

EFEITO DA INGESTÃO DE 250 E 500 ML DE ÁGUA SOBRE O TRANSIENTE INICIAL E A VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA

EFFECTS OF INGESTING 250 AND 500 ML OF WATER ON INITIAL TRANSIENT HEART RATE AND HEART RATE VARIABILITY

Thiago Casali Rocha¹, Plínio dos Santos Ramos², Claudio Gil Soares de Araújo^{3,4} e Djalma Rabelo Ricardo²

¹Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro-RJ, Brasil.

²Faculdade de Ciências Médicas e da Saúde, Juiz de Fora-MG, Brasil.

³Clinica de Medicina do Exercício, Rio de Janeiro-RJ, Brasil.

⁴Universidade Federal do Rio de Janeiro - Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

RESUMO

O objetivo foi analisar o efeito da ingestão de duas quantidades de água na modulação autonômica. Participaram 26 homens, com idade entre 18 e 30 anos, foram submetidos a dois dias de intervenção e avaliação com intervalo de 24 horas. O protocolo consistiu na ingestão de 250 ou 500 mL de água, em ordem randômica. Para avaliar o TIFC no exercício dinâmico foi utilizado o índice vagal cardíaco (IVC) obtido por meio do Teste de Exercício de 4 segundos nos momentos pré e pós-ingestão (5°, 10°, 20° e 30° minutos). Para avaliar a modulação autonômica no repouso foi utilizada a VFC durante 30 minutos após a ingestão, quando foi registrado a FC de repouso. Os resultados apontam que após 5 minutos da ingestão de água houve um aumento do TIFC ($p=0,02$), sem que houvesse diferença em função dos volumes de água ingeridos ($p=0,8$). Na VFC não houve diferença entre os volumes ingeridos, tanto no domínio do tempo quanto no domínio da frequência. Em relação a FC de repouso, houve diferença no 20° minuto quando comparado aos demais momentos ($p<0,05$). Conclui-se que os nossos resultados demonstraram que não houve diferença no TIFC, VFC e na FC de repouso quando foram comparadas a ingestão de 250 e 500 mL de água à temperatura ambiente em indivíduos saudáveis. Contudo, o TIFC e a FC de repouso demonstraram diferença entre os momentos analisados.

Palavras-chave: Hidratação. Frequência cardíaca. Sistema nervoso autonômico.

ABSTRACT

The purpose was to analyze the effect of the ingestion of two amounts of water in the autonomic modulation. A total of 26 men aged 18–30 years under went 2 days of intervention and evaluation with 24 hours in between. The protocol consisted of the intake of 250 or 500 mL of water in a random order. To assess the initial transient HR during dynamic exercise, the cardiac vagal index was obtained using a 4-second exercise test during the pre- and post-ingestion periods (5, 10, 20, and 30 minutes). To evaluate autonomic modulation at home, HRV value 30 minutes after water intake was used when HR at rest was registered. The results shows: Five minutes after the water intake, the initial transient HR was increased ($p = 0.02$) with no difference in effect of the ingested volumes of water ($p = 0.8$). In HRV, there was no difference between the intake volumes in the time or frequency domains. There were differences in HR rest after 20 minutes compared to at other times ($p < 0.05$). In conclusion the results showed no difference in initial transient HR, HRV, or HR rest after the intake of 250 versus 500 mL of room temperature water in healthy individuals. However, resting initial transient HR and HR rest values differed among the analyzed times.

Keywords: Hydration. Heart rate. Autonomic nervous system.

Introdução

O transiente inicial da frequência cardíaca (TIFC) é mediado pelo sistema nervoso autônomo (SNA) primariamente pela inibição da atividade vagal cardíaca (AVC) que atua nos primeiros segundos do exercício dinâmico provocando um aumento súbito da frequência cardíaca (FC)¹. A disfunção vagal parece estar associada ao aparecimento de doenças cardiovasculares², além de ser um importante preditor para a morte súbita²⁻⁵. Desta forma

diversos grupos de pesquisa tem se dedicado a investigar o efeito de diversas variáveis sobre a AVC, destacando-se entre essas a ingestão de água⁶⁻⁸.

