

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE MEDICINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA SAÚDE:
CARDIOLOGIA E CIÊNCIAS CARDIOVASCULARES

**RESPOSTA AUTONÔMICA DURANTE IMERSÃO EM INDIVÍDUOS
FREQUENTADORES E NÃO FREQUENTADORES DO MEIO LÍQUIDO**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Greiciane Jesus de Oliveira Buss

Orientador: Prof. Dr. Jorge Pinto Ribeiro

Co-Orientador: Prof. Dr. Ruy Silveira Moraes Filho

Porto Alegre, Dezembro de 2005.

DEDICATÓRIA

Aos meus queridos filhos e aos meus pais.

AGRADECIMENTOS

Aos meus filhos Inaê, Raul e João Gabriel, que pacientemente toleraram as desculpas de eu não dispor de tempo para brincar, passear e, algumas vezes, de não acompanhá-los na hora de dormir e embalar seu sono com cantigas ou histórias infantis. Anseio muito por recuperar esse período em que lhes dei menos atenção. Obrigada pelo amor incondicional.

Ao Dr. Jorge Pinto Ribeiro, pesquisador exemplar, por confiar na idéia de pesquisa e por seu apoio e orientação.

Ao Dr. Ruy S Moraes, pelos preciosos ensinamentos, grandiosa paciência e pelos “puxões de orelha”. Por tudo, muito obrigada.

Ao físico Elton Ferlin, pelo valioso apoio técnico.

Ao Dr. Waldomiro Manfrói, pelo incentivo.

Ao Professor Luis Fernando Martins Krueel, pelos questionamentos e pelo espaço físico para a realização do estudo.

À querida amiga Sirlei Reis, pelo inestimável incentivo, apoio e pela amizade.

Aos colegas do Curso de Pós-Graduação, pelos bons momentos, e pela alegria e amizade.

À chefe do Centro de Reabilitação do Centro de Saúde Vila dos Comerciários, Maria da Graça Schultz Medeiros, pela compreensão, pelo apoio incondicional, pela confiança e pela parceria.

Aos colegas de Prefeitura: Cláudia, Magali Marcon, Magali Schaan, Janete, Marlene, Sílvia, Vera e Sr. Carlos.

Aos funcionários do Centro Natatório da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Aos voluntários do estudo, pela paciência e confiança. Sem vocês não estaria realizando esse projeto.

Ao Thales e ao Marcelo pela parceria de idéias, pelos questionamentos e trocas de conhecimentos.

À Dona Vera, por tudo...

À tia Leni, que cuida da nossa família com tanta dedicação e solicitude. Tu és meu braço direito, e esquerdo!

Aos meus irmãos, pelo carinho.

Ao Rogério, meu esposo, pelos cuidados com a família, pelos desafios.

Aos meus pais, que me ensinaram que os maiores bens que se pode deixar para um filho são a educação, a cultura e o estudo. Obrigada pelo amor, compreensão, ajuda, carinho, orientação e pelo apoio em todas as horas.

A Deus, por todos os dias, por todas as horas, pelas pessoas que embarcam nas nossas vidas.

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS.....	ii
ABREVIATURAS.....	vii
FIGURAS E TABELAS.....	viii
RESUMO.....	9
ABSTRACT.....	10
INTRODUÇÃO.....	11
HIPÓTESE.....	13
OBJETIVO.....	13
PACIENTES E MÉTODOS.....	14
1. Seleção da Amostra.....	14
2. Protocolo.....	14
3. Medidas Hemodinâmicas.....	15
4. Medidas Autonômicas	
4.1. Variabilidade da Frequência Cardíaca.....	15
5. Considerações Éticas.....	15
6. Análise Estatística.....	15
RESULTADOS.....	17
1. Características Basais da Amostra.....	17
2. Comportamento da Pressão Arterial.....	18
3. Comportamento Autonômico	
3.1 Índices no Domínio da Frequência.....	19
3.2 Índices no Domínio do Tempo.....	19

