, e não foi citado nos trabalhos se os avaliados foram os mesmos em ambos os procedimentos, o que reforçaria o posicionamento de Jeukendrup et al. (2010) ⁽³⁾ a partir da observação de alguns estudos realizado pelo seu grupo de trabalho, que alguns indivíduos são mais propensos a desenvolver hipoglicemia enquanto outros são mais resistentes, embora

ainda não esteja claro na literatura todos os fatores que contribuem para essa suscetibilidade individual.

Diante disso, é recomendado um estudo individual, por parte de um nutricionista, destinado a identificar a existência dessa suscetibilidade, na intenção de encontrar soluções para evitar um episódio de hipoglicemia. Nesse sentido, diante dos resultados discutidos nessa revisão, essas soluções poderiam ser, a preferência pela ingestão de CHO de BIG antes da atividade, a adoção de um tempo de ingestão pré-exercício mais longo, o consumo de bebida CHO durante o exercício, ou até mesmo o consumo de CHO bem próximo ao início do exercício, como apresentado no estudo de Karamanolis et al. (2011) ⁽²⁶⁾ discutido a seguir.

Por fim, estes autores ⁽²⁶⁾ avaliaram o consumo alimentar 15 minutos pré-exercício, comparando o efeito de refeições de AIG, BIG e placebo, em uma amostra composta por homens durante um exercício em esteira com intensidade variando progressivamente de 60 a 80% do $VO_{2máx}$, aproximadamente durante 90 minutos, pois se tratava de um exercício até a exaustão.

Com 15 minutos pós-prandiais a glicemia aumentou significativamente no AIG em relação às outras duas condições, mas com 15 minutos de exercício a concentração glicêmica caiu rapidamente nessa mesma condição, tendendo ao mesmo nível do BIG e placebo. Em seguida a glicemia aumentou gradualmente durante o exercício em todos os procedimentos, sendo significativamente maior no final do exercício no BIG em relação aos demais.

Apesar de 15 minutos pré-exercício para ingestão alimentar ser um tempo que mais se aproxima da realidade do praticante de atividade física matinal, era esperado uma redução acentuada na glicemia na fase inicial do exercício, normalmente 15

minutos, devido ao efeito somatório da ação da insulina e da contração muscular no consumo da glicose ^(3, 7), o que não ocorreu nesse estudo, pois esse período de 15 minutos entre a refeição e o exercício parece não ser suficiente para aumentar a insulina a seu nível máximo de ação que ocorre entre 20 a 40 minutos ⁽³⁾.

CONCLUSÕES

É possível considerar que existem evidências científicas indicando que alimentos de BIG causam menor alteração glicêmica pós-prandial, o que pode acarretar em um comportamento mais estável ao longo do exercício, tornando-se uma estratégia nutricional mais conservadora para a população em geral. Deve-se destacar ainda que uma refeição oferecida entre 15 e 45 minutos antes do início do exercício pode não ser o mais indicado, devido ao pico de ação da insulina ocorrer normalmente nesse período, o que somado à ação da contração muscular poderia desencadear um quadro de hipoglicemia de rebote. Além disso, existe a necessidade de estudos futuros que determinem e expliquem quais fatores contribuem para a suscetibilidade individual para desenvolver hipoglicemia.

AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de agradecer ao apoio financeiro obtido pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais, Programa de Reestruturação e Expansão das

Universidades Federais e Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior.

POTENCIAL CONFLITO DE INTERESSES

Os autores declaram que não há conflito de interesses.

REFERÊNCIAS

1. Burke LM, Hawley JA, Wong SHS, Jeukendrup AE. Carbohydrates for training and competition. *Journal of Sports Sciences* 2011; 29: S17-S27.
2. Jenkins DJA, Wolever TMS, Taylor RH, Barker H, Fielden H, Baldwin JM, et al. Glycemic index of foods: a physiological basis for carbohydrate exchange. *The American Journal of Clinical Nutrition* 1981; 34: 362-6.
3. Jeukendrup AE, Killer SC. The Myths Surrounding Pre-Exercise Carbohydrate Feeding. *Annals of Nutrition and Metabolism* 2010; 57: 18-25.
4. Brand-Miller J, Buyken AE. The glycemic index issue. *Current Opinion in Lipidology* 2012; 23: 62-7.
5. Brand-Miller J, McMillan-Price J, Steinbeck K, Caterson I. Dietary Glycemic Index: Health Implications. *Journal of the American College of Nutrition* 2009; 28: 446S-9S.
6. Esfahani A, Wong JMW, Mirrahimi A, Srichaikul K, Jenkins DJA, Kendall CWC. Glycemic Index: Physiological Significance. *Journal of the American College of Nutrition* 2009; 28: 439S-45S.
7. Mondazzi L, Arcelli E. Glycemic Index in Sport Nutrition. *Journal of the American College of Nutrition* 2009; 28: 455S-63S.
8. O' Reilly J, Wong SHS, Chen Y. Glycemic Index, Glycaemic Load and Exercise Performance. *Sports Medicine* 2010; 40: 27-39.
9. Faria VC, Cazal MM, Cabral CAC, Marins JCB. Influência do índice glicêmico na glicemia em exercício físico aeróbico. *Motriz: Revista de Educação Física* 2011; 17: 395-405.
10. Cocate PG, Marins JCB. Efeito de três ações de "café da manhã" sobre a glicose sanguínea durante um exercício de baixa intensidade realizado em esteira rolante. *Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano* 2007; 9: 67-75.
11. Altoé JL, Silva RP, Ferreira FG, Makkai L, Amorim PRS, Volpe S, et al. Blood glucose changes before and during exercise with three meal conditions. *Gazzetta Medica Italiana. Archivio per le Scienze Mediche (Testo stampato)* 2011; 170: 177-84.
12. McArdle WD, Katch FI, Katch LF. *Fisiologia do exercício: energia, nutrição e desempenho humano*. 5. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2003.
13. Coyle EF, Coggan AR, Hemmert MK, Lowe RC, Walters TJ. Substrate usage during prolonged exercise following a preexercise meal. *Journal of Applied Physiology* 1985; 59: 429-33.

14. Nybo L, Moller K, Pedersen BK, Nielsen B, Secher NH. Association between fatigue and failure to preserve cerebral energy turnover during prolonged exercise. *Acta Physiol Scand* 2003; 179: 67-74.
15. Backhouse SH, Williams C, Stevenson E, Nute M. Effects of the glycemic index of breakfast on metabolic responses to brisk walking in females. *European Journal of Clinical Nutrition* 2007; 61: 590-6.
16. Stevenson EJ, Astbury NM, Simpson EJ, Taylor MA, Macdonald IA. Fat Oxidation during Exercise and Satiety during Recovery Are Increased following a Low-Glycemic Index Breakfast in Sedentary Women. *Journal of Nutrition* 2009; 139: 890-7.
17. ADA. Standards of Medical Care in Diabetes - 2012. *Diabetes Care* 2012; 35: S11-S63.
18. Chen Y, Wong SH, Wong C, Lam C, Huang Y, Siu PM. The effect of a pre-exercise carbohydrate meal on immune responses to an endurance performance run. *British Journal of Nutrition* 2008; 100: 1260-8.
19. Chen YJ, Wong SH, Wong CK, Lam CW, Huang YJ, Siu PM. Effect of Preexercise Meals With Different Glycemic Indices and Loads on Metabolic Responses and Endurance Running. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism* 2008; 18: 281-300.
20. Chen YJ, Wong SHS, Chan COW, Wong CK, Lam CW, Siu PMF. Effects of glycemic index meal and CHO-electrolyte drink on cytokine response and run performance in endurance athletes. *Journal of Science and Medicine in Sport* 2009; 12: 697-703.
21. Wong SHS, Chan OW, Chen YJ, Hu HL, Lam CW, Chung PK. Effect of Preexercise Glycemic-Index Meal on Running When CHO-Electrolyte Solution Is Consumed During Exercise. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism* 2009; 19: 222-42.
22. Cocate PG, Pereira LG, Marins JCB, Cecon PR, Bressan J, Alfenas RCG. Metabolic responses to high glycemic index and low glycemic index meals: a controlled crossover clinical trial. *Nutrition Journal* 2011; 10: 1-10.
23. Kern M, Heslin CJ, Rezende RS. Metabolic and performance effects of raisins versus sports gel as pre-exercise feedings in cyclists. *Journal of Strength and Conditioning Research* 2007; 21: 1204-7.
24. Moore LJS, Midgley AW, Thomas G, Thurlow S, McNaughton LR. The Effects of Low – and High – Glycemic Index Meals on Time Trial Performance. *International Journal of Sports Physiology and Performance* 2009; 4: 331-44.
25. Moore LJS, Midgley AW, Thurlow S, Thomas G, Mc Naughton LR. Effect of the glycaemic index of a pre-exercise meal on metabolism and cycling time trial performance. *Journal of Science and Medicine in Sport* 2010; 13: 182-8.

26. Karamanolis IA, Lapidis KS, Volaklis KA, Douda HT, Tokmakidis SP. The Effects of Pre-Exercise Glycemic Index Food on Running Capacity. *Physiology & Biochemistry* 2011; 32: 666-71.

ARTIGO 2**Metabolic response to different glycemic indexes of pre-exercise meal and different types of hydration during exercise**

Valéria Cristina de Faria¹

João Carlos Bouzas Marins¹

Gustavo Antônio de Oliveira²

Samuel de Souza Sales²

Fernando Fonseca dos Reis²

Luciana Moreira Lima²

1. Department of Physical Education - Federal University of Viçosa, MG, Brazil.

2. Department of Medicine and Nursing - Federal University of Viçosa, MG, Brazil.

Correspondence should be sent to:

Rua Pará de Minas, 273, apto 01– Centro – 36570-000 – Florestal, MG.

E-mail: valeriaefiufv@yahoo.com.br

Metabolic response to different glycemic indexes of pre-exercise meal and different types of hydration during exercise

Abstract

This study assessed the metabolic response after pre-exercise meals with different glycemic indexes (GI) and in the fasting state and adopting different types of hydration. Twelve healthy physically active men performed four experimental tests; two with pre-exercise meals of high GI (HGI) and low GI (LGI), and two were conducted in the fasting state with hydration: water (H₂O) and carbohydrate drink (CHO). Each test consisted of a pre-exercise rest period of 30 minutes followed by 60 minutes of cycle ergometer with continuous load equivalent to 60% of the extrapolated maximal oxygen uptake (VO_{2MaxExt}). During exercise, participants were hydrated every 15 minutes with 3 mL per kg body weight. There was no difference in substrate oxidation, and lower postprandial glycemic alteration was observed, caused by the LGI meal, although not significant, as well as an increase in the potassium levels at the end of exercise after LGI meal, being significant in relation to fasting with CHO. In addition, there was maintenance of blood glucose at stable and higher levels during exercise in relation to the other tests in the fasting with CHO procedure. The data suggest that despite the similar metabolic behavior between LGI and HGI meals, the adoption of LGI meal before morning exercise appear to be a more suitable feeding practice due to the greater propensity of rebound hypoglycemia after HGI meal and when morning exercise is performed in the fasting state, hydration with CHO seems to minimize the hypoglycemic risk arising from this state.

Keywords: carbohydrate, breakfast, fasting, carbohydrate drink, blood glucose.

Resposta metabólica a diferentes índices glicêmicos da refeição pré-exercício e a diferentes tipos de hidratação durante o exercício

Resumo

Este estudo avaliou a resposta metabólica após refeições pré-exercício com diferentes índices glicêmicos (IG) e em estado de jejum adotando diferentes tipos de hidratação. Doze homens saudáveis e fisicamente ativos realizaram quatro testes experimentais, sendo dois com refeições pré-exercício, de alto IG (AIG) e baixo IG (BIG), e dois realizados em estado de jejum diferenciados pela hidratação, água (H₂O) e bebida carboidratada (CHO). Cada teste consistiu de um período de repouso pré-exercício de 30 minutos, seguido por 60 minutos de cicloergômetro com carga contínua equivalente a 60% do consumo máximo de oxigênio extrapolado (VO₂MaxExt). Durante o exercício os participantes eram hidratados a cada 15 minutos, sendo 3mL por kg de peso corporal. Não houve diferença na oxidação de substratos, observou-se uma menor alteração glicêmica pós-prandial causada pela refeição de BIG, porém não significativa, e uma elevação dos níveis de potássio no final do exercício após a refeição de BIG, sendo significativa em relação ao jejum CHO. Além disso, houve uma manutenção da glicemia em níveis estáveis e mais altos durante o exercício em relação aos demais no procedimento de jejum CHO. Os dados sugerem que apesar do comportamento metabólico semelhante entre a refeição de AIG e BIG, a adoção da refeição de BIG antes da atividade física matinal se configura como uma prática alimentar mais adequada tendo em vista a maior propensão de hipoglicemia de rebote após refeição de AIG, e quando realizado em jejum a hidratação com CHO parece minimizar o risco hipoglicêmico advindo deste estado.

Palavras-chave: índice glicêmico, carboidrato, refeição pré-exercício, bebida carboidratada.

Introduction

The glycemic index (GI) of food reflects its absorption rate and subsequent glycemic response, which may occur more quickly and at higher levels in the case of high glycemic index (HGI > 70), or more slowly and at lower levels in the case of low glycemic index (LGI < 55) (Jeukendrup, & Killer, 2010).

This functional tool has been widely used to determine the most suitable pre-exercise meal for the maintenance of blood glucose levels during physical exercise (Jeukendrup et al., 2010), avoiding the occurrence of hypoglycemia (blood glucose < 70 mg / dL) (ADA, 2012). Special attention is devoted to the performance of morning physical activity because due to climatic conditions and labor activities, it is a time of great preference by the population, and it is the time of day in which the individual's muscle and liver glycogen reserves are depleted due to the overnight fasting period (McArdle, Katch, & Katch, 2003).

In this context, it is known that in practical terms, the time prior to physical activity for food intake is restricted (Brasil, Pinto, Cocate, Chácará, & Marins, 2009), and breakfast can lead to rebound hypoglycemia (Coyle, Coggan, Hemmert, Lowe, & Walters, 1985), which occurs due to high glucose uptake by the muscle, caused by the action of high insulin levels, which also inhibits lipolysis, added to the muscular action itself (Jeukendrup et al., 2010). This condition obviously impairs an ideal performance during exercise, and should then be avoided. Moreover, training performed in total fasting state can also accelerate the onset of a hypoglycemia condition during exercise, which is also harmful.

Thus, given that hypoglycemia levels are related to sickness, nausea, malaise, and in some extreme cases, with fainting, harming not only the quality of the activity,

but exposing the organism to a risk condition (Nybo, Moller, Pedersen, Nielsen , & Secher, 2003), the aim of this study was to evaluate the metabolic response after pre-exercise meals with different glycemic indexes and in fasting state adopting different types of hydration.