Algumas evidências sugerem que o simples ato de ingerir água pode promover alterações importantes na modulação autonômica e na fisiologia do sistema cardiovascular⁹⁻¹⁰, como por exemplo, aumento da atividade nervosa simpática sobre o tecido muscular¹¹, bradicardia¹², alterações nos níveis pressóricos¹³, atenuação dos sintomas da hipotensão ortostática¹⁴ e aumento da resistência vascular periférica¹⁵. Um estudo conduzido por Routledge et al.¹⁶, demonstrou que, após a ingestão de 500 mL de água por indivíduos saudáveis, houve uma redução significativa da FC, além do aumento da atividade parassimpática, esse último identificado através da análise da variabilidade da frequência cardíaca (VFC). Outro estudo conduzido por Callegaro et al.¹⁷, observou que em indivíduos normotensos e hipertensos pode ocorrer uma diminuição da FC e um acréscimo na atividade parassimpática após a ingestão de 500 mL de água em repouso. É observado nos indivíduos idosos e nos pacientes com falência autonômica, aumento substancial na pressão arterial após a ingestão de 500 mL de água, o que pode se tornar uma estratégia para um rápido alívio dos sintomas resultantes dos casos de hipotensão ortostática ou mesmo uma preocupação nesses pacientes que sofrem de hipertensão arterial sistêmica¹⁸. Nos indivíduos jovens, esse efeito não é observado, pois o aumento constatado do tônus parassimpático é responsável por neutralizar o efeito pressor após a ingestão da mesma quantidade de água¹⁶. Em um estudo anterior¹⁹, foi observado que após o exercício dinâmico realizado em cicloergômetro, a ingestão de 500 mL de água não provocou redução da FC em repouso, mas promoveu um aumento da AVC quando avaliada pelo Teste de Exercício de 4 Segundos (T4s).

Interessantemente, os estudos que analisaram os efeitos da ingestão de água sobre a modulação autonômica utilizaram volumes iguais ou próximos a 500 mL⁹⁻²⁰, comparando quando necessário, com o volume de 50 mL, como controle²¹⁻²³. Todavia, é provável que a ingestão súbita de 500 mL de água gere desconforto gástrico e sintomas relevantes, como por exemplo, náuseas, o que poderia influenciar os resultados. Hipotetizamos, assim, que um volume de apenas 250 mL seria suficiente, tendo em vista que as alterações observadas sobre o SNA após a ingestão de água pode ser explicada por alterações da osmolalidade e não pela distensão gástrica²⁴.

Desta forma, o objetivo deste estudo foi analisar o efeito da ingestão de duas quantidades de água na modulação autonômica.

Métodos

Amostra

Foram avaliados 26 homens com idade entre 18 e 28 anos, que atenderam aos seguintes critérios de inclusão: ausência de doenças cardiovasculares, respiratórias e metabólicas conhecidas até o momento do estudo e sem a utilização de medicamentos passíveis de interferência sobre o sistema cardiovascular e autonômico; estarem em ritmo sinusal cardíaco; não fumante; índice de massa corporal <30 kg/m². Os indivíduos foram orientados a não ingerirem bebidas cafeinadas e alcoólicas bem como não realizar exercício físico intenso nas últimas 24 horas e não ingerir alimentos e líquidos nas duas horas anteriores e à realização dos testes. Todos os indivíduos assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido. O protocolo do estudo foi submetido e aprovado por um comitê de ética institucional (Protocolo Número: 020/2007) conforme declaração de Helsinque.

Protocolos

Teste de Exercício de 4 segundos (T4s)

Para avaliar a AVC foi utilizado o TIFC medido T4s, um teste simples, fidedigno²⁵ e validado farmacologicamente^{26,27}, que se propõe a avaliar isoladamente a integridade do ramo parassimpático do sistema nervoso autônomo²⁶. O T4s²⁶⁻²⁸, consiste em pedalar, o mais rápido possível, em um cicloergômetro sem carga do 5º ao 9º segundo de uma apneia inspiratória máxima de 12 segundos. Para a realização da manobra, são dados quatro comandos verbais das ações a serem realizadas, sucessivamente, a cada quatro segundos: a) inspiração máxima e rápida, primariamente pela boca; b) pedalar o mais rápido possível; c) parada brusca da pedalada; d) expiração normal. O T4s foi realizado em um ciclo ergômetro de membros inferiores (*Byocycle Plus, Moviment, Brasil*).

Para a quantificação do TIFC foi utilizado o índice vagal cardíaco (IVC), adimensional, que é obtido pela razão entre a duração de dois intervalos RR no traçado de eletrocardiograma. O primeiro imediatamente antes ou o primeiro do exercício, aquele que for mais longo (RRB), e o mais curto durante o exercício, geralmente o último (RRC).

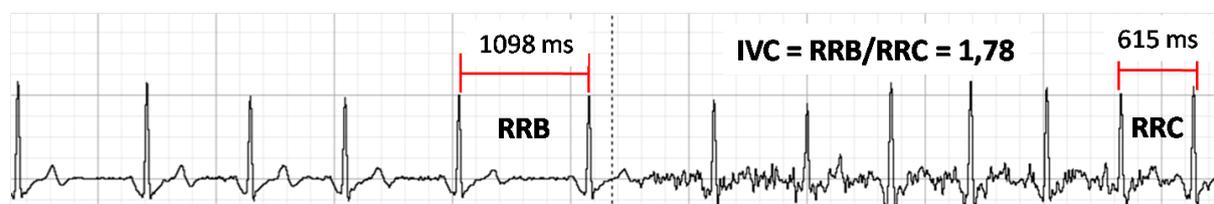


Figura 1. Identificação e medida dos intervalos RRB, RRC e do cálculo do IVC

Fonte: Os autores

Cabe ressaltar que, o TIFC expresso pelo IVC representa exclusivamente a retirada vagal cardíaca²⁹. O registro contínuo dos intervalos RR foi feito através do conversor de sinais biológicos *Powerlab (4/25T)* com uma resolução de 1 ms sendo os dados analisados no *software LabChart 5 (AD Instruments, Austrália)*.

Variabilidade da Frequência Cardíaca (VFC) e FC de repouso.

Os indivíduos foram posicionados sentados em um cicloergômetro durante um período de 30 minutos^{30,31}, sendo realizado o registro do eletrocardiograma no *Powerlab* e identificados os intervalos RR e para avaliação nos domínios do tempo e da frequência³²⁻³⁴.

No domínio do tempo, a modulação vagal cardíaca foi avaliada por meio dos índices, pNN50 e RMSSD. Para a análise no domínio da frequência, foram determinados os índices de alta frequência (AF) e de baixa frequência (BF) e calculada a relação entre ambos. A análise foi processada pelo software *LabChart 5 (AD Instruments, Austrália)*.

Procedimentos para a Coleta de Dados

Os indivíduos fizeram duas visitas em dias distintos, com intervalo mínimo de 24 horas, no período da tarde, sendo a quantidade de ingestão de água 250 ou 500 mL definido por randomização para as visitas 1 e 2.

Visitas 1 e 2

Realizamos, em um primeiro momento, uma anamnese com o objetivo de conhecer a história clínica e obter os seguintes registros: nome, idade, data de nascimento, ocupação, uso de medicamentos, atividade física, tabagismo, etilismo e horário da última refeição. Em seguida, mensuramos peso e a estatura dos indivíduos utilizando uma balança com

estadiômetro marca *Filizola*®, (*modelo PL 200, Brasil*), com precisão de 0,05 kg e 0,005 m, respectivamente.

Os indivíduos tiveram fixados em seu tórax eletrodos descartáveis, em uma única derivação CC₅ ou CM₅, para a obtenção do eletrocardiograma.

Os indivíduos realizaram o T4s (pré-ingestão) e permaneceram confortavelmente sentados no cicloergômetro por 5 minutos, ingerindo, em seguida, 250 ou 500 mL de água, em temperatura ambiente. Os voluntários tiveram 60 segundos para ingerir o volume pré-determinado randomicamente. Após a ingestão, o T4s foi repetido quatro vezes, após 5, 10, 20 e 30 minutos. Durante todo o procedimento os indivíduos permaneceram sentados sobre o cicloergômetro, com registro contínuo de ECG, e esses dados foram utilizados para avaliar a FC de repouso e os intervalos RR médio.

Análise Estatística

Inicialmente, foi testada a normalidade e a homoscedasticidade da distribuição, validando a utilização da estatística paramétrica. Os dados foram apresentados como média \pm DP para estatística descritiva. Para comparar o efeito da ingestão de 250 ou 500mL de água nos diferentes momentos estudados utilizamos uma *two way ANOVA* de medidas repetidas. A mesma análise foi utilizada para comparar os intervalos RR médios em relação ao tempo e aos volumes investigados. E o *post-hoc* de Bonferroni foi utilizado quando necessário.

A análise dos índices da VFC (AF, AF/BF, RMSSD e, pNN50), em função dos volumes de água ingeridos foi realizada pelo teste-t emparelhado, considerando para a análise o período de 30 minutos após a ingestão de água. Todas as análises foram realizadas no programa SPSS (versão 17, Chicago, Estados Unidos), adotando como nível de significância 5%.

Resultados

A análise descritiva da amostra pode ser observada na Tabela 1.

Tabela 1. Características demográficas dos indivíduos da amostra (n=26)

Variável	Valor
Idade (anos)	22 \pm 2,46 (18 e 28)
Peso (kg)	76,4 \pm 9,60 (63 e 97)
Estatutura (m)	1,78 \pm 0,07 (1,64 e 1,89)
IMC (kg/m ²)	23,8 \pm 2,14 (21 e 28)

Média \pm desvio padrão (mínimo e máximo); IMC= índice de massa corporal

Fonte: Os autores

O TIFC aumentou significativamente quando foram comparados os resultados de IVC antes e 5 minutos após a ingestão de água ($p = 0,002$) (Figura 2), sem que contudo houvesse diferença entre as respostas aos dois diferentes volumes ($p = 0,801$).