Methods

Sample

Twelve healthy and physically active men (age 22.9 ± 2 years, body weight 74 ± 5.5 kg, VO_{2max} 42.2 ± 8.9 ml.kg⁻¹.min⁻¹) voluntarily participated in this study. The following inclusion criteria were considered: the regular performance of physical activities, absence of cardiovascular risk factors and any chronic degenerative disease. The experimental procedure was approved by the Research Ethics Committee (REC) of the institution with process number 140/2011 and all participants signed the Informed Consent Form (ICF) endorsed by the REC.

Preliminary tests

Initially, participants completed the Informed Consent Form, the PAR-Q questionnaire (Pollock , & Wilmore, 1993), a medical history, and were submitted to clinical and anthropometric evaluations (Biodynamics Model 310e, Seattle, WA, USA), and to submaximal test to determine the workload.

To determine the workload, a metabolic gas analyzer (VO-2000, Aerosport, Medgraphics, St. Paul, Minnesota) was used during test in electromagnetic cycle ergometer (SciFit model ISO1000, Oklahoma, United States) with load increment up to 85% of the $MHR_{calculated}$, which was obtained by the equation $THR_{training\ heart\ rate} = \%$

$(HR_{max} - HR_{rest}) + HR_{rest}$ (Karvonen, Kentala , & Mustala, 1957), in which HR_{max} was calculated by the equation $MHR_{calculated} = 202 - 0.72 (\text{age})$ (Jones, Makrides, Hitchcock, Chypchar , & McCartney, 1985). This test started with a 3-minute warm-up exercise with load corresponding to the body weight of each volunteer, and from this load, 30 W were added every minute until reaching the target HR. With the aim of preserving the volunteer's physical integrity and according with Marsh (2012), extrapolated $VO_2 \text{ max}$ (VO_{2MaxEx}) was adopted to calculate the workload, as it was obtained from equation generated by a linear regression with HR and O_2 consumption values recorded during exercise up to the time it was stopped (85% of the $MHR_{calculated}$), and from it, the load corresponding to 60% of the VO_{2MaxEx} was determined.

Feeding and Training Control

To minimize the influence of diet and physical activity prior to each experimental test on muscle and liver glycogen reserves, the subject was instructed to make a 24-hour food recall before the first test and keep a similar diet to the other tests. This record was repeated every test to ensure the achievement of the same diet standard. During the experimental period, the participants were asked to maintain their physical activity routine, avoiding exercising only on the test day.

GI of Meals

Two dietary procedures according to the GI of meals were adopted, with nutritional composition detailed in Table 1. Meals were LGI and HGI, both with hydration with water during exercise.

Table 1 - Nutrition Composition of Pre-exercise Meals

Meal	Components	Nutritional analysis	GI estimated
HGI	80g Banana	529.4 kcal	70
	1Ceral bar	83% CHO (95.9 g)	
	3 slices of bread	7% Protein (8.1 g)	
	10 g of margarine	10% Fat (11.2 g)	
	300 ml of CHO beverage		
	15g of glucose		
LGI	130 g of apple	544.7 kcal	37
	30 g of All Bran	81% CHO (98.3 g)	
	100 ml of whole milk	9% Protein (10.6 g)	
	1 slice of whole bread	10% Fat (11.8 g)	
	200 ml of grape juice		
	7,5 g of margarine		
	23 g of fructose		

The GI of meals was calculated based on the method of Wolever and Jenkins (1986) with GI values taken from the International GI Table (Foster-Powell et al., 2002), and in the absence of the exact food, the value corresponding to the most similar food was used.

The GI of meals was calculated by the method of Wolever and Jenkins (Wolever , & Jenkins, 1986) with GI values taken from the International Table of GI (Foster-Powell, Holt , & Brand-Miller, 2002), and in the absence of the exact food, the value of the food that most resembled was used. Besides these procedures, two other procedures in the fasting state were also performed and are differentiated by the type of hydration: water or carbohydrate drink (CHO).

During each experimental test, fasting blood samples and in 15-minute intervals during rest and every 20 minutes during exercise were obtained. The equipment used was i-StatOne Blood Analyzer (i-Stat ® Abbott, Illinois, USA) with cartridge CG8, obtaining blood samples by venipuncture in one of the forearm superficial veins with placement of scalp and collection of 1 ml of blood in each sampling time. Analyses of blood glucose, hematocrit, hemoglobin, calcium, sodium and potassium were performed. In addition, gas analysis was performed (VO-2000, Aerosport, Medgraphics, St. Paul, Minnesota) in periods of 5 minutes every 20 minutes of exercise.

To evaluate the fluid balance, body weight and urine density were recorded before and after exercise and urine volume was recorded after exercise, and weight loss was calculated (initial weight - final weight) (Osterberg, Pallardy, Johnson , & Horswill, 2010).

Statistical Analysis

For statistical analysis, the Kolmogorov-Smirnov normality test was performed, and its results were used in the analysis of variance (ANOVA), followed by Tukey test and Kruskal-Wallis test followed by Dunn's test to analyze differences between variables with normal distribution or not, respectively. To identify differences before and after exercise, the paired t-test was used. The significance level adopted was 5%. The Sigma Stat version 1.0 and Excell software were used to perform analysis and plot graphs, respectively.

Results

Cardiovascular parameters, heart rate and blood pressure were similar between procedures both in the pre-exercise period and during 60 minutes of cycle ergometer, ensuring that everyone had equal preconditions and were submitted to the same exercise intensity.

Among the four experimental procedures, no differences were observed in pre-exercise body weight, temperature and relative humidity of the laboratory, indicating that the volunteers performed the tests in similar anthropometric and environmental conditions. No difference in energy and macronutrient intake of the previous day was observed, suggesting that their pre-exercise glycogen reserves were similar.

Of the 48 tests performed, only one was not completed (HGI procedure), which was stopped at 35 minutes of exercise, because the volunteer showed symptoms of dizziness, nausea and cold sweat, similar to those of hypoglycemia, in this case rebound hypoglycemia.

There was no significant difference in mean respiratory quotient (RQ) between procedures throughout exercise, as well as the oxidation values of CHO and fat (Table 2).

Blood glucose levels

There was a glycemic peak in the rest period 15 min after the ingestion of HGI and LGI meals in relation to fasting procedures ($p < 0.01$), but not significantly different from one another. After 20 minutes of exercise, pre-exercise food intake procedures kept a similar behavior, only showing reduced blood glucose levels compared to the other procedures ($p < 0.01$). At 40 and 60 minutes of exercise, fasting with H₂O showed

glucose concentration lower than that of fasting with CHO ($p = 0.015$). The glycemic response during the four procedures is shown in Figure 2.

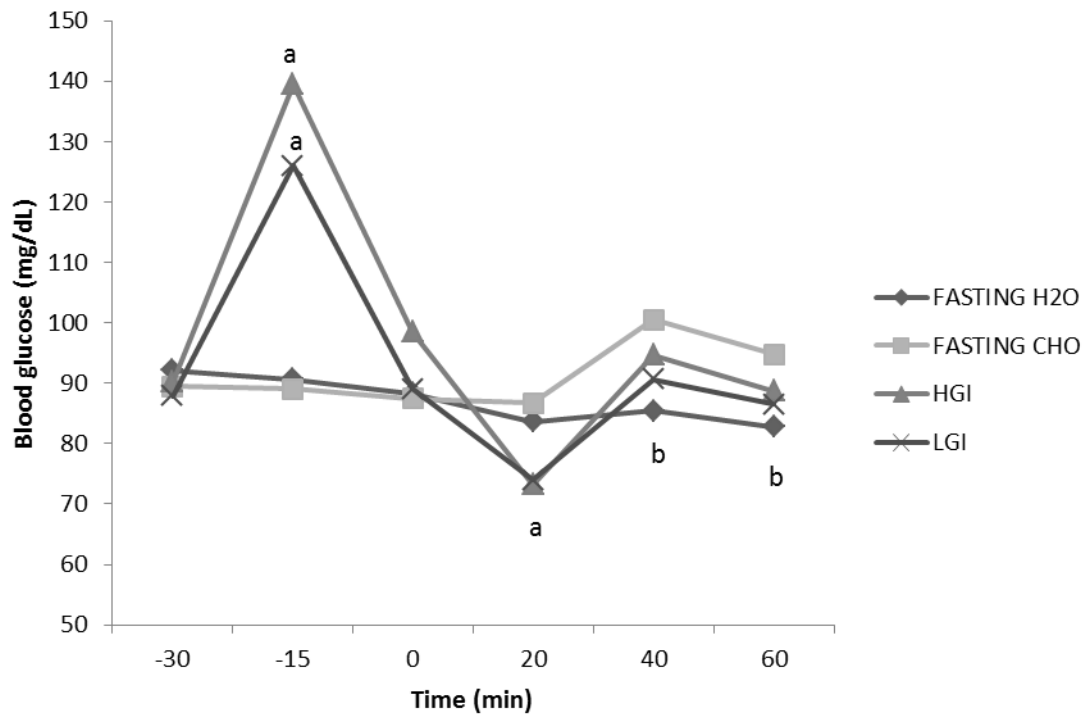


Figure 2: Blood glucose concentration (mg / dL) during rest and exercise in the four procedures. ^a $p < 0.01$: HGI vs. LGI fasting procedures. ^b $p = 0.015$: fasting with CHO vs. fasting with H₂O.

Hematocrit and hemoglobin

The hemoglobin and hematocrit concentrations showed no significant differences between procedures at all evaluation times; however, in all tests, exercise caused an increase in these variables in relation to rest (Table 3).

Table 2: Respiratory quotient (RQ), CHO oxidation and fat oxidation in different periods during exercise.

Test	RQ				CHO oxidation (g.min ⁻¹)				Fat oxidation (g.min ⁻¹)			
	0-5 min	20-25 min	40-45 min	55-60 min	0-5 min	20-25 min	40-45 min	55-60 min	0-5 min	20-25 min	40-45 min	55-60 min
Fasting/H₂O	0,89 ± 0,06	0,86 ± 0,05	0,86 ± 0,07	0,87 ± 0,08	1,5 ± 0,76	1,16 ± 0,62	1,13 ± 0,66	1,2 ± 0,71	0,33 ± 0,21	0,4 ± 0,2	0,4 ± 0,19	0,38 ± 0,2
Fasting/CHO	0,89 ± 0,12	0,86 ± 0,1	0,86 ± 0,12	0,87 ± 0,12	1,45 ± 1,02	1,15 ± 0,86	1,11 ± 1,03	1,16 ± 1,07	0,34 ± 0,4	0,4 ± 0,3	0,41 ± 0,45	0,35 ± 0,46
HGI	0,92 ± 0,09	0,86 ± 0,09	0,86 ± 0,09	0,87 ± 0,08	1,79 ± 1,12	1,42 ± 0,8	1,18 ± 0,83	1,2 ± 0,78	0,24 ± 0,3	0,43 ± 0,3	0,4 ± 0,33	0,4 ± 0,32
LGI	0,91 ± 0,06	0,86 ± 0,06	0,84 ± 0,08	0,86 ± 0,08	1,61 ± 0,83	1,09 ± 0,55	0,94 ± 0,57	1,04 ± 0,67	0,24 ± 0,17	0,4 ± 0,25	0,35 ± 0,29	0,38 ± 0,31

Table 3: Hematocrit and hemoglobin levels during rest and exercise.

Test	Hematocrit (%)							Hemoglobin (g/dL)						
	-30 min	-15 min	0 min	20 min	40 min	60 min	p	-30 min	-15 min	0 min	20 min	40 min	60 min	p
Fasting/H₂O	44,9 ± 2,5	43,2 ± 2,6	45,3 ± 2,7	47,7 ± 2*	47,5 ± 2,1*	47,4 ± 1,9*	< 0,001	15,3 ± 0,9	14,7 ± 0,9	15,4 ± 0,9	16,2 ± 0,7*	16,1 ± 0,7*	16,1 ± 0,6*	< 0,001
Fasting/CHO	44,2 ± 2,4#	43 ± 3,1	45,1 ± 2,5	47,8 ± 2,3*	47,2 ± 2,3*	46,2 ± 2,3	< 0,001	15 ± 0,8#	14,6 ± 1	15,3 ± 0,8	16,3 ± 0,8*	16 ± 0,8*	15,7 ± 0,8	< 0,001
HGI	44,7 ± 2,6#	44,6 ± 2,8#	45 ± 2,8#	48,1 ± 2,1	46,7 ± 2,1	46,5 ± 2,4	0,005	15,2 ± 0,9#	15,2 ± 1#	15,3 ± 0,9#	16,3 ± 0,7	15,9 ± 0,7	15,8 ± 0,8	0,005
LGI	44,4 ± 2,7	45,6 ± 2	46,9 ± 1,9	48,1 ± 2,2¥	47,8 ± 2,6¥	47 ± 2,5	0,003	15,1 ± 0,9	15,5 ± 0,7	15,9 ± 0,7	16,4 ± 0,7¥	16,2 ± 0,9¥	16 ± 0,8	0,002

Time difference for hematocrit and hemoglobin in each experimental test: * vs. -15 min; # vs. 20 min; ¥ vs. -30 min.

Calcium, sodium and potassium

There were differences between groups regarding potassium concentration at 60 minutes of exercise, being higher in LGI procedure in relation to fasting with CHO ($p = 0.019$). Calcium concentrations remained constant throughout the testing period in all procedures; however, sodium and potassium levels increased after the onset of exercise, and at the end of exercise, sodium levels returned to resting values, while potassium values remained high throughout the exercise (Figure 3).

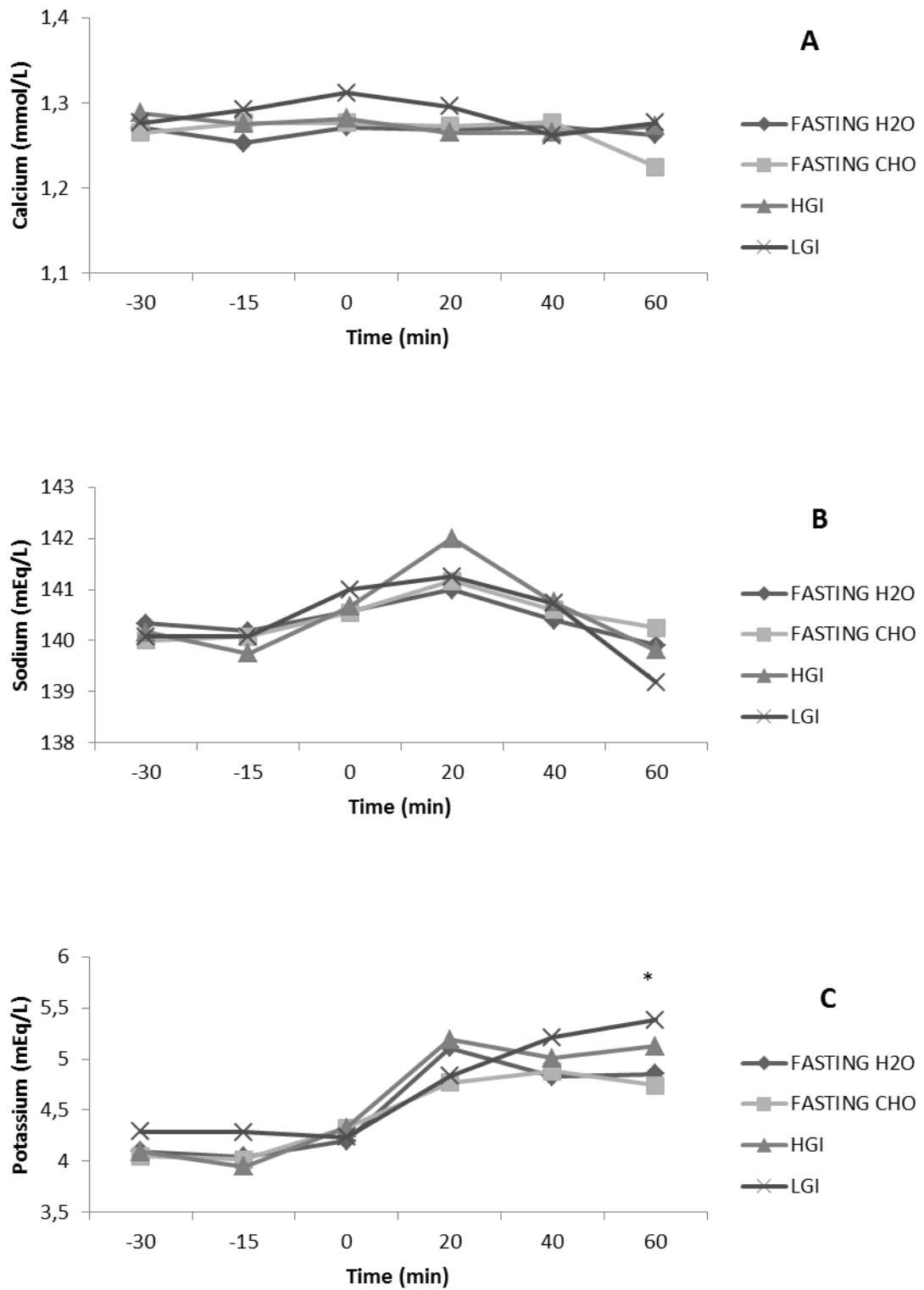


Figure 3: Total blood calcium (mmol / L), sodium and potassium concentrations (mEq / L) during rest and exercise in the four procedures. C: * $p = 0.019$: LGI vs. fasting with CHO.

Fluid balance

All parameters related to fluid balance are given in Table 4, among which only the final urine volume differed between groups, being higher in HGI compared to fasting with H₂O ($p = 0.041$). Moreover, there was a significant difference ($p = 0.007$) between initial and final urine density in the HGI procedure.

Table 4 - Hydration parameters

n=12	Fasting with H ₂ O	Fasting with CHO	HGI	LGI	P
Initial BW (Kg)	73.4 ± 5.7	73.5 ± 5.8	73.9 ± 5.6	73.9 ± 5.6	0.993
Final BW (Kg)	73.4 ± 5.7	73.6 ± 5.9	73.5 ± 5.7	73.9 ± 5.5	0.996
Urine volume (ml)	40 (30 – 55)*	40 (32.5 – 70)	70 (51.2 – 157.5)*	67.5 (40 – 90)	0.041
Weight loss (Kg)	0.05 (-0.15 – 0.20)	-0.03 (-0.23 – 0.13)	0.07 (-0.15 – 0.475)	0.05 (-0.15 – 0.150)	0.608
Initial urine density	1.024 ± 0.004	1.026 ± 0.006	1.024 ± 0.005 [§]	1.025 ± 0.003	0.450
Final urine density	1.024 ± 0.007	1.024 ± 0.008	1.016 ± 0.009 [§]	1.022 ± 0.007	0.056

n = sample size; CHO = carbohydrate drink; HGI = high glycemic index, LGI = low glycemic index; BW = body weight.

* $p = 0.041$: HGI vs. fasting with H₂O.

§ $p = 0.007$: between initial and final urine density HGI.

Discussion

The aim of this study was to evaluate the metabolic response after pre-exercise meals with different glycemic indexes and in the fasting state using different types of hydration. With these different nutritional strategies prior to physical activity, the study investigated which would be the most conservative nutritional strategy to the general population, since the time between breakfast and the onset of physical activity is restricted to most people, between 15 to 30 minutes, according to Brasil et al. (2009).

The main findings of this study were the lower postprandial glycemic alteration caused by LGI meal, elevation in the potassium levels at the end of exercise, and maintenance of blood glucose at stable levels and higher during exercise in relation to the other nutritional strategies in the fasting with CHO procedure.

HGI foods stimulate greater and faster insulinemic and glycemic response, the latter actually occurred in this study (Figure 2). This behavior has been associated with increased absorption of available glucose, which is enhanced during physical exercise, since there is translocation of the glucose transporter protein (GLUT-4) to the surface of the muscle fibers caused by its contractions (Jeukendrup et al., 2010).

High insulin levels can inhibit lipolysis, making the energy consumption increasingly dependent on CHO oxidation as observed in some studies (Karamolis, Laparidis, Volaklis, Douda, & Tokmakidis, 2011, Stevenson, Astbury, Simpson, Taylor, & Macdonald, 2009, Chen, Wong, Wong, Lam, Huang, & Siu, 2008). In the present study, regardless of dietary intake of HGI or LGI or fasting state with hydration with H₂O or CHO-electrolyte drink, no difference was observed in CHO and fat oxidation during exercise (Table 2), which is consistent with result of the study by Moore,

Midgley, Thomas, Thurlow, and McNaughton (2009), who compared HGI and LGI, and with results obtained by Chen, Wong, Chan, Wong, Lam, and Siu (2009) and (Wong, Chan, Chen, Hu, Lam, & Chung, 2009), who assessed pre-exercise meals with different GI but with hydration during exercise with CHO-electrolyte drink. The current results can be justified by the presence of fructose in the LGI meal composition, since the metabolism of fructose in the liver occurs from the second glycolysis reaction, being readily oxidized (Lê, & Tappy, 2006) and thus showing a behavior similar to HGI meal, as evidenced by the study of (Sun, Wong, Huang, & Tsang, 2012).

In the postprandial glycemic response, there was a peak 15 minutes after ingestion of both meals, with significant differences in relation to fasting procedures, but unlike the vast majority of studies (Karamolis et al., 2011, Stevenson et al., 2009, Chen et al., 2008, Moore, Midgley, Thomas, Thurlow, & McNaughton, 2009, Chen, Wong, Chan, Wong, Lam, & Siu, 2009, Wong et al., 2009, Backhouse, Williams, Stevenson, & Nute, 2007, Chen, Wong, Wong, Lam, Huang, & Siu, 2008, Cocate, Pereira, Marins, Cecon, Bressan, & Alfenas, 2011, Kern, Heslin, & Rezende, 2007); (Moore, Midgley, Thurlow, Thomas, & Naughton, 2010), it showed no difference between pre-exercise HGI and LGI meals (Figure 2).

Although with no significant differences, pre-exercise HGI meal showed higher glycemic elevation in relation to LGI meal at 15 postprandial minutes and at 30 minutes, immediately before the onset of exercise, blood glucose levels in LGI procedure had already reached baseline while those of HGI procedure still showed higher values (Figure 2). These results may have a clinical implication, since blood glucose and insulin levels are higher in response to HGI meal, and if exercise starts with levels still high, there may be a rapid decrease in blood glucose levels in the first

moments of exercise, usually at 15 minutes (Jeukendrup et al., 2010), which is a phenomenon called rebound or reactive hypoglycemia (Coyle et al., 1985).

The decrease in plasma glucose levels actually occurred at 20 minutes of exercise (Figure 2), but with both pre-exercise meals, HGI and LGI; however, the mean values remained within the normoglycemic range (70 to 99 mg / dL) (ADA, 2012). Nevertheless, it is noteworthy that the intensity adopted in this study was low, 60% of the VO_{2MaxEx} , and that values below 70 mg / dL could be achieved during high-intensity exercise.

Considering the report of Jeukendrup et al. (2010) in which some individuals are more likely to develop hypoglycemia, it could be observed that in both HGI as LGI pre-exercise meal at 20 minutes of exercise, 33.3% of volunteers had glucose values below 70 mg / dL, and from these, only one showed the same hypoglycemic values in both meals, and only one volunteer, when submitted to HGI procedure, dropped out due to hypoglycemia symptoms previously mentioned (Nybo et al., 2003). These results point out to the need for monitoring the individual impact of pre-exercise diet, especially in athletes submitted to systematic training, since individual characteristics may or may not facilitate a condition of rebound hypoglycemia.

From 20 minutes and throughout the exercise, fasting with CHO obtained glucose values similar to those of HGI and LGI procedures, which agrees with the results of Chen et al. (2009) and Wong et al. (2009), who showed that the CHO consumption during exercise minimizes the metabolic difference arising from GI.

The data obtained in this study demonstrated that the risks in performing exercises in the fasting state can be minimized by hydration with CHO, when significantly higher blood glucose values compared to fasting with H₂O at 40 and 60

minutes of exercise are observed (Figure 2). It was also observed that at 60 minutes of exercise, only in fasting with H₂O procedure, blood glucose levels below 70 mg / dL were recorded, and that this showed a tendency to decrease, which would allow a higher occurrence of hypoglycemic values in case exercise is prolonged. This behavior was also observed in a previous study (Faria, Cazal, Cabral , & Marins, 2011); however, no significant difference was observed between fasting procedures.

The results of the fluid balance showed greater final urine volume ($p = 0.041$) in the HGI procedure, which is consistent with the fact that the final urine density was significantly lower ($p = 0.007$) compared to the initial volume in the same procedure. That was the only fluid change observed, which does not prevent us from concluding that the type of hydration adopted in experimental tests (3 ml / kg body weight) was sufficient to maintain the initial state of volunteers, since there was no significant body weight loss after exercise. However, in all procedures, participants were hypo-hydrated to begin the exercise (urine density $> 1.020 \text{ g.ml}^{-1}$), according to (Casa, Armstrong, Montain, Rich , & Stone, 2000).

Hydration was also sufficient to maintain hematocrit (40 to 54%) and hemoglobin values (13.5 to 18 g / dL) at normal levels for men (Fischbach, 2003); however, exercise duration and intensity adopted in this experiment provided hemoconcentration during exercise (Table 3), which warns us about the importance of adequate hydration especially during physical activities longer and more intense than usual, considering that individuals begin their physical practice dehydrated, as observed in the present study and reported by other authors (Peacock, Stokes , & Thompson, 2011, Marins , & Ferreira, 2005, Pereira, Assis , & Navarro, 2010).

A progressive dehydration condition will cause a decrease in plasma volume during the exercise, leading to cardiovascular adaptation by increasing the heart rate in an attempt to maintaining sufficient cardiac output to meet the active muscles and assist in the thermoregulatory mechanism, since the venous return and consequently the systolic volume are affected (SBME, 2003, Carvalho , & Mara, 2010). In certain extreme dehydration conditions, the cardiovascular adaptation can trigger a collapse, producing a cardiac arrest (Somboonwong, Sanguanrungririkul , & Pitayanon, 2012).

Of ions evaluated, only sodium maintained throughout the exercise within normal values (135 to 145 mEq / L) (Scott, LeGrys , & Klutts, 2008), whereas ionic calcium (1.15 to 1.33 mmol / L) (Endress , & Rude, 2008) and potassium (3.5 to 5.0 mEq / L) (Scott et al., 2008) showed values above physiological limit. Although no significant difference was observed between the four procedures for the total calcium and sodium levels (figure 3A and 3B), significantly higher potassium levels were observed at the end of 60 minutes of exercise in the LGI procedure compared to fasting with CHO (Figure 3C). This can be attributed to the lower stimulation of insulin release caused by LGI food in contrast to stimulation every 15 minutes caused by CHO, as hypoinsulinemia can be considered as a possible cause of hyperpotassemia (Neto , & Neto, 2003), or due to the total composition of potassium in the LIG meal be greater when compared to HIG meal (964 mg vs. 599 mg).

The elevation of potassium levels at the beginning of exercise in all procedures occurs because during physical activity, it is released from the intracellular medium to the extracellular medium of the muscle tissue and then into the bloodstream, and as this tissue is the largest potassium deposit in the body (Neto et al., 2003), changes caused by exercise are highlighted, and were also observed by other authors (Marins, Dantas , & Navarro, 2002; de Carvalho, Marins , & Silami-Garcia, 2007).

Despite the similar metabolic behavior between LGI and HGI meals, the adoption of LGI meal before morning exercise appears to be the most suitable nutritional strategy due to the greater propensity of rebound hypoglycemia after HGI meal. When performed in fasting, hydration with CHO seems to minimize the hypoglycemic risk arising from this state.

Limiting factor in this study was not done the analysis of the insulin response, which prevented us to make a better assessment of the behavior of potassium. However, further studies are needed to assess the potassium behavior during exercise after LGI meal.

Acknowledgments

We would like to thank to the financial support obtained by Foundation for Research Support of the State of Minas Gerais, Program Restructuring and Expansion of Federal Universities and Coordination of Improvement of Higher Education Personnel.

Potential conflict of interest

The authors declare that there are no conflicts of interest.

References

- ADA (2012). Standards of Medical Care in Diabetes. *Diabetes Care*, 35, S11-S63.
- Backhouse, S. H., Williams, C., Stevenson, E. and Nute, M. (2007). Effects of the glycemic index of breakfast on metabolic responses to brisk walking in females. *European Journal of Clinical Nutrition*, 61, 590-596.
- Brasil, T., Pinto, J., Cocate, P., Chácara, R. and Marins, J. C. B. (2009). Avaliação do hábito alimentar de praticantes de atividade física matinal. *Fitness & Performance Journal*, 8, 153-163.
- Carvalho, T. and Mara, L. S. (2010). Hidratação e Nutrição no Esporte. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 16, 144-148.
- Casa, D. J., Armstrong, L. E., Montain, S. J., Rich, B. S. E. and Stone, J. A. (2000). National Athletic Trainers' Association Position Statement: Fluid Replacement for Athletes. *Journal of Athletic Training*, 35, 212-224.
- Chen, Y. J., Wong, S. H., Wong, C. K., Lam, C. W., Huang, Y. J. and Siu, P. M. (2008). The effect of a pre-exercise carbohydrate meal on immune responses to an endurance performance run. *British Journal of Nutrition*, 100, 1260-1268.
- Chen, Y. J., Wong, S. H., Wong, C. K., Lam, C. W., Huang, Y. J. and Siu, P. M. (2008). Effect of Preexercise Meals With Different Glycemic Indices and Loads on Metabolic Responses and Endurance Running. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 18, 281-300.
- Chen, Y. J., Wong, S. H. S., Chan, C. O. W., Wong, C. K., Lam, C. W. and Siu, P. M. F. (2009). Effects of glycemic index meal and CHO-electrolyte drink on cytokine response and run performance in endurance athletes. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 12, 697-703.
- Cocate, P. G., Pereira, L. G., Marins, J. C. B., Cecon, P. R., Bressan, J. and Alfenas, R. C. G. (2011). Metabolic responses to high glycemic index and low glycemic index meals: a controlled crossover clinical trial. *Nutrition Journal*, 10, 1-10.