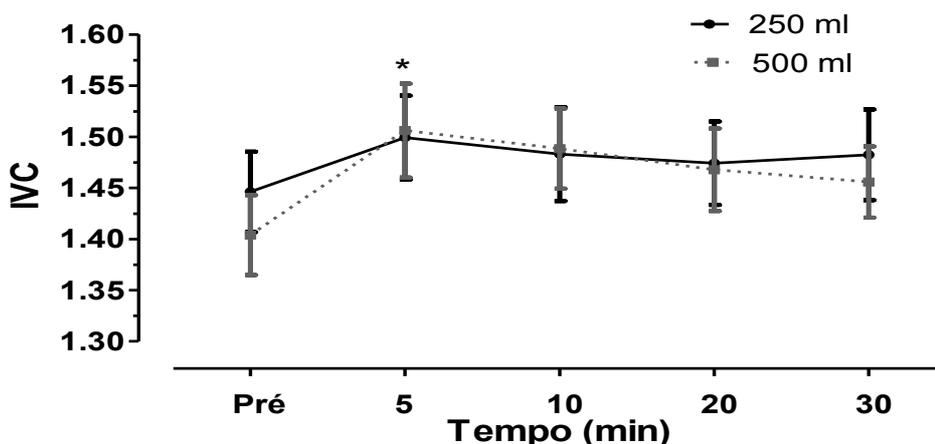


Figura 2. TIFC avaliado pelo IVC em relação aos volumes ingeridos (250/500 mL); * $p < 0,05$ em relação à pré-ingestão

Fonte: Os autores

Quanto à duração média dos intervalos RR, houve aumento significativo na duração destes intervalos no 20º minuto em repouso (Figura 3). Contudo, a análise dos diversos indicadores obtidos pela VFC não apresentou diferença entre os dois volumes ingeridos (Figura 4).

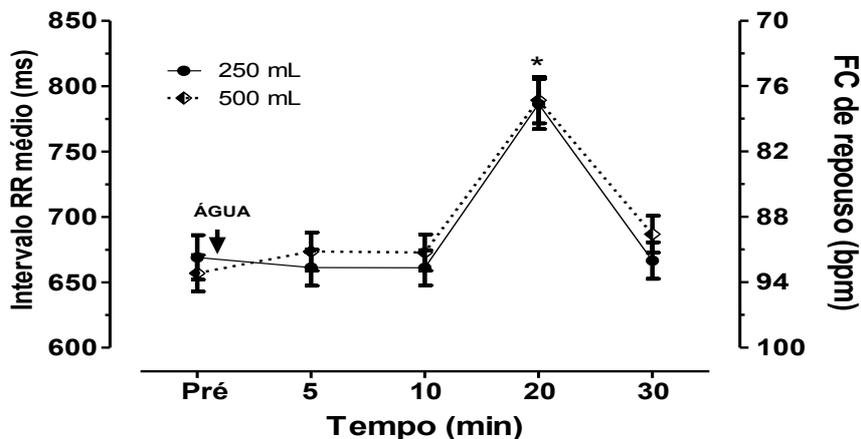


Figura 3. Comportamento dos intervalos RR médios e da FC de repouso em relação aos volumes ingeridos (250/500 mL); * $p < 0,05$ em relação à pré-ingestão