Coyle, E. F., Coggan, A. R., Hemmert, M. K., Lowe, R. C. and Walters, T. J. (1985). Substrate usage during prolonged exercise following a preexercise meal. *Journal of Applied Physiology*, 59, 429-433.

de Carvalho, M. V., Marins, J. C. B. and Silami-Garcia, E. (2007). The influence of water versus carbohydrate-electrolyte hydration on blood components during a 16-km military march. *Military Medicine*, 172, 79-82.

Endress, D. B. and Rude, R. K. (2008). *Bone diseases. In: Tietz Fundamentals of Clinical Chemistry*. Saunders.

Faria, V. C., Casal, M. M., Cabral, C. A. C. and Marins, J. C. B. (2011). Influência do índice glicêmico na glicemia em exercício físico aeróbico. *Motriz*, 17, 395-405.

Fischbach, F. T. (2003). *A Manual of Laboratory and Diagnostic Tests: Lippincott Williams & Wilkins*.

Foster-Powell, K., Holt, S. H. A. and Brand-Miller, J. C. (2002). International table of glycemic index and glycemic load values: 2002. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 76, 5-56.

Jeukendrup, A. E. and Killer, S. C. (2010). The myths surrounding pre-exercise carbohydrate feeding. *Annals of Nutrition & Metabolism*, 57, 18-25.

Jones, N. L., Makrides, L., Hitchcock, C., Chypchar, T. and McCartney, N. (1985). Normal standards for an incremental progressive cycle ergometer test. *The American Review of Respiratory Disease*, 131, 700-708.

Karamolis, I. A., Laparidis, K. S., Volaklis, K. a., Douda, H. T. and Tokmakidis, S. P. (2011). The effects of pre-exercise glycemic index food on running capacity. *International Journal of Sports Medicine*, 32, 666-671.

Karvonen, J. J., Kentala, E. and Mustala, O. (1957). The effects of training on heart rate, a "longitudinal" study. *Annales Medicinae Experimentalis et Biologiae Fenniae*, 35, 307-315.

Kern, M., Heslin, C. J. and Rezende, R. S. (2007). Metabolic and performance effects of raisins versus sports gel as pre-exercise feedings in cyclists. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21, 1204-1207.

Lê, K. A. and Tappy, L. (2006). Metabolic effects of fructose. *Current Opinion in Clinical Nutrition & Metabolism Care*, 9, 469-475.

Marins, J. C. B., Dantas, E. H. M. and Navarro, S. Z. (2002). Diferentes tipos de hidratação durante o exercício prolongado e sua influência sobre o potássio plasmático. *Fitness and Performance Journal*, 1, 31-40.

Marins, J. C. B. and Ferreira, F. G. (2005). Nível de Conhecimento dos Atletas Universitários da UFV Sobre Hidratação. *Fitness and Performance Journal*, 4, 176.

McArdle, W. D., Katch, F. I. and Katch, L. F. (2003). *Fisiologia do exercício: energia, nutrição e desempenho humano*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan.

Moore, L. J. S., Midgley, A. W., Thomas, G., Thurlow, S. and McNaughton, L. R. (2009). The Effects of Low – and High –Glycemic Index Meals on Time Trial Performance. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 4, 331-344.

Moore, L. J. S., Midgley, A. W., Thurlow, S., Thomas, G. and Naughton, L. R. M. (2010). Effect of the glycaemic index of a pre-exercise meal on metabolism and cycling time trial performance. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 13, 182-188.

Neto, O. M. V. and Neto, M. M. (2003). Distúrbios do equilíbrio hidroeletrólítico. *Medicina, Ribeirão Preto*, 36, 325-337.

Nybo, L., Moller, K., Pedersen, B. K., Nielsen, B. and Secher, N. H. (2003). Association between fatigue and failure to preserve cerebral energy turnover during prolonged exercise. *Acta Physiologica Scandinava*, 179, 67-74.

Osterberg, K. L., Pallardy, S. E., Johnson, R. J. and Horswill, C. A. (2010). Carbohydrate exerts a mild influence on fluid retention following exercise-induced dehydration. *Journal of Applied Physiology*, 108, 245-250.

Peacock, O. J., Stokes, K. and Thompson, D. (2011). Initial hydration status, fluid balance, and psychological affect during recreational exercise in adults. *Journal of Sports Sciences*, 29, 897-904.

Pereira, E. R., Assis, F. R. and Navarro, F. (2010). Perfil e hábitos de hidratação dos corredores de rua de Curitiba, categoria amador. *Revista Brasileira de Nutrição Esportiva*, 4, 336-344.

Pollock, M. L. and Wilmore, J. H. (1993). *Exercício na saúde e na doença*. Rio de Janeiro: Medsi.

SBME (2003). Modificações dietéticas, reposição hídrica, suplementos alimentares e drogas: comprovação de ação ergogênica e potenciais riscos para a saúde. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 9, 43-56.

Scott, M. G., LeGrys, V. A. and Klutts, J. S. (2008). *Electrolytes and blood gases*. In: *Tietz Fundamentals of Clinical Chemistry*. Saunders.

Somboonwong, J., Sanguanrungrasirikul, S. and Pitayanon, C. (2012). Heat illness surveillance in schoolboys participating in physical education class in tropical climate: an analytical prospective descriptive study. *BMJ Open*, 2, e000.

Stevenson, E. J., Astbury, N. M., Simpson, E. J., Taylor, M. A. and Macdonald, I. A. (2009). Fat Oxidation during Exercise and Satiety during Recovery are Increased following a Low-Glycemic Index Breakfast in Sedentary Women. *The Journal of Nutrition*, 139, 890-897.

Sun, F. H., Wong, S. H. S., Huang, Y. J. and Tsang, K. F. (2012). Substrate utilization during brisk walking is affected by glycemic index and fructose content of a pre-exercise meal. *European Journal of Applied Physiology*, 112, 2565-2574.

Wolever, T. M. S. and Jenkins, D. J. A. (1986). The use of the glycemic index in predicting the blood glucose response to mixed meals. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 43, 167-172.

Wong, S. H. S., Chan, O. W., Chen, Y. J., Hu, H. L., Lam, C. W. and Chung, P. K. (2009). Effect of Preexercise Glycemic-Index Meal on Running When CHO-Electrolyte Solution Is Consumed During Exercise. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 19, 222-242.

ARTIGO 3**Venous blood gases and cardiorespiratory parameters during aerobic exercise with different pre-exercise diet and hydration**

Valéria Cristina de Faria^a

João Carlos Bouzas Marins^a

Samuel de Souza Sales^b

Gustavo Antônio de Oliveira^b

Fernando Fonseca dos Reis^b

Juscélia Cristina Pereira^a

Luciana Moreira Lima^b

^a Department of Physical Education - Federal University of Viçosa, MG

^b Department of Medicine and Nursing - Federal University of Viçosa, MG

Corresponding author: Valéria Cristina de Faria

E-mail address - valeriaefiufv@yahoo.com.br

Full postal address – Street Pará de Minas, 273, Apartment 01. Florestal – MG, Brazil

Phone numbers – (55) 31-9227-8653

Venous blood gases and cardiorespiratory parameters during aerobic exercise with different pre-exercise diet and hydration

Abstract

Objective: To evaluate venous blood gases before and during cycle ergometer activity for one hour after three breakfast nutritional procedures offered 30 minutes before in the attempt to establish correlations between possible changes in cardiorespiratory parameters of volunteers. Design: Twelve healthy male practitioners of regular physical activity (22.9 ± 1.9 years of age, 74 ± 5.5 kg, 1.77 ± 0.06 m of height) were submitted to four experimental sessions. Methods: The sessions differed by pre-exercise meal and hydration, as follows: high glycemic index / water; low glycemic index / water; in fasting state / water; and in fasting state / carbohydrate beverage (60 g/L). Results: No significant difference was observed in the cardiorespiratory parameters of participants among the four experimental procedures, since the venous blood gases parameters showed significant differences for pH and pO_2 . The moment that showed the most significant correlations between venous blood gases and cardiorespiratory parameters was at 40 minutes of exercise. Conclusions: The results demonstrate that the four experimental procedures were able to maintain the venous blood gases and cardiorespiratory parameters of participants, which was probably due to the maintenance of the hydration status.

KEYWORDS: Gasometry; Heart Rate; Blood Pressure; Physical Exercise.

Gasometria venosa e parâmetros cardiorrespiratórios durante o exercício aeróbico com diferentes dietas pré-exercício e hidratação

Resumo:

Objetivo: acompanhar e avaliar os gases sanguíneos antes e durante uma atividade em cicloergômetro com uma hora de duração, após três procedimentos nutricionais de “café da manhã” oferecidos 30 minutos antes, buscando estabelecer as correlações entre as possíveis alterações com os parâmetros cardiorrespiratórios dos voluntários. Desenho: Doze indivíduos voluntários, do sexo masculino, praticantes de atividade física regular ($22,9 \pm 1,9$ anos de idade; $74 \pm 5,5$ kg; $1,77 \pm 0,06$ m) foram submetidos a quatro sessões experimentais. Métodos: As sessões se diferenciaram pela refeição pré-exercício e hidratação, sendo: alto índice glicêmico / água; baixo índice glicêmico / água; em estado de jejum / água; e em estado de jejum / bebida carboidratada (60 g/l). Resultados: Não foi observada diferença significativa nos parâmetros cardiorrespiratórios dos participantes entre os quatro procedimentos experimentais, já os parâmetros da gasometria venosa apresentaram diferenças significativas para o pH e o pO₂. O momento que mais apresentou correlações significativas entre os parâmetros da gasometria venosa e os parâmetros cardiorrespiratórios foi aos 40 minutos de exercício. Conclusões: Os resultados demonstram que os quatro procedimentos experimentais foram capazes de manter os parâmetros cardiorrespiratórios e hemogasométricos dos participantes, o que provavelmente ocorreu devido à manutenção do estado de hidratação.

PALAVRAS-CHAVE: Gasometria, Frequência Cardíaca, Pressão Arterial, Exercício Físico.

1. Introduction

The ingestion of food 2 to 3 hours before the beginning of exercise for adequate gastric emptying is recommended (Ribeiro, 2005), which in turn affects the intestinal absorption of liquids and nutrients, and this result has already been shown in studies offering meals 2 hours before exercise (Burke et al., 1998, Chen et al., 2009, Wong et al., 2009). However, the extension of this period, as well as the intake of large amounts of carbohydrates near physical activity can lead to hypoglycemia and other organic changes that may be influenced by the glycemic index of the diet (Wong et al., 2009).

However, for athletes and active individuals who perform physical exercise in the early morning, between 5 and 8 p.m., this recommendation becomes impossible or difficult to implement given that both have limited time for breakfast, 30 to 45 min before exercise, according to most respondents in studies carried out by Brasil et al. (2009). Furthermore, the performance of physical activities of competitive character lasting about one hour is quite common. Thus, only the consumption of water is not recommended, since it can cause hypoglycemia, fatigue and decreased performance (SBME, 2009), particularly when the exercise is performed in the fasting state.

While changes in carbohydrate metabolism during exercise associated to different types of breakfast have been widely studied with glucose (Faria et al., 2011, Moore et al., 2010) and serum insulin (Moore et al., 2010, Wong et al., 2009), the behavior of blood gases in similar situation is not yet fully consolidated in literature. It is known that exercise promotes several simultaneous changes in plasma concentrations of ions and CO₂ (Lindingir, 2003), and that each of these changes can directly affect the physicochemical interactions between hydronium ion (H⁺) and hydroxyl (OH⁻), thus changing blood pH and other dependent variables.

Thus, the objective of this study was to evaluate blood gases 30 minutes before and during 1-hour cycle ergometer activity after three breakfast nutritional procedures: a) high glycemic index, b) low glycemic index, c) in the fasting state, administering two different forms of hydration: water and carbohydrate beverage with concentration of 60 g/L, seeking to establish correlations between possible changes with the cardiorespiratory parameters of volunteers.

2. Methods

The study included 12 healthy male practitioners of regular physical activities (22.9 ± 1.9 years of age, 74 ± 5.5 kg, 1.77 ± 0.06 m of height). The project was approved by the Research Ethics Committee (REC) of the Federal University of Viçosa, under number 140/2011 and all volunteers signed an informed consent form (ICF) previously approved. The following inclusion criteria were considered: be practitioner of regular physical activities, do not have cardiovascular risk factors and do not have any kind of chronic degenerative disease. Each subject underwent five stages:

Stage 1: Filling of the informed consent form, PAR-Q questionnaire (Pollock et al., 1993), interview (available in the Avaesporte[®] physical evaluation software), clinical and anthropometric assessment (Biodynamics Model 310e, Seattle, WA, USA), and workload determination. For determining the workload, a gas analyzer was used (MedGraphics VO₂₀₀₀, Minnesota, USA) during test in electromagnetic cycle ergometer (SciFit model ISSO1000, Oklahoma, USA), with load increment until reaching 85% of $MHR_{\text{calculated}}$, which was obtained by the following equation: $THR_{\text{training heart rate}} = \% (HR_{\text{max}} - HR_{\text{rest}}) + HR_{\text{rest}}$ (Karvonen et al., 1957), and HR_{max} was calculated by the equation: $MHR_{\text{calculated}} = 202 - 0.72 (\text{age})$ (Jones et al., 1985). The submaximal test was started with a three-minute warm up exercise with load corresponding to the body weight of each volunteer, and from this point, 30 W was added every minute until reaching the target HR. With the intention of preserving the volunteer's physical integrity and in accordance with Marsh (2012) (Marsh, 2012), extrapolated VO_2 max was adopted ($VO_{2\text{MaxEx}}$) to calculate the workload, which was obtained from the equation generated by a linear regression with HR and O_2 consumption values recorded during the exercise up to the time it was stopped (85% of $MHR_{\text{calculated}}$), and from this, the load that would correspond to 60 to 70% of $VO_{2\text{MaxEx}}$ was determined.

Stage 2 to 5: Fasting with H₂O (water), Fasting with CHO (carbohydrate beverage), High Glycemic Index (HGI) and Low Glycemic Index (LGI) - performance of continuous exercise on an electromagnetic cycle ergometer (SciFit model ISO1000, Oklahoma, United States), for one hour and breakfast offered or not 30 minutes before

the exercise, with volunteer in fasting for 10 hours, being offered water or carbohydrate beverage (Gatorade ®), in case of the fasting with CHO, for hydration during the activity on a scheduled basis at intervals of 15 minutes, consuming 3 ml / kg body weight body.

LGI and HGI breakfasts, ranked according to McArdle et al. (2011), showed approximate distribution of macronutrients (carbohydrates, protein and lipids), being isocaloric. The standardization of the menu and the amount of LGI and HGI breakfasts served for all individuals in the sample did not depend on body weight and composition, similar to that used by Levine et al. (1983). The nutritional composition of both types of breakfast showed similar values in terms of Kcal and followed guidelines of Robergs and Roberts (2002) (Robergs, 2002), who recommended that smaller meals with contribution of up to 100 grams of carbohydrates can be offered without compromising performance. Both meals kept this recommendation, containing approximately 97 g of carbohydrates. Table 1 shows the ingredients used to prepare LGI and HGI breakfasts and their nutritional components.

Table 1 - Nutrition Composition of Pre-exercise Meals

Meal	Components	Nutritional analysis	GI estimated
HGI	80g Banana	529.4 kcal	70
	1 Ceral bar	83% CHO (95.9 g)	
	3 slices of bread	7% Protein (8.1 g)	
	10 g of margarine	10% Fat (11.2 g)	
	300 ml of CHO beverage		
	15g of glucose		
LGI	130 g of apple	544.7 kcal	37
	30 g of All Bran	81% CHO (98.3 g)	
	100 ml of whole milk	9% Protein (10.6 g)	
	1 slice of whole bread	10% Fat (11.8 g)	
	200 ml of grape juice		
	7,5 g of margarine		
	23 g of fructose		

The GI of meals was calculated based on the method of Wolever and Jenkins (1986) with GI values taken from the International GI Table (Foster-Powell et al., 2002), and in the absence of the exact food, the value corresponding to the most similar food was used.

The collection of blood samples for lactate, pH, PCO₂, PO₂, TCO₂, HCO₃, BE and SO₂ analyses were performed in fasting, immediately before consumption of the breakfast, as well as 15 and 30 minutes after breakfast intake. During the exercise, samples were collected at intervals of 20 minutes until the end of the 60-minute exercise. Lactate was analyzed using a portable analyzer (Accutrend, ® Roche, Mannheim, Germany), and for the other variables, i-Stat One Blood Analyzer was used (i-Stat ® Abbott, Illinois, USA) with CG8 cartridge. All samples were obtained by venipuncture in one of the superficial veins from the forearm with placement of scalp and collection of 1 mL of blood at all times.

The heart rate (HR) of participants was recorded in rest and at intervals of 10 minutes during each experiment using the Polar System Model S-610i. After the transfer of data to the computer, the HR was graphically recorded at intervals of 15 seconds, for statistical analysis, and the means of 15-minute intervals during rest and of 20 minute during exercise were considered, on which venous blood gases analysis was also performed.

Sphygmomanometer label Tycos® was used to measure systolic blood pressure (SBP) and diastolic blood pressure (DBP) at rest and during 20-minute intervals throughout the activity.

Anthropometric parameters of weight and height entered in the bioimpedance were obtained using a digital scale with accuracy of 50 g (Soehnle, model 7820.21, Asimed SA, Barcelona, Spain) and a stadiometer (Standard Sanny, American Medical do Brasil Ltda, São Paulo, Brasil), respectively.

To evaluate the fluid balance, body weight and urine density were recorded before and after exercise and urine volume was recorded after exercise, and weight loss was calculated (initial weight - final weight) (Osterberg et al., 2010).

2.1. Statistical analysis

Statistical analysis used the Kolmogorov-Smirnov normality test, and then, Analysis of Variance (ANOVA), Tukey test and Kruskal-Wallis test were applied, followed by Dunn test to analyze differences between the variables normally distributed or not, respectively. The Pearson correlation test was used to analyze correlations between variables. The significance level adopted for the study was 5%. The Sigma Stat version 1.0 and Excell software were used to perform the analysis and plot graphs, respectively.

3. Results

Table 2 shows the general characteristics of the sample. None of the 12 participants showed overweight or obesity, and all showed adequate physical fitness for the study. Absolute weight loss and other hydration parameters are shown in Table 3, according to the type of treatment received in each experimental session. The final urine volume was significantly greater when HGI nutrition was used when compared to hydration with H₂O. For the other parameters, significant differences were not observed.

Table 2 - Sample characterization

	Age (years)	Weight (kg)	Height (meters)	% BF	Lean weight (kg)	Fat weight (kg)	VO _{2MaxExt} (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)
Mean	22.9	74	1.77	13.23	64.5	9.82	42.2
SD	1.9	5.5	0.06	2.3	4.88	2.08	8.87

% BF = body fat percentage (estimated by bioelectrical impedance), SD = standard deviation; VO_{2MaxExt} = maximum oxygen volume (extrapolated).

Table 3 - Hydration parameters

n=12	Fasting with H ₂ O	Fasting with CHO	HGI	LGI	P
Initial BW (Kg)*	73.4 ± 5.7	73.5 ± 5.8	73.9 ± 5.6	73.9 ± 5.6	0.993
Final BW (Kg)*	73.4 ± 5.7	73.6 ± 5.9	73.5 ± 5.7	73.9 ± 5.5	0.996
Urine volume (ml)**	40 (30 – 55) ¥	40 (32.5 – 70)	70 (51.2 – 157.5) ¥	67.5 (40 – 90)	0.041
Weight loss (Kg)**	0.05 (-0.15 – 0.20)	-0.03 (-0.23 – 0.13)	0.07 (-0.15 – 0.475)	0.05 (-0.15 – 0.150)	0.608
Initial urine density*	1.024 ± 0.004	1.026 ± 0.006	1.024 ± 0.005 [§]	1.025 ± 0.003	0.450
Final urine density*	1.024 ± 0.007	1.024 ± 0.008	1.016 ± 0.009 [§]	1.022 ± 0.007	0.056

* Mean and standard deviation (ANOVA followed by Tukey test); ** Median and interquartile difference (Kruskal-Wallis followed by Dunn's test), n = sample size; BW = body weight; H₂O = water, CHO = carbohydrate beverage; HGI = high glycemic index, LGI = low glycemic index; ¥ significant difference between groups.

No significant difference in the cardiorespiratory parameters of participants was observed among the four experimental procedures of the study (Figure 1).

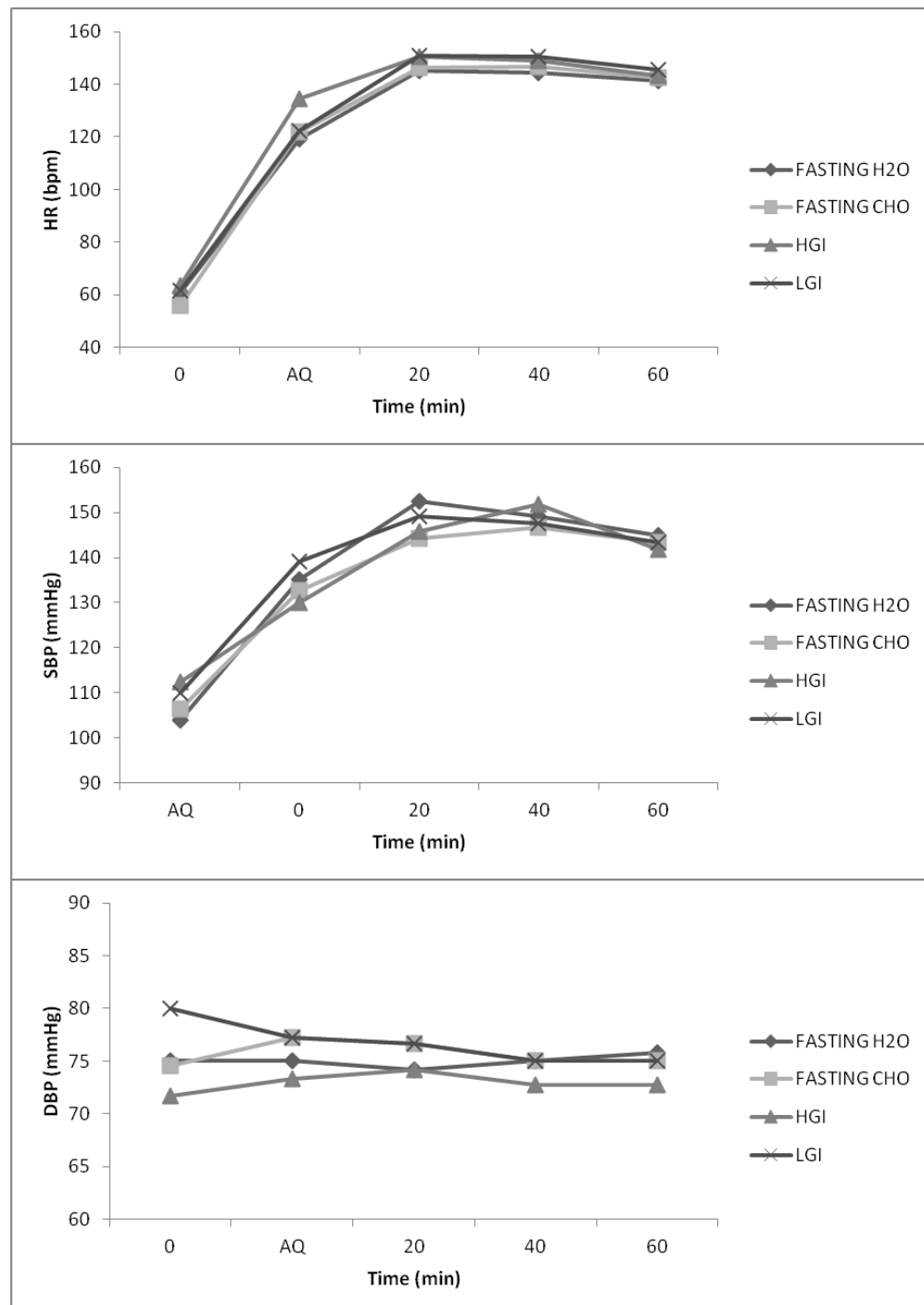


Figure 1 - Cardiorespiratory parameters: Temporal analysis of heart rate (HR), diastolic blood pressure (DBP) and systolic blood pressure (SBP) according to the four experimental procedures: Fasting with H₂O (water), Fasting with CHO (carbohydrate beverage), HGI (high glycemic index) and LGI (low glycemic index). No significant differences were observed for HR, SBP and DBP in the different procedures (ANOVA).

With respect to the venous blood gases parameters, significant differences were observed between experimental procedures only for pH and pO₂ (Figure 2). For the other parameters, no significant differences were observed (Figure 3).

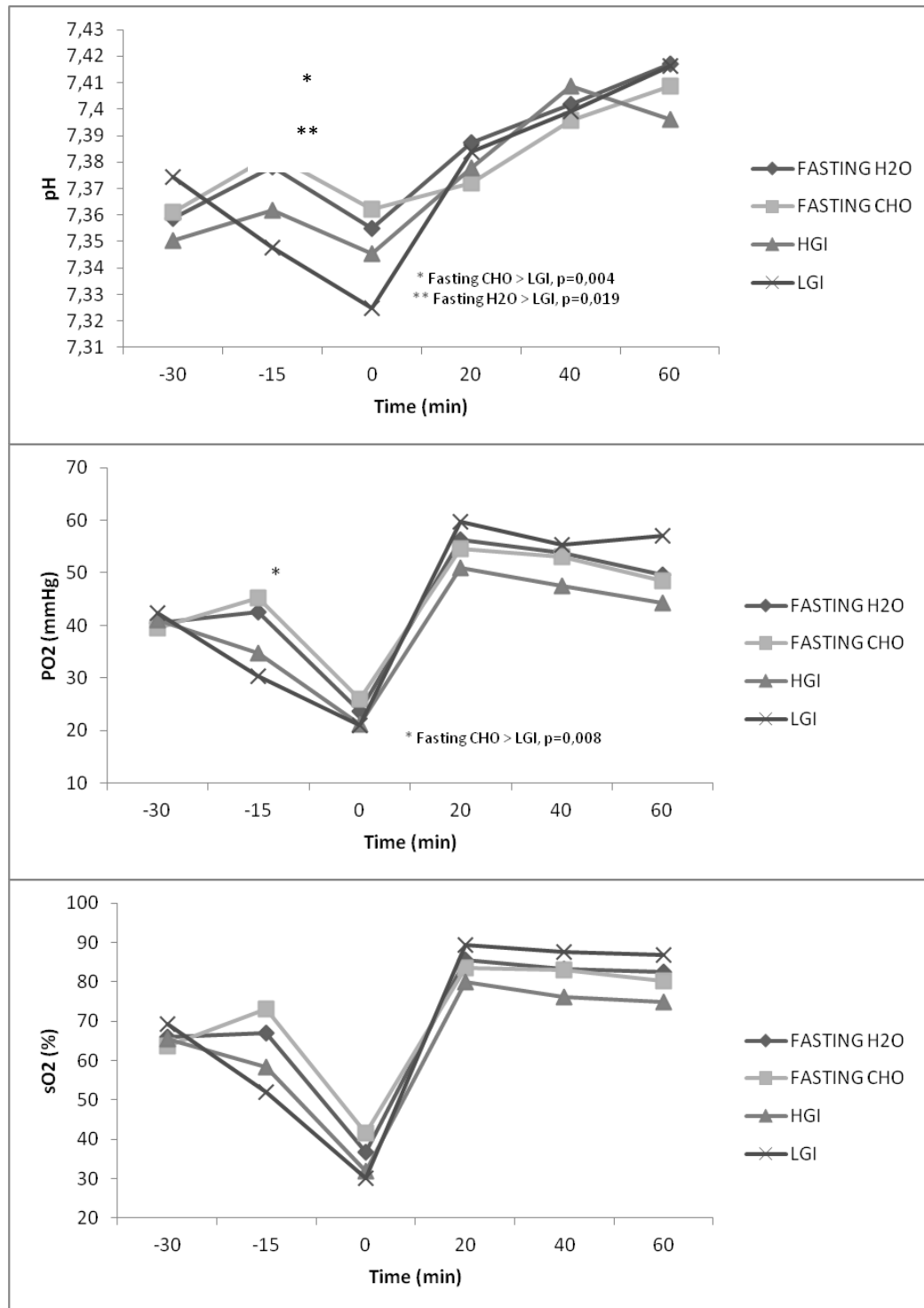


Figure 2 - Potential hydrogen, partial oxygen pressure and oxygen saturation: Temporal analysis of the hydrogen potential (pH), partial oxygen pressure (pO₂) and oxygen saturation (sO₂) according to the four experimental procedures: Fasting with H₂O (water), Fasting with CHO (carbohydrate beverage), HGI (high glycemic index) and LGI (low glycemic index). (*) Represents significant difference between experiments LGI and Fasting with CHO ($p < 0.01$ - ANOVA followed by Tukey test). (**) Represents significant difference between experiments Fasting with H₂O and LGI ($p = 0.008$ - ANOVA followed by Tukey test).