Fonte: Os autores

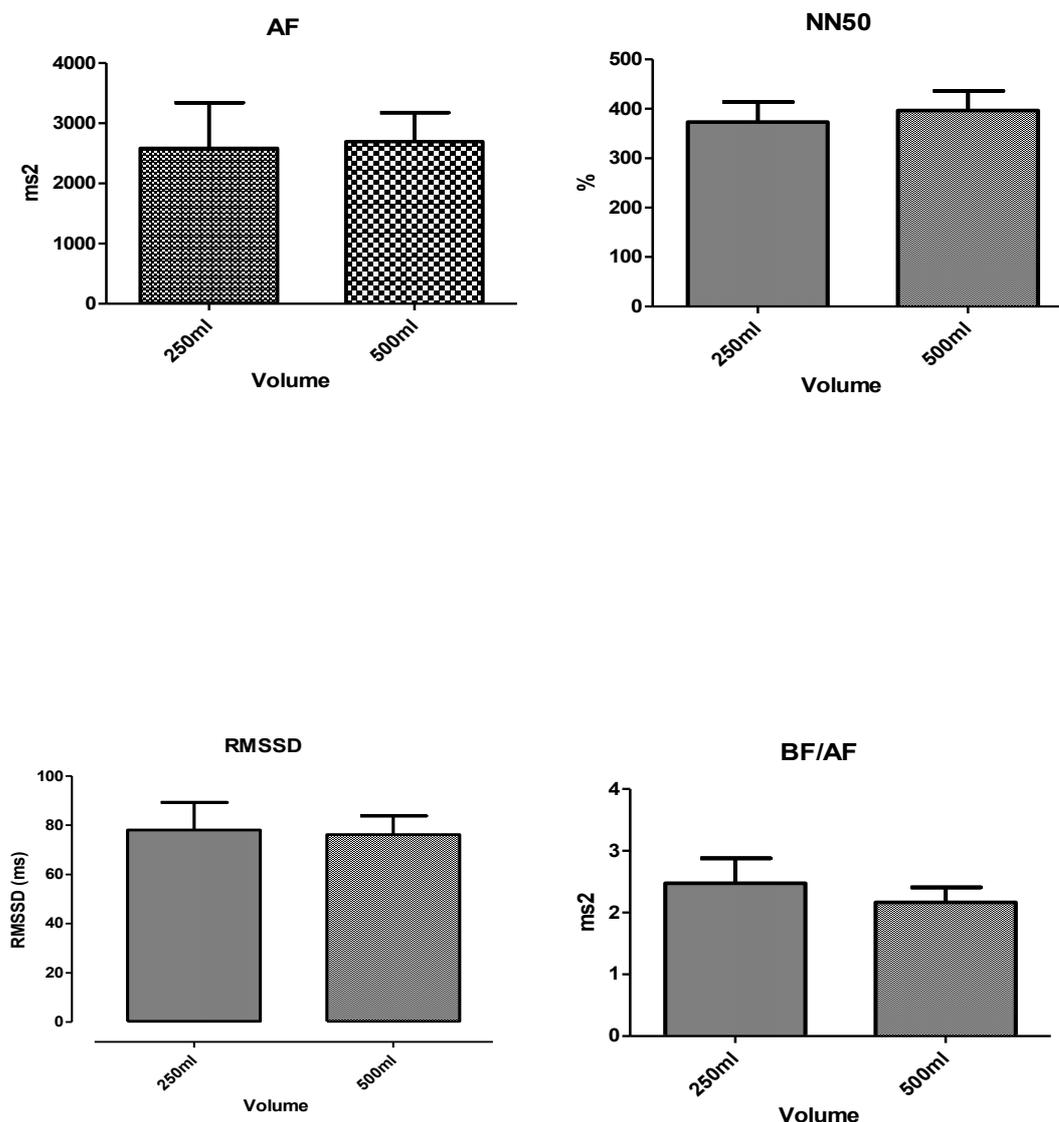


Figura 4. Intervalos AF, pNN50, RMSSD, BF/AF medidos por 30 minutos após a ingestão de (250/500 mL) de água ($p > 0,05$)

Fonte: Os autores

Discussão

Hipotezamos que seria suficiente a ingestão de 250 mL ao invés de 500 mL de água a temperatura ambiente, conforme feito em estudos anteriores, para influenciar a modulação autonômica, já que esse maior volume é frequentemente associado a desconforto gástrico. Desta forma, o presente estudo observou o efeito da ingestão de 250 e 500 mL de água sobre a modulação autonômica, avaliando TIFC e VFC e, observamos que os dois volumes de ingestão de água causam efeitos similares sobre as variáveis investigadas em jovens saudáveis.

No TIFC só foi observada diferença quando comparada pré-ingestão versus 5 minutos em ambos os volumes ingeridos. Provavelmente a explicação fisiológica para o aumento da atividade parassimpática após a ingestão de água pode ser compreendida como uma resposta integrada com o objetivo de contrapor os estímulos simpáticos^{16,18}. Como exemplo, a teoria

da osmolalidade²⁴, na qual pode ter assumido papel importante nos resultados expressos nesta pesquisa, pelo fato de estimular o receptor Trpv4^{35,36}, localizados no fígado e na circulação portal^{37,38}. Contudo, toda a população dos receptores e os mecanismos de transdução, ainda não estão bem esclarecidos. Sendo assim, a estimulação de fibras nervosas osmorreceptoras, sensíveis a queda de osmolalidade realizam um aumento reflexo da atividade simpática nervosa sobre o tecido muscular, por meio do estímulo na atividade adrenérgica pós-ganglionar³⁹, e do aumento da norepinefrina plasmática tais como observados em algumas substâncias como a nicotina e a cafeína¹⁸. Desta forma, o aumento da atividade parassimpática pode ser entendido com o objetivo de contrapor a estes estímulos¹⁶.

No intuito de identificar qual mecanismo é responsável por ocasionar respostas cardiovasculares Brown et al.²⁴, verificaram em indivíduos jovens a ingestão de água versus solução salina, e observaram a diminuição significativa da frequência cardíaca, o aumento da resistência vascular periférica e do componente de alta frequência somente para o grupo que ingeriu água. Corroborando assim a impressão, que a osmolalidade pode contribuir para a modulação autonômica após a ingestão de água.

Em estudo anterior cujo objetivo foi avaliar a reativação vagal com 500 mL de água após a realização de 30 minutos de exercício, também foi observado um aumento da atividade parassimpática através do TIFC¹⁹. Entretanto, o tempo de maior resposta encontrado foi diferente do presente estudo e provavelmente, o fator responsável por explicar este fenômeno seja a diferença no método utilizado.

Ao analisarmos a duração dos intervalos RR, encontramos um aumento da média no 20º minuto. Esses resultados corroboram os de outros estudos previamente publicados^{16,18,19}, tendo em vista, que o tempo para o esvaziamento de 800 mL de água no estômago é de aproximadamente 21 minutos conforme observado em um estudo utilizando ressonância magnética⁴⁰. Cabe ressaltar que o volume basal do estômago oscila em pequenos valores de aproximadamente 100 mL⁴¹, e não podemos excluir a possibilidade de que a distensão gástrica possa causar alterações fisiológicas importantes^{42,43}. Durante o processo de digestão, ocorre aumento do fluxo de sangue na artéria mesentérica e com o objetivo de não ocorrer queda da pressão arterial após uma refeição, é necessário que ocorra aumento da resistência vascular periférica e conseqüentemente manutenção do débito cardíaco⁴⁴. Mecanorreceptores presentes no estômago ocasionariam aumento da atividade simpática nervosa muscular, sendo esta mediada em grande parte através de fibras aferentes do nervo esplâncnico⁴².

É importante destacar ainda que durante todo o procedimento experimental, os voluntários avaliados relataram certo desconforto ao ingerir 500 mL de água em 60 segundos e em temperatura ambiente, portanto, acreditamos que nos próximos estudos, avaliando estas variáveis, seria conveniente que os indivíduos ingerissem apenas 250 mL de água, já que não foi constatada diferença significativa no TIFC expresso pelo IVC ou na VFC com os diferentes volumes ingeridos. Cabe-se colocar que um ponto favorável na presente pesquisa é o tamanho amostral, já que os estudos que contemplam este tema utilizaram um número substancialmente mais reduzido de indivíduos em suas amostras^{14,17,18,45,46}.

Conclusão

Podemos concluir, em face os resultados encontrados, que não houve diferença no TIFC e na VFC, quando foram comparadas a ingestão de 250 e 500 mL de água a temperatura ambiente em indivíduos saudáveis. Contudo, o TIFC e a FC de repouso demonstraram diferença entre os momentos analisados.