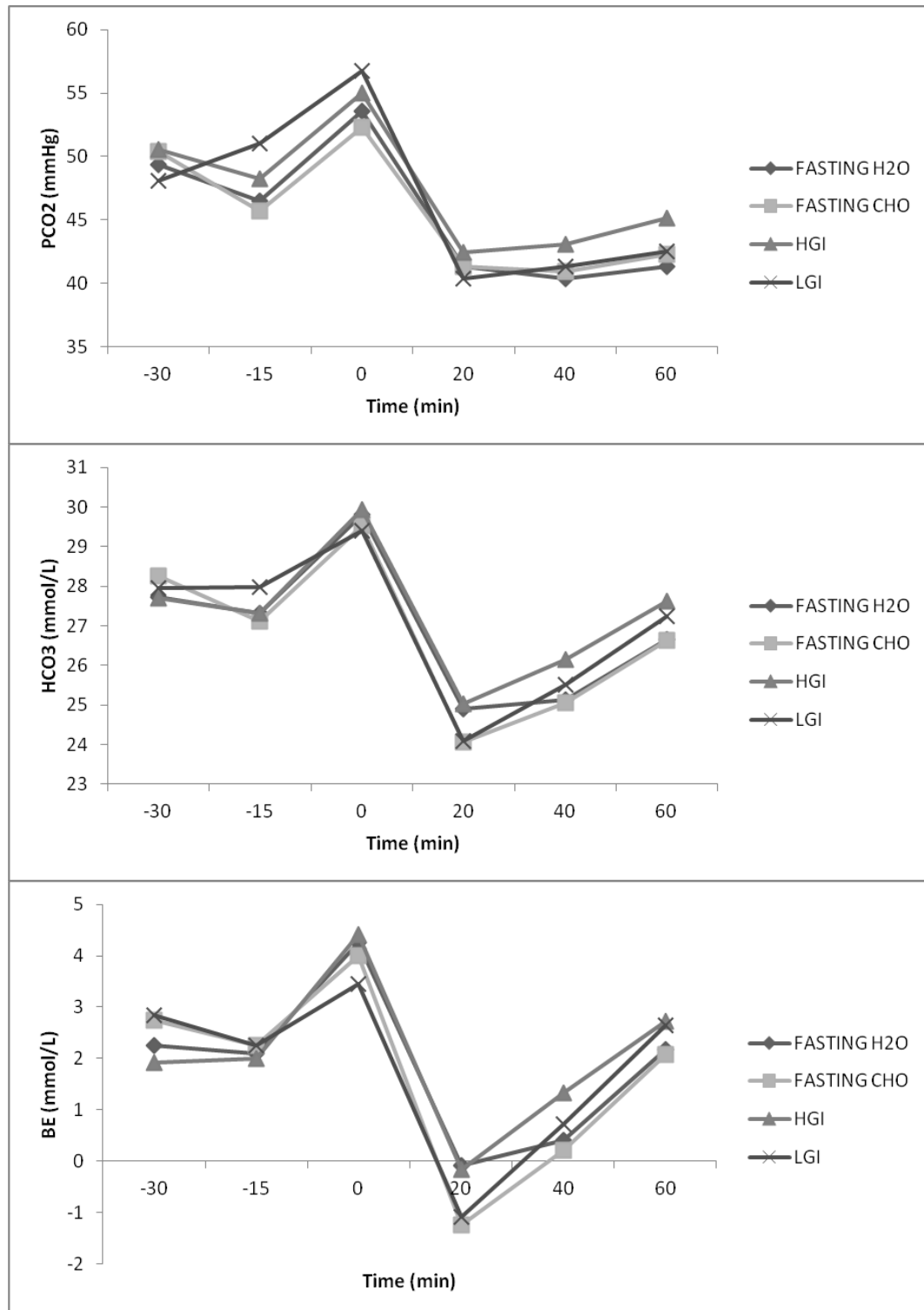


Figure 3 - Partial carbon dioxide pressure, bicarbonate ions and base excess: Temporal analysis of partial carbon dioxide pressure (pCO₂), bicarbonate ions (HCO₃⁻), and base excess (BE) according to the four experimental procedures: Fasting with H₂O (water), Fasting with CHO (carbohydrate beverage) HGI (high glycemic index) and LGI (low glycemic index). No significant differences were observed for pCO₂, HCO₃⁻ and BE in the different procedures (ANOVA).

The moment that showed most significant correlations between venous blood gases and cardiorespiratory parameters was at 40 minutes of exercise. Table 4 shows such correlations with their indexes and probabilities. Only between DBP and venous blood gases parameters, statistically significant correlations were not observed. Significant negative correlation between lactate levels and BE at 20 minutes of exercise was observed ($r = -0.31$, $p = 0.04$).

Table 4 - Significant correlations observed between variables and cardiorespiratory parameters

	Variables	R	p
Rest	SBP x BE	-0.38	0.010
	SBP x PO ₂	-0.31	0.039
20' of exercise	HR x PCO ₂	-0.62	<0.001
	HR x PO ₂	0.38	0.009
	HR x BE	-0.70	<0.001
	HR x HCO ₃ ⁻	-0.71	<0.001
	HR x TCO ₂	-0.71	<0.001
	HR x SO ₂	0.39	0.008
	SBP x PCO ₂	0.37	<0.001
40' of exercise	SBP x PO ₂	-0.36	0.018
	SBP x SO ₂	-0.34	0.027
	HR x PO ₂	0.44	0.003
	HR x BE	-0.69	<0.001
	HR x HCO ₃ ⁻	-0.71	<0.001
	HR x TCO ₂	-0.70	<0.001
	HR x SO ₂	0.49	0.001
60' of exercise	SBP x PCO ₂	-0.16	<0.001
	HR x PO ₂	0.36	0.015
	HR x BE	-0.48	<0.001
	HR x HCO ₃ ⁻	-0.55	<0.001
	HR x TCO ₂	-0.58	<0.001
	HR x SO ₂	0.39	0.009

r = correlation coefficient, SBP = systolic blood pressure; BE = base excess; PO₂ = partial oxygen pressure; PCO₂ = partial carbon dioxide pressure, HR = heart rate;- HCO₃⁻ = bicarbonate ions; TCO₂ = total carbon dioxide; SO₂ = oxygen saturation, p = probability for correlation tests.

4. Discussion

All variables previously monitored in experimental sessions such as weight, urine density, cardiovascular and blood gases parameters, showed no significant differences between each other. This ensures that all study participants started the experiment sessions in conditions of equality, which is essential for the comparison of different breakfast and hydration conditions in this study.

In all experimental sessions, the volunteers' hydration status was fully achieved, the final urine density (Armstrong, 2005) was equal to or slightly lower than the initial density and weight loss was insignificant (Table 3). The maintenance of the hydration status demonstrates the effectiveness of fluid replacement of 3 ml / kg body weight every 15 minutes during physical activity, confirming the results of other studies (Cocate et al., 2007, Faria et al., 2011) in which the hydration protocol maintains water homeostasis during exercise. This is important considering that the American College of Sports Medicine (Sawka et al., 2007) and the National Athletic Trainer's Association (Casa et al., 2000) recommend that water intake should begin hours before exercise, which is impractical for athletes and active individuals who perform physical exercises in the early morning.

Heart rate and systolic blood pressure underwent similar changes in all procedures, with no statistically significant differences when comparing the four experimental actions (Figure 1), which behavior was also similar in other studies (Cocate et al., 2007, Faria et al., 2011). This means to say that the consumption of HGI or LGI breakfast as proposed in this study is not able to influence the cardiovascular response. In practical terms, there is no increased risk of hypotension or hypertension during exercise, and the calculation of the target training zone will not be affected by the type of breakfast adopted.

The chronotropic and inotropic behavior in the four situations tested was similar (Figure 1). In dynamic exercises like cycle ergometer, the contractions are followed by joint movements and the cardiovascular response begins simultaneously with the warm-up phase, being dependent on the central activation of the sympathetic nervous system and on the reflexes originating from peripheral chemo and mechanoreceptors in the muscles involved (Forjaz et al., 2000). In addition, the cardiac output undergoes an

increase proportional to the exercise needs, to the individual's level of training and conditioning and mainly due to the increased heart rate. The high cardiac output seems to be the main responsible for the increase in blood pressure during exercise, which occurs mostly at the expense of the systolic component. Muscle activity leads to the production of metabolites that promote vasodilation in the active muscles, favoring the reduction in peripheral vascular resistance (Forjaz et al., 1998). Thus, dynamic exercises lead to increased systolic blood pressure and maintenance of the diastolic blood pressure (Montain, 2008), as occurred in the present study.

To evaluate the venous blood gases parameters, is important to know their normal values in the venous blood: pH (7.33 to 7.43), PCO_2 (38 to 50 mmHg), PO_2 (30 to 50 mmHg), TCO_2 (23 to 30 mmol / L), HCO_3^- (23 to 27 mmol / L), BE (-3 to +3 mmol / L), SO_2 (60 to 75%) (Scott et al., 2008), which showed differences during the rest period (-15min) to pH and PO_2 when comparing LGI procedure with the fasting procedures (Figure 2). The pH was lower in procedures with HGI or LGI breakfast, but only reached statistically significant levels ($p < 0.05$) in LGI meal. Similar behavior was observed for PO_2 , but only significant ($p = 0.008$) compared to fasting with carbohydrate beverage, even without methodological differences between fasting tests with water and carbohydrate beverage in the resting period.

There is a tendency to uniform compensation during exercise, regardless of the type of meal ingested. The organism develops important defense mechanisms for maintaining the acid-base balance, one of these is hyperventilation, which seems to overlap the meal effects. In this case, the organism tends to eliminate excess H^+ ions by combining with HCO_3^- ions, forming carbonic acid and eliminating it as CO_2 and water. This fact is especially noticeable in the first 20 minutes of exercise. Figure 2 shows an increase in pH after the onset of exercise and Figure 3 shows the decrease of the HCO_3^- and pCO_2 values. At the same time, there is an increase in pO_2 caused by hyperventilation (McArdle et al., 2011). Table 4 shows the close relationship between two fundamental systems that act during exercise, which complement each other. The increase in cardiac output, necessary to transport O_2 to tissues and the removal of metabolism products, which is achieved by increasing the ejection volume caused by systolic component and increased HR. At beginning of exercise, this pairing is still not efficient, being higher after an adaptation, as demonstrated in Table 4, which shows the

greatest number of correlations between blood gases and cardiorespiratory parameters at 40 minutes of exercise (McArdle et al., 2011).

During physical activity on cycle ergometer, no significant differences were observed among the four experimental procedures and all variations of blood gases parameters remained within physiological limits during all test periods, despite the significant correlations observed in Table 4. In submaximal exercises as in the present study, blood gases alterations remain relatively within physiological thresholds, since there is compensation at respiratory and metabolic level, keeping the system buffered (Putman et al., 2003). The exchange of ions, CO_2 and water between intracellular and extracellular environments favors the recovery of the acid-base homeostasis (Lindingir et al., 1994).

The maintenance of blood gases tensions is a primary function of the respiratory system, which is regulated by chemoreceptors sensitive to PCO_2 . Minor changes in CO_2 concentration can lead to changes in systemic pH and consequently to body enzymatic changes (Whipp et al., 1984). Buffering systems, especially HCO_3^- , are also essential for maintaining the pH level (Evora et al., 1999). Thus, small changes in a system lead to compensatory reactions in the other. At the end of the resting period, when volunteers were lying and relaxed, PCO_2 is maximum and PO_2 and SO_2 are minimum, demonstrating a reduced need for oxygen supply and consequently a possible lower ventilation rate with the resting state. This period also shows the lowest pH for all different experimental procedures, but the compensation leads to a concomitant increase in the HCO_3^- and BE concentrations at this moment (Figs. 2 and 3).

In the first twenty minutes of exercise, the organism undergoes many changes to adjust to the new metabolic needs. Heart rate and systolic blood pressure are increased as a ventilatory response to exercise. In response to increased CO_2 concentrations, resulting from muscle metabolism, there is a probable stimulation of the respiratory center and consequent increase in pulmonary ventilation, leading to decreased PCO_2 and significant increase in PO_2 and sO_2 . Thus, the oxygen supply is increased, which comes more easily to the muscle due to cardiovascular changes. With the decreased PCO_2 , pH levels increase, but its elevation does not exceed physiological limits due to the satisfactory response to decreased HCO_3^- and BE, who had their minimum values with twenty minutes of exercise (Figure 3). This behavior has been usually recorded under

conditions of submaximal exercise by Putman et al (2003) (Putman et al., 2003), and confirmed in this study, but with the clear evidence that both HGI and LGI breakfast did not influence this behavior, or even the consumption of water or sports beverages.

Other factors influence the maximum decrease in the HCO_3^- and BE levels in the first twenty minutes of exercise such as the increased lactate production during this period. During intense exercise, the organism releases catecholamines, which favors the oxidation of glucose by the muscle and therefore increase lactate production (McArdle et al., 2003). This increase in lactate production is dependent on the supply of glucose and oxygen that reach the exercised muscle while the use of lactate depends on the substrate oxidation rate by the muscle fibers and the uptake of circulating lactate by the liver (Tsuji et al., 1989). Under physiological conditions, lactic acid produced in excess is buffered by HCO_3^- , which showed minimal concentrations at twenty minutes of physical activity (Figure 3), when the lactate concentration was maximal in all different experimental models (Figure 4), reinforced by the negative correlation between lactate and BE levels ($r = -0.31$, $p = 0.04$). However, the maximum lactate values remained near the upper physiological threshold, increasing slightly.

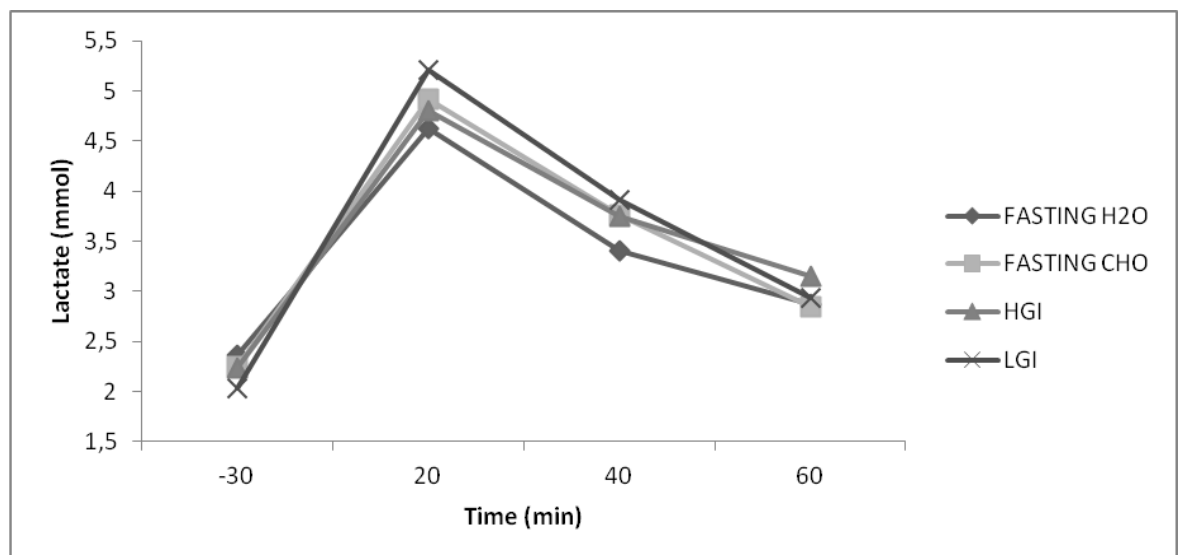


Figure 4 – Lactate: Temporal analysis of lactate according to the four experimental procedures: Fasting with H_2O (water), Fasting with CHO (carbohydrate beverage) HGI (high glycemic index) and LGI (low glycemic index). No significant differences were observed for lactate in the different procedures (ANOVA).