Referências

1. Araujo C. Fast "ON" and "OFF" heart rate transients at different bicycle exercise levels. *Int J Sports Med* 1985;6(2):68-73. DOI: 10.1055/s-2008-1025815
2. Thayer JF, Lane RD. The role of vagal function in the risk for cardiovascular disease and mortality. *Biol Psychol* 2007;74(2):224-42. DOI: 10.1016/j.biopsycho.2005.11.013
3. Jouven X, Empana JP, Schwartz PJ, Desnos M, Courbon D, Ducimetiere P. Heart-rate profile during exercise as a predictor of sudden death. *N Engl J Med* 2005;352:1951-1958. DOI: 10.1056/NEJMoa043012
4. Buch AN, Coote JH, Townend JN. Mortality, cardiac vagal control and physical training--what's the link? *Exp Physiol* 2002;87(4):423-35
5. Cole CR, Blackstone EH, Pashkow FJ, Snader CE, Lauer MS. Heart-rate recovery immediately after exercise as a predictor of mortality. *N Engl J Med* 1999; 341:1351-1357. DOI: 10.1056/NEJM199910283411804
6. Chen CL, Lin HH, Orr WC, Yang CC, Kuo TB. Transfer function analysis of heart rate variability in response to water intake: correlation with gastric myoelectrical activity. *J Appl Physiol* 2004;96(6):2226-30. DOI: 10.1152/jappphysiol.01037.2003
7. Girona M, Grasser EK, Dulloo AG, Montani JP. Cardiovascular and metabolic responses to tap water ingestion in young humans: does the water temperature matter? *Acta Physiol* 2014;211(2):358-70. DOI: 10.1111/apha.12290
8. Pecanha T, Paula-Ribeiro M, Campana-Rezende E, Bartels R, Marins JC, de Lima JR. Water intake accelerates parasympathetic reactivation after high-intensity exercise. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2014;24(5):489-96. DOI: 10.1123/ijsnem.2013-0122
9. Young TM, Mathias CJ. The effects of water ingestion on orthostatic hypotension in two groups of chronic autonomic failure: multiple system atrophy and pure autonomic failure. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 2004;75(12):1737-41. DOI: 10.1136/jnnp.2004.038471
10. Deguchi K, Ikeda K, Sasaki I, Shimamura M, Urai Y, Tsukaguchi M, et al. Effects of daily water drinking on orthostatic and postprandial hypotension in patients with multiple system atrophy. *J Neurol* 2007 ;254(6):735-40. DOI: 10.1007/s00415-006-0425-3
11. Scott EM, Greenwood JP, Gilbey SG, Stoker JB, Mary DA. Water ingestion increases sympathetic vasoconstrictor discharge in normal human subjects. *Clin Sci* 2001;100(3):335-42.
12. Chiang CT, Chiu TW, Jong YS, Chen GY, Kuo CD. The effect of ice water ingestion on autonomic modulation in healthy subjects. *Clin Auton Res* 2010 ;20(6):375-80. DOI: 10.1007/s10286-010-0077-3
13. Schroeder C, Bush VE, Norcliffe LJ, Luft FC, Tank J, Jordan J, et al. Water drinking acutely improves orthostatic tolerance in healthy subjects. *Circulation*. 2002 Nov 26;106(22):2806-11.
14. Olatunji LA, Aaron AO, Micheal OS, Oyeyipo IP. Water ingestion affects orthostatic challenge-induced blood pressure and heart rate responses in young healthy subjects: gender implications. *Niger J Physiol Sci* 2011;26(1):11-8.
15. Lu CC, Li MH, Lin TC, Chen TL, Chen RM, Tung CS, et al. Water ingestion reduces skin blood flow through sympathetic vasoconstriction. *Clin Auton Res* 2012;22(2):63-9. DOI: 10.1007/s10286-011-0142-6
16. Routledge HC, Chowdhary S, Coote JH, Townend JN. Cardiac vagal response to water ingestion in normal human subjects. *Clin Sci* 2002;103(2):157-62. DOI: 10.1042
17. Callegaro CC, Moraes RS, Negrao CE, Trombetta IC, Rondon MU, Teixeira MS, et al. Acute water ingestion increases arterial blood pressure in hypertensive and normotensive subjects. *J Hum Hypertens* 2007;21(7):564-70. DOI: 10.1038/sj.jhh.1002188
18. Jordan J, Shannon JR, Black BK, Ali Y, Farley M, Costa F, et al. The pressor response to water drinking in humans : a sympathetic reflex? *Circulation* 2000;101(5):504-9.
19. Vianna LC, Oliveira RB, Silva BM, Ricardo DR, Araujo CG. Water intake accelerates post-exercise cardiac vagal reactivation in humans. *Eur J Appl Physiol* 2008;102(3):283-8. DOI: 10.1007/s00421-007-0584-7
20. Mathias CJ, Young TM. Water drinking in the management of orthostatic intolerance due to orthostatic hypotension, vasovagal syncope and the postural tachycardia syndrome. *Eur J Neurol* 2004;11(9):613-9. DOI: 10.1111/j.1468-1331.2004.00840.x
21. Mendonca GV, Teixeira MS, Heffernan KS, Fernhall B. Chronotropic and pressor effects of water ingestion at rest and in response to incremental dynamic exercise. *Exp Physiol* 2013;98(6):1133-43. DOI: 10.1113/expphysiol.2013.071886
22. Mendonca GV, Teixeira MS, Pereira FD. Cardiovascular responses to water ingestion at rest and during isometric handgrip exercise. *Eur J Appl Physiol* 2012 ;112(7):2495-501. DOI: 10.1007/s00421-011-2223-6
23. Boschmann M, Steiniger J, Franke G, Birkenfeld AL, Luft FC, Jordan J. Water drinking induces thermogenesis through osmosensitive mechanisms. *J Clin Endocrinol Metab* 2007 ;92(8):3334-7. DOI: 10.1210/jc.2006-1438