After initial adaptation to exercise, the cardiorespiratory parameters tend to stabilize. At forty minutes of exercise, it was observed that HR and SBP remained

almost constant (Figure 1), but PO_2 showed a slight decrease (Figure 2). This organic situation suggests that volunteers reached a cardiorespiratory steady-state necessary to demands generated by aerobic exercise. At this moment, the lactate levels have decreased (Figure 4) and the HCO_3^- levels increased again (Figure 3), which resulted in the elevation of pH (Figure 2). At the final moments of the exercise, PCO_2 increased slightly and with the continuous fall of lactate levels, HCO_3^- maintained its increasing trend. In this state of equilibrium, PO_2 and sO_2 suffered small decreases (Figure 2), which were accompanied by HR and SBP (Figure 1). Nevertheless, venous sO_2 preserves levels near the arterial levels. This phenomenon was similar in all four experimental sessions; however, although not significant, there is a trend for the LGI meal to maintain higher PO_2 and sO_2 levels until the end of the exercise.

5. Conclusion

The results demonstrate that the four experimental procedures were able to maintain blood gases and cardiorespiratory parameters of participants. With few exceptions in selected times, the variables are essentially the same when comparing HGI and LGI tests and fasting with hydration with water and fasting with hydration with water and carbohydrate beverage. Probably, the maintenance of the hydration status observed was essential for the organism to perform the necessary cardiorespiratory and metabolic changes. These data are specific to a sample of young men with adequate physical conditioning, considering feeding 30 minutes before exercise on a cycle ergometer. Further studies are needed to elucidate the blood gases changes against different pre-exercise meals, considering that the metabolic response of the acid-base balance to exercise is complex and multifactorial and often originating from different tissues and organs.

Acknowledgments

We would like to thank to the financial support obtained by Foundation for Research Support of the State of Minas Gerais, Program Restructuring and Expansion of Federal Universities and Coordination of Improvement of Higher Education Personnel.

Conflict of Interest Statement

The authors declare that there are no conflicts of interest.

References

Armstrong LE, 2005. Hydration assessment techniques. *Nutrition Reviews* 63: S40-S54.

Brasil TA, Pinto JA, Cocate PG, Chácara RP and Marins JCB, 2009. Avaliação do hábito alimentar de praticantes de atividade física matinal. *Fitness & Performance Journal* 8: 11.

Burke LM, Claassen A, Hawley JA and Noakes TD, 1998. Carbohydrate intake during prolonged cycling minimizes effect of glycemic index of preexercise meal. *Journal of Applied Physiology* 85: 2220-2226.

Casa DJ, Armstrong LE, Hillman SK, Montain SJ, Reiff RV, Rich BS and al. e, 2000. National Athletic Trainer's Association Position Statement (NATA): Fluid replacement for athletes. *Journal of Athletic Training* 35: 212-224.

Chen YJ, Wong Sh, Chan CO, Wong CK, Lam CW and Siu PM, 2009. Effects of glycemic index meal and CHO-electrolyte drink on cytokine response and run performance in endurance athletes. *Journal of Science and Medicine in Sport* 12: 697-703.

Cocate PG and Marins JCB, 2007. Efeito de três ações de "café da manhã" sobre a glicose sanguínea durante um exercício de baixa intensidade realizado em esteira rolante. *Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano* 9: 67-75.

Evora PRB, Reis CL, Feres MA, Conte DA and Garcia LV, 1999. Distúrbios do equilíbrio hidroeletrólítico e do equilíbrio acidobásico – Uma revisão prática. *Medicina, Ribeirão Preto* 32: 451-469.

Faria VC, Cazal MM, Cabral CAC and Marins JCB, 2011. Influência do índice glicêmico na glicemia em exercício físico aeróbico. *Motriz: Revista de Educação Física* 17: 395-405.

Forjaz CLM, Matsudaira Y, Rodriguês FB, Nunes N and Negrão CE, 1998. Post-exercise changes in blood pressure, heart rate and rate pressure product at different exercise intensities in normotensive humans. *Brazilian Journal Medicine Biological Research* 31: 1247-1255.

Forjaz CLM and Tinucci T, 2000. A medida da pressão arterial no exercício. *Revista Brasileira de Hipertensão* 7: 79-87.

Jones NL, Makrides L, Hitchcock C, Chypchar T and McCartney N, 1985. Normal standards for an incremental progressive cycle ergometer test. *The American Review of Respiratory Disease* 131: 700-708.

Karvonen JJ, Kentala E and Mustala O, 1957. The effects of training on heart rate, a “longitudinal” study. *Annales Medicinæ Experimentalis et Biologiae Fenniae* 35: 307-315.

Levine L, Evans WJ, Cadarette BS, Fisher EC and Bullen BA, 1983. Fructose and glucose ingestion and muscle glycogen use during submaximal exercise. *Journal of Applied Physiology* 55: 1767-1771.

Lindingir MI, 2003. Exercise: a paradigm for multi-system control of acid-base state. *The Journal of Physiology* 550: 334.

Lindingir MI, Spriet LL, Hultman E, Putman CT, McKelvie RS, Lands LC and Heigenhauser GJF, 1994. Plasma volume and ion regulation during exercise after low- and high-carbohydrate diets. *American Journal of Physiology* 266: R1896-1906.

Marsh CE, 2012. Evaluation of the American College of Sports Medicine Submaximal Treadmill Running Test for Predicting VO₂max. *The Journal of Strength and Conditioning Research* 26: 548-554.

McArdle WK, Katch FI and Katch VL, 2011. *Fisiologia do exercício: nutrição, energia e desempenho humano*, Guanabara Koogan, Rio de Janeiro.

McArdle WK and Katch VL, 2003. *Energia, Nutrição e Desempenho Humano*, Guanabara Koogan, Rio De Janeiro.

Montain SJ, 2008. Hydration recommendations for sport 2008. *Current Sports Medicine Reports* 7: 187-192.

Moore LJS, Midgley AW, Thurlow S, Thomas G and Naughton LRM, 2010. Effect of the glycaemic index of a pre-exercise meal on metabolism and cycling time trial performance. *Journal of Science and Medicine in Sport* 13: 182-188.

Osterberg KL, Pallardy SE, Johnson RJ and Horswill CA, 2010. Carbohydrate exerts a mild influence on fluid retention following exercise-induced dehydration. *Journal of Applied Physiology* 108:245-50.

Pollock ML and Wilmore JH, 1993. *Exercício na saúde e na doença*, Medsi, Rio de Janeiro.

Putman CT, Jones NL and Heigenhauser GJF, 2003. Effects of short-term training on plasma acid–base balance during incremental exercise in man. *Journal of Physiology* 550: 585-603.

Ribeiro BG, 2005. *Os carboidratos no exercício. Estratégias de Nutrição e Suplementação no Esporte*, Manole, São Paulo.

Robergs RR, 2002. *Princípios fundamentais de fisiologia do exercício*, Manole, São Paulo.

Sawka MN, Burke LM, Eichner ER, Maughan RJ, Montain SJ and Stachenfeld NS, 2007. American College of Sports Medicine: Exercise and Fluid Replacement. *Medicine Science in Sports and Exercise* 39: 377-390.

Sociedade Brasileira de Medicina do Esporte (SBME), 2009. Modificações dietéticas, reposição hídrica, suplementos alimentares e drogas: comprovação de ação ergogênica e potenciais de riscos para a saúde. 15: 10.

Scott MG, LeGrys VA and Klutts S, 2008. *Tietz Fundamentals of Clinical Chemistry*, 6ª, Saunders.

Tsuji H and Burini RC, 1989. Aspectos positivos da participação do lactato na atividade muscular. *Revista Brasileira de Ciência e Movimento* 3: 51-59.

Whipp BJ, Ward SA and Wasserman K, 1984. Ventilatory responses to exercise and their control in man. *American Review of Respiratory Disease* 129: S17-S20.

Wong SH, Chan OW, Chen YJ, Hu HL, Lam CW and Chung PK, 2009. Effect of preexercise glycemic-index meal on running when CHO-electrolyte solution is consumed during exercise. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism* 19: 222-242.

CONCLUSÕES GERAIS

Diante das evidências científicas apontadas no primeiro estudo de que alimentos de BIG causam menor alteração glicêmica pós-prandial, esta parece ser uma estratégia nutricional mais conservadora para a população em geral. Este fato foi comprovado no segundo trabalho e reforçado pelo terceiro, pois independente do procedimento nutricional adotado (AIG, BIG, jejum H₂O ou jejum CHO) em conjunto com uma hidratação de 3 mL/kg de peso corporal a cada 15 minutos, não houve alterações nos parâmetros cardiorrespiratórios e gases sanguíneos. Além disso, quando realizado em jejum, a hidratação com bebida carboidratada parece minimizar o risco hipoglicêmico advindo desse estado.

APÊNDICE A – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
DEPARTAMENTO DE EDUCAÇÃO FÍSICA
LABORATÓRIO DE PERFORMANCE HUMANA (LAPEH)**

Título do protocolo de pesquisa: “***Influência do índice glicêmico sobre a glicose sanguínea durante exercício físico em cicloergômetro realizado pela manhã***”.

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Eu, _____, concordo voluntariamente em me submeter a esta pesquisa, que tem como finalidade avaliar as respostas glicêmicas e orgânicas gerais decorrentes de diferentes tipos de “café da manhã”, frente à aplicação de um esforço físico em cicloergômetro. Sou sabedor que este esforço será realizado no LAPEH, nas dependências do Departamento de Educação Física, com a possibilidade de aparecimento de sintomas como cansaço, falta de ar, elevada frequência cardíaca, sudorese, durante a prática ou ao final desta, recuperando facilmente este quadro, sendo mínimas as probabilidades de ocorrerem condições de difícil controle clínico. Sou sabedor ainda que não receberei nenhum tipo de vantagem econômica ou material por participar do estudo, além de poder abandonar a pesquisa em qualquer etapa de seu desenvolvimento. Estou em conformidade que os resultados obtidos serão divulgados no meio científico, sempre resguardando minha individualidade e identificação. Declaro ainda que não sou possuidor de nenhum comprometimento metabólico ou orgânico que me impeça de realizar um exercício físico. Estou suficientemente informado pelos membros do presente estudo, sobre as condições em que irão ocorrer as provas experimentais, sob responsabilidade da professora Dr^a. Luciana Moreira Lima e sua equipe de trabalho.”

 Profa. Dra. Luciana Moreira Lima
 Orientadora do projeto

 Valéria Cristina de Faria
 Orientada (mestranda)

 Voluntário

Viçosa,

de 20 .

ANEXO A – Questionário PAR-Q

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA
DEPARTAMENTO DE EDUCAÇÃO FÍSICA
LABORATÓRIO DE PERFORMANCE HUMANA



AVALIADO: _____ SEXO [M] [F] – IDADE [____] DATA: [____]

QUESTIONÁRIO PAR-Q

SIM	NÃO	PERGUNTA
		1. O seu médico já lhe disse alguma vez que você apresenta um problema cardíaco?
		2. Você apresenta dores no peito com frequência?
		3. Você apresenta episódios frequentes de tonteira ou sensação de desmaio?
		4. Seu médico alguma vez já lhe disse que sua pressão sanguínea era muito alta?
		5. Seu médico alguma vez já lhe disse que você apresenta um problema ósseo ou articular, como uma artrite, que tenha sido agravado pela prática de exercícios, ou que possa ser por eles agravado?
		6. Existe alguma boa razão física, não mencionada aqui, para que você não siga um programa de atividade física, se desejar fazê-lo?
		7. Você tem mais de 65 anos e não está acostumado a se exercitar vigorosamente?

Se você respondeu:

Sim a uma ou mais perguntas	NÃO A TODAS AS PERGUNTAS
Se você não consultou seu médico recentemente, consulte-o por telefone ou pessoalmente, ANTES de intensificar suas atividades físicas /ou de ser avaliado para um programa de condicionamento físico. diga a seu médico que perguntas você respondeu com um SIM a este questionário conhecido como PAR-Q ou mostre a cópia deste questionário.	Se você respondeu este questionário corretamente, você pode ter uma razoável garantia de apresentar as condições adequadas para: Um programa de exercícios gradativos. – um aumento gradual na intensidade dos exercícios adequados promove um bom desenvolvimento do condicionamento físico, ao mesmo tempo em que minimiza ou elimina o desconforto associado.
PROGRAMAS	Adiar o início do programa de exercícios.
Após a avaliação médica, procure se aconselhar com seu médico acerca de suas condições para: <ul style="list-style-type: none"> ❖ atividade física irrestrita, começando a partir de baixos níveis de intensidade e aumentando progressivamente ❖ atividade física limitada ou supervisionada que satisfaça suas necessidades específicas, pelo menos numa base inicial. Verifique em sua continuidade os programas ou serviços especiais. 	Na vigência de uma enfermidade temporária de menor gravidade, tal como um resfriado comum.

ANEXO B – Anamnese

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA
DEPARTAMENTO DE EDUCAÇÃO FÍSICA
LABORATÓRIO DE PERFORMANCE HUMANA



NOME: _____	IDADE: _____
--------------------	---------------------

GÊNERO: MAS FEM – DATA DE NASCIMENTO: [__/__/__] MATRÍCULA: _____

- 1) Data do último exame físico completo: [__/__/__]
- 2) Data do último eletrocardiograma: [__/__/__]
- 3) TESTE DE ESFORÇO: [__/__/__]
- 4) Relacione qualquer outro exame médico ou diagnóstico feito por você nos últimos dois anos: _____

ANAMNESE SOBRE HISTÓRICO ATUAL

✓ Marque a resposta com um (x) a coluna sim ou não de acordo com a pergunta

SIM	NÃO	PERGUNTA	COMPLEMENTO
		Você fuma?	Há quanto tempo? Quantos por dia?
		Você tem problema de pressão arterial?	Há quanto tempo? Alta ou baixa?
		Você tem problema de colesterol?	Há quanto tempo? Faz controle?
		Você é diabético?	Há quanto tempo? Faz controle?
		Você alguma vez sentiu dor no coração ou no peito?	
		Algumas vezes você já sentiu o coração falhar?	
		Seus tornozelos ficam freqüentemente inchados?	
		Seus pés e mãos ficam gelados e trêmulos, mesmo em tempo de calor?	
		Você sofre de câimbras nas pernas?	
		Você já ficou com falta de ar sem qualquer razão?	
		Alguma vez um médico lhe disse que você tem algum comprometimento cardíaco, ou alteração no ECG?	
		Já teve tosse matinal?	Com que freqüência?
		Você se considera uma pessoa	() calma () agitada () competitiva () meio-termo
		Já teve problema de depressão?	Há quanto tempo? Faz controle?
		Faz uso de algum medicamento?	Qual? Há quanto tempo?
		Sofre de dor de cabeça ou enxaqueca freqüentes?	Há quanto tempo? Faz controle?
		Já fez alguma cirurgia?	Qual? Há quanto tempo?
		Já fraturou alguma coisa?	Há quanto tempo?
		Sente alguma dor?	Qual? Há quanto tempo?
		Sente fadiga crescente, distúrbios de sono ou irritabilidade crescente?	Há quanto tempo?
		Suas articulações são doloridas ou inchadas?	Há quanto tempo?
		Sofre de problemas renais, tais como, expulsão de cálculos?	Há quanto tempo?
		Quaisquer problemas de estômago ou intestinos	Há quanto tempo?
		Qualquer problema importante de visão ou audição?	Há quanto tempo?
		Glaucoma ou pressão nos olhos?	Há quanto tempo?
		Você é alérgico alguma coisa?	Há quanto tempo?
		Apresenta problema de varizes?	Há quanto tempo? Localização:
		Sua atividade de trabalho é:	() leve () moderada () intensa
		Você se considera submetido a estresse freqüentes?	
		Doenças da próstata?	Há quanto tempo? _____
		Teve filho(s)?	Há quanto tempo? _____ () Normal () Cesariana
		Sua menstruação é regular?	() sim () não Menopausa ()
		Você faz uso de anticoncepcional?	