24. Brown CM, Barberini L, Dulloo AG, Montani JP. Cardiovascular responses to water drinking: does osmolality play a role? *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol* 2005;289(6):R1687-92. DOI: 10.1152/ajpregu.00205.2005
25. Araujo CG, Ricardo DR, Almeida MB. Intra and interdays reliability of the 4-second exercise test. *Rev Bras Med Esporte* 2003;9(5):299-303. <http://dx.doi.org/10.1590/S1517-86922003000500005>
26. Araujo CG, Nobrega AC, Castro CL. Heart rate responses to deep breathing and 4-seconds of exercise before and after pharmacological blockade with atropine and propranolol. *Clin Auton Res* 1992 ;2(1):35-40.
27. Nobrega AC, Castro CL, Araujo CG. Relative roles of the sympathetic and parasympathetic systems in the 4-s exercise test. *Braz J Med Biol Res* 1990;23(12):1259-62
28. Ricardo DR, de Almeida MB, Franklin BA, Araujo CG. Initial and final exercise heart rate transients: influence of gender, aerobic fitness, and clinical status. *Chest* 2005;127(1):318-27. DOI: 10.1378/chest.127.1.318
29. Araujo CG. Fast "ON" and "OFF" heart rate transients at different bicycle exercise levels. *Int J Sports Med*. 1985;6(2):68-73. DOI: 10.1055/s-2008-1025815
30. Koenig J, Jarczok MN, Warth M, Ellis RJ, Bach C, Hillecke TK, et al. Body mass index is related to autonomic nervous system activity as measured by heart rate variability - a replication using short term measurements. *J Nutr Health Aging* 2014;18(3):300-2. DOI: 10.1007/s12603-014-0022-6
31. Caruso FCR, Reis MS, Siqueira ACB, Gardim M, Catai AM, Borghi-Silva A. Determining anaerobic threshold through heart rate variability in patients with COPD during cycloergometer exercise. *Fisioter mov* 2012;25(4):717-25. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-51502012000400004>
32. Heart rate variability: standards of measurement, physiological interpretation and clinical use. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. *Circulation* 1996 1;93(5):1043-65
33. Heart rate variability. Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. *Eur Heart J* 1996;17(3):354-81
34. Vanderlei LCM, Pastre CM, Hoshi RA, Carvalho TDd, Godoy MFd. Noções básicas de variabilidade da frequência cardíaca e sua aplicabilidade clínica. *Rev Bras Cir Cardiovasc* 2009;24(2):205-17. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-76382009000200018>
35. Liedtke W, Choe Y, Marti-Renom MA, Bell AM, Denis CS, Sali A, et al. Vanilloid receptor-related osmotically activated channel (VR-OAC), a candidate vertebrate osmoreceptor. *Cell*. 2000 27;103(3):525-35.
36. Liedtke W, Friedman JM. Abnormal osmotic regulation in *trpv4*^{-/-} mice. *Proc Natl Acad Sci U S A* 2003 11;100(23):13698-703. DOI: 10.1073/pnas.1735416100
37. Kobashi M, Adachi A. Effect of hepatic portal infusion of water on water intake by water-deprived rats. *Physiol Behav* 1992;52(5):885-8.
38. Osaka T, Kobayashi A, Inoue S. Thermogenesis induced by osmotic stimulation of the intestines in the rat. *J Physiol* 2001 ;532:261-9. doi: 10.1111/j.1469-7793.2001.0261g.x
39. May M, Jordan J. The osmopressor response to water drinking. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol* 2011 ;300(1):R40-6. DOI: 10.1152/ajpregu.00544.2010
40. Ploutz-Snyder L, Foley J, Ploutz-Snyder R, Kanaley J, Sagendorf K, Meyer R. Gastric gas and fluid emptying assessed by magnetic resonance imaging. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1999;79(3):212-20. DOI: 10.1152/ajpregu.00544.2010
41. Kuiken SD, Samsom M, Camilleri M, Mullan BP, Burton DD, Kost LJ, et al. Development of a test to measure gastric accommodation in humans. *Am J Physiol* 1999;277:G1217-21.
42. Nosaka S, Murase S, Murata K. Arterial baroreflex inhibition by gastric distension in rats: mediation by splanchnic afferents. *Am J Physiol* 1991;260:R985-94. DOI: 10.1152/ajpregu.1991.260.5.R985
43. Rossi P, Andriessse GI, Oey PL, Wieneke GH, Roelofs JM, Akkermans LM. Stomach distension increases efferent muscle sympathetic nerve activity and blood pressure in healthy humans. *J Neurol Sci* 1998;161(2):148-55.
44. Fujimura J, Camilleri M, Low PA, Novak V, Novak P, Opfer-Gehrking TL. Effect of perturbations and a meal on superior mesenteric artery flow in patients with orthostatic hypotension. *J Auton Nerv Syst* 1997 3;67(1-2):15-23.
45. Li MH, Chen PH, Ho ST, Tung CS, Lin TC, Tseng CJ, et al. Lower body negative pressure-induced vagal reaction: role for the osmopressor response? *Am J Hypertens* 2013 ;26(1):5-12. DOI: 10.1093/ajh/hps027
46. Mendonca GV, Teixeira MS, Pereira FD, Fernhall B. Cardiovascular and autonomic effects of water ingestion during postexercise circulatory occlusion. *Appl Physiol Nutr Metab*. 2012;37(6):1153-63. DOI: 10.1139/h2012-106

Agradecimento: Este estudo foi parcialmente financiado pelo CNPq-Brazil nº481481/2011-7.

Recebido em 14/05/16.

Revisado em 03/06/17.

Aceito em 21/09/17.

Endereço para correspondência: Djalma Rabelo Ricardo. Departamento de Fisiologia da Faculdade de Ciências Médicas e da Saúde de Juiz de Fora / Hospital e Maternidade Therezinha de Jesus. Alameda Salva terra nº 200, Bairro: Salvaterra, CEP: 36033-003. djalmaricardo@suprema.edu.br