COMENTÁRIOS:

ANTECEDENTES MÓRBIDOS

Você já teve alguma vez?

- | | | | |
|--|---|---|------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Ataque cardíaco | <input type="checkbox"/> Febre reumática | <input type="checkbox"/> Sopro cardíaco | <input type="checkbox"/> Luxações |
| <input type="checkbox"/> Arteriosclerose | <input type="checkbox"/> Veias varicosas | <input type="checkbox"/> Artrites nas pernas e braços | <input type="checkbox"/> Bronquite |
| <input type="checkbox"/> Tonteira ou desmaios | <input type="checkbox"/> Epilepsia | <input type="checkbox"/> Acidente cerebral | <input type="checkbox"/> Asma |
| <input type="checkbox"/> Anemia | <input type="checkbox"/> Problemas de tireóide | <input type="checkbox"/> Pneumonia | |
| <input type="checkbox"/> Algum problema nervoso ou emocional | <input type="checkbox"/> Anormalidades radiográficas no tórax | | |

COMENTÁRIOS:

ANAMNESE SOBRE ATIVIDADE FÍSICA

✓ Marque a resposta com um (x) a coluna sim ou não de acordo com a pergunta

SIM	NÃO	PERGUNTA	COMPLEMENTO
		Você está normalmente inscrito num programa de exercícios?	
		Você anda ou corre regularmente 1.6 Km ou mais continuamente? Qual seu tempo médio por quilômetro?	
		Participa freqüentemente de esportes competitivos? Quais as modalidades?	
		Participa freqüentemente de esportes com características de lazer? Caso a resposta seja positiva, quais as modalidades?	
		Você já freqüentou alguma atividade em academia anteriormente? Caso a resposta seja positiva, qual(is) atividade(s)? Durante quanto tempo?	

COMENTÁRIOS:

ANAMNESE SOBRE A DIETA

- O que você considera um bom peso para você? |__|__|__| Kg
- Qual o máximo de peso que você já pesou? (inclusive período gestacional) |__|__|__| Kg
Com que idade? |__|__|__| Peso atual: |__|__|__| Kg
- Número de refeições que você faz por dia []
- Média do número de ovos que você come por semana []
- Número de vezes por semana, que você comumente come:
[] carne de boi [] peixe [] sobremesas [] carne de porco [] aves [] frituras
- Número de porções (xícaras, copos) que você normalmente consome por dia :
[] leite [] sucos [] refrigerantes [] café [] vitaminas [] chá
- Você toma bebida alcoólica? [s] [n] Qual o tipo? _____ Com que freqüência por dia? _____,;
- Relacione qualquer suplemento dietético, que você já tomou ou está tomando agora:

ANAMNESE HISTÓRICO MÉDICO FAMILIAR**Doenças na família:**

Algum de seus parentes cosangüíneos teve alguma das seguintes doenças? (incluindo avos, tios e tias, mais excluindo primos, parentes pelo casamento e por afinidade).

- | | | |
|--|--|-----------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Ataque cardíaco abaixo de 50 anos | <input type="checkbox"/> Acidente cerebral abaixo de 50 anos | <input type="checkbox"/> Diabetes |
| <input type="checkbox"/> Pressão alta | <input type="checkbox"/> Colesterol elevado | |
| <input type="checkbox"/> Obesidade (20 Kg ou mais acima do peso) | <input type="checkbox"/> Leucemia ou câncer (abaixo dos 60 anos) | <input type="checkbox"/> Asma |
| <input type="checkbox"/> Doença cardíaca congestiva | <input type="checkbox"/> Operações cardíacas | <input type="checkbox"/> Glaucoma |

COMENTÁRIOS:

RESULTADO DO RISCO CORONARIANO

CLASSIFICAÇÃO	BEM ABAIXO DA MÉDIA	ABAIXO DA MÉDIA	RISCO MÉDIO	RISCO MODERADO	RISCO ALTO	RISCO MUITO ALTO
	6 – 11	12 - 17	18 – 24	25 – 31	32 – 40	41 – 62
PONTUAÇÃO						
OBTIDO						

ANEXO C – Tabela de Risco Coronariano

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA – DEPARTAMENTO DE EDUCAÇÃO FÍSICA
LABORATÓRIO DE PERFORMANCE HUMANA**

TABELA DE RISCO CORONARIANO

IDADE	10 a 20 1	21 a 30 2	31 a 40 3	41 a 50 4	51 a 60 6	Acima de 60 8
HEREDITARIEDADE	Nenhuma história conhecida de cardiopatia 1	1 parente com doença cardiovascular e mais de 60 anos 2	2 parentes com doença cardiovascular e mais de 60 anos 3	1 parente com doença cardiovascular e menos de 60 anos 4	2 parentes com doença cardiovascular e menos de 60 anos 6	3 parentes com doença cardiovascular e menos de 60 anos 8
PESO	Mais de 2,3Kg abaixo do peso padronizado 1	-2,3 a +2,3Kg do peso padronizado 2	2,7 a 9Kg acima do peso 3	9,5 a 15,9Kg acima do peso 4	16,4 a 22,7Kg acima do peso 6	23,3 a 29,5Kg acima do peso 7
TABAGISMO	Não usuário 0	Charuto ou cachimbo 1	10 cigarros ou menos por dia 2	20 cigarros por dia 4	30 cigarros por dia 6	40 cigarros por dia 10
EXERCÍCIO	Esforço profissional e recreacional intenso 1	Esforço profissional e recreacional moderado 2	Trabalho sedentário e esforço recreacional intenso 3	Trabalho sedentário e esforço recreacional moderado 5	Trabalho sedentário e esforço recreacional ligeiro 6	Ausência completa de qualquer exercício 8
% DE COLESTEROL OU GORDURA NA DIETA	Colesterol abaixo de 180mg/dl A dieta não contém gorduras animais, nem sólidas 1	Colesterol 181 a 205mg/dl A dieta contém 10% de gorduras animais ou sólidas 2	Colesterol 206 a 230mg/dl A dieta contém 20% de gorduras animais ou sólidas 3	Colesterol 231 a 250mg/dl A dieta contém 30% de gorduras animais ou sólidas 4	Colesterol 256 a 280mg/dl A dieta contém 40% de gorduras animais ou sólidas 5	Colesterol 281 a 300mg/dl A dieta contém 50% de gorduras animais ou sólidas 7
PRESSÃO ARTERIAL	Leitura superior de 100 1	Leitura superior de 120 2	Leitura superior de 140 3	Leitura superior de 160 4	Leitura superior de 180 6	Leitura superior de 200 ou maior 8
SEXO	Mulher com menos de 40 1	Mulher com 40 a 50 2	Mulher com mais de 50 3	Homem 4	Homem atarracado 6	Homem calvo e atarracado 7

Explicação das variáveis: *Hereditariedade* – contar progenitores, irmãos e irmãs que tiveram um ataque cardíaco ou acidente vascular cerebral; *Tabagismo* – se você inala profundamente ou fuma um cigarro até o fim, acrescentar um ponto ao seu escore. Não subtrair nada pelo simples fato de pensar que você não inala ou fuma apenas meia polegada de um cigarro; *Exercício* – subtrair um ponto do seu escore se você se exercita com regularidade e frequência; *Ingesta de colesterol/gordura saturada* – é preferível um nível sanguíneo de colesterol. Se você não fez um exame sanguíneo recentemente, nesse caso convém estimar com honestidade o percentual de gorduras sólidas que você ingere. Estas costumam ser de origem animal – toucinho, creme, manteiga e gordura bovina e de carneiro. Se você ingere muita gordura saturada, é provável que seu nível de colesterol seja alto; *Pressão Arterial* – se você não fez nenhuma determinação recente, mas foi aprovado em um exame médico geral ou para a obtenção de uma apólice de seguro, é provável que o nível de pressão sistólica seja 140 ou menos; *Sexo* – isso leva em conta o fato de os homens terem de seis a 10 vezes mais ataques cardíacos que as mulheres em idade de procriação. (Adaptado da Michigan Hert Association.)

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA – DEPARTAMENTO DE EDUCAÇÃO FÍSICA
LABORATÓRIO DE PERFORMANCE HUMANA**

TABELA DE RISCO RELATIVO

Escore	CATEGORIA DE RISCO RELATIVO
06-11	RISCO BEM ABAIXO DA MÉDIA
12-17	RISCO ABAIXO DA MÉDIA
18-24	RISCO MÉDIO
25-31	RISCO MODERADO
32-40	ALTO RISCO
41-62	RISCO MUITO ALTO, CONSULTAR SEU MÉDICO

ANEXO D – Aprovação do projeto pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da UFV



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA COM SERES HUMANOS

Campus Universitário - Viçosa, MG - 36570-000 - Telefone: (31) 3899-1269

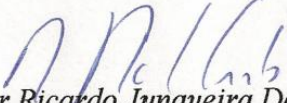
Of. Ref. Nº 140/2011/Comitê de Ética

Viçosa, 10 de outubro de 2011.

Prezada Professora:

Cientificamos V. S^a. de que o Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos, em sua 7^a Reunião de 2011, realizada nesta data, analisou e aprovou, sob o aspecto ético, o projeto intitulado *Influência do índice glicêmico sobre a glicose durante exercício físico em cicloergômetro realizado pela manhã*.

Atenciosamente,


Professor Ricardo Junqueira Del Carlo
Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos
Vice-Presidente em exercício

Professora
Luciana Moreira Lima
Departamento de Medicina e Enfermagem

/rhs.

ANEXO E - Confirmação de recebimento do Artigo 1

[RBME] Agradecimento pela Submissão - Yahoo! Mail

<http://br.mc1639.mail.yahoo.com/mc/showMessage?sMid=12&fi...>



[RBME] Agradecimento pela Submissão

Sábado, 24 de Novembro de 2012 14:25

De: "Fernanda Colmatti" <suporte.aplicacao@scielo.org>
Para: "Valéria Faria" <valeriaefufv@yahoo.com.br>

Dr. (a) Valéria Faria,

Agradecemos a submissão do seu manuscrito "Índice Glicêmico da Refeição Pré-Exercício e Metabolismo da Glicose na Atividade Aeróbica - Uma Revisão Sistemática" para Revista Brasileira de Medicina do Esporte. Através da interface de administração do sistema, utilizado para a submissão, será possível acompanhar o progresso do documento dentro do processo editorial, bastando logar no sistema localizado em:

URL do Manuscrito:
<http://submission.scielo.br/index.php/rbme/author/submission/107004>
Login: valeriaefufv

Em caso de dúvidas, envie suas questões para este email. Agradecemos mais uma vez considerar nossa revista como meio de transmitir ao público seu trabalho.

Fernanda Colmatti
Revista Brasileira de Medicina do Esporte
Fernanda Colmatti/Arthur T. Assis
Atha Comunicação e Editora
Tel/Fax:55-11-5579-5308
Revista Brasileira de Medicina do Esporte
<http://submission.scielo.br/index.php/rbme>

ANEXO F - Confirmação de recebimento do Artigo 2

International Journal of Sport Nutrition & Exercise Metabolism - M... <http://br.mc1639.mail.yahoo.com/mc/showMessage?sMid=1&fid...>



International Journal of Sport Nutrition & Exercise Metabolism - Manuscript ID IJSNEM_2013_0036

Quarta-feira, 27 de Fevereiro de 2013 7:48

De: "r.maughan@lboro.ac.uk" <r.maughan@lboro.ac.uk>
Para: valeriaefufv@yahoo.com.br

27-Feb-2013

Dear Prof. Faria:

Your manuscript entitled "Metabolic response to different glycemic indexes of pre-exercise meal and different types of hydration during exercise" has been successfully submitted online and is currently being given full consideration for publication in the International Journal of Sport Nutrition & Exercise Metabolism.

Your manuscript ID is IJSNEM_2013_0036.

Please mention the above manuscript ID in all future correspondence or if calling the office with questions. If there are any changes in your street address or e-mail address, please log in to Manuscript Central at http://mc.manuscriptcentral.com/hk_ijnsem and edit your user information as appropriate.

You can also view the status of your manuscript at any time by checking your Author Center after logging in to http://mc.manuscriptcentral.com/hk_ijnsem.

Thank you for submitting your manuscript to the International Journal of Sport Nutrition & Exercise Metabolism.

Sincerely,
International Journal of Sport Nutrition & Exercise Metabolism Editorial Office

ANEXO G - Confirmação de recebimento do Artigo 3

Preventive Medicine: Submission Confirmation - Yahoo! Mail

<http://br.mc1639.mail.yahoo.com/mc/showMessage?sMid=6&fid...>



Preventive Medicine: Submission Confirmation

Terça-feira, 26 de Fevereiro de 2013 23:08

De: "PM (ELS)" <pm@elsevier.com>
Para: valeriaefufv@yahoo.com.br

Title: Venous blood gases and cardiorespiratory parameters during aerobic exercise with different pre-exercise diet and hydration
Corresponding Author: Prof. Valéria Faria
Authors: João Marins; Samuel Sales; Gustavo Oliveira; Fernando Reis; Juscélia Pereira; Luciana Lima

Dear Prof. Faria,

This is to confirm that the above-mentioned manuscript has been received for consideration in Preventive Medicine.

Once your paper is assigned a manuscript number, you will receive an e-mail with this number for your reference.

You will then be able to check on the progress of your manuscript by logging on to the Elsevier Editorial System for Preventive Medicine as an author:

<http://ees.elsevier.com/pm/>

Your username is: valeriaefufv@yahoo.com.br

If you need to retrieve password details, please go to: http://ees.elsevier.com/viro/automail_query.asp

Thank you for submitting your manuscript to Preventive Medicine. Should you have any questions, please feel free to contact our office.

Kind regards,

Elsevier Editorial System
Preventive Medicine

For further assistance, please visit our customer support site at <http://help.elsevier.com/app/answers/list/p/7923>. Here you can search for solutions on a range of topics, find answers to frequently asked questions and learn more about EES via interactive tutorials. You will also find our 24/7 support contact details should you need any further assistance from one of our customer support representatives.