DISCUSSÃO	
1. Pressão Arterial.....	23
2. Frequência Cardíaca.....	23
3. Atividade Autonômica.....	23
4. Mecanismos Possíveis.....	23
CONCLUSÃO	25
BIBLIOGRAFIA	26
ANEXO 1	31

ABREVIATURAS

VFC = variabilidade da frequência cardíaca

FC = frequência cardíaca

PAS = pressão arterial sistólica

PAD = pressão arterial diastólica

R-R_n = intervalos RR normais

BF_n = baixa frequência normalizada

AF_n = alta frequência normalizada

Razão BF/AF = razão entre os componentes de baixa e alta frequência da potência espectral

RRmed = Média dos intervalos RR normais

pNN50 = porcentagem das diferenças sucessivas entre os intervalos RR adjacentes normais maiores do que 50 ms

SDNN = desvio-padrão de todos os intervalos RR normais

un = unidades normalizadas

NFreq = não freqüentadores do meio líquido

Freq = freqüentadores do meio líquido

TABELAS E FIGURAS

TABELA 1.....	17
TABELA 2.....	18
TABELA 3.....	20
FIGURA 1.....	21

RESUMO

INTRODUÇÃO: Indivíduos saudáveis, quando expostos agudamente à imersão em água termoneutra, apresentam alterações no sistema de controle cardiovascular, com diminuição da atividade simpática e elevação da atividade vagal. Os efeitos crônicos da imersão em água termoneutra não são conhecidos.

OBJETIVOS: Testar a hipótese de que a freqüente exposição à imersão em água termoneutra promove adaptações autonômicas.

MÉTODOS: Participaram do estudo indivíduos freqüentadores (n= 14) e não freqüentadores do meio líquido (n=12). Foram registradas a pressão arterial e a freqüência cardíaca (FC) durante 15 minutos, estando o indivíduo inicialmente fora da água, em repouso, na posição supina e, em seguida, em ortostase. Imediatamente após, os indivíduos foram imersos em água termoneutra (32°C) até o terço médio do esterno, em posição ortostática. A variabilidade da freqüência cardíaca (VFC) foi determinada através de índices no domínio do tempo e da freqüência.

RESULTADOS: A imersão em água termoneutra promoveu menor aumento do componente de alta freqüência da FC nos indivíduos freqüentadores do meio líquido ($26,5 \pm 7,8$ un) do que nos não freqüentadores ($40,1 \pm 12,3$ un, $p=0,012$). Houve uma tendência a menor redução do componente de baixa freqüência nos indivíduos freqüentadores ($69,6 \pm 7,3$ un) do que nos indivíduos não freqüentadores ($56,9 \pm 12,4$ un, com $p= 0,069$).

CONCLUSÃO: Indivíduos freqüentemente expostos ao meio líquido apresentam menor modulação vagal e provável aumento da modulação simpática quando submetidos à imersão em água termoneutra. A exposição crônica ao meio líquido promove adaptações no sistema autonômico cardiovascular.

ABSTRACT

INTRODUCTION: During immersion in thermoneutral water, healthy individuals present a reduction in sympathetic nervous activity and reduction in vagal modulation to the heart. The chronic effects of the thermoneutral water immersion are unknown.

OBJECTIVES: To test the hypothesis of that the frequent exposure to thermoneutral water immersion promotes autonomic adaptations.

METHODS: In this study, we evaluated 14 healthy individuals who were frequently exposed and 12 healthy individuals who were not frequently exposed to water immersion. Subjects were maintained in the supine position, at rest out of the water, followed by the same period of time standing. They were then immersed in thermoneutral water (32°C) to the mild chest level, in the standing position for 15 minutes. Blood pressure, heart rate and time and frequency domain indices of heart rate variability were measured.

RESULTS: Immersion in thermoneutral water resulted in significantly less increase in the high frequency component of the heart rate variability in individuals frequently exposed (26.5 ± 7.8 un) than individuals not frequently exposed to water immersion ($40,1 \pm 12,3$ un, $p=0.012$). There was a trend for less reduction in the low frequency component of heart rate variability in individuals frequently exposed ($69.6 \pm 7,3$ un) than individuals not frequently exposed to water immersion (56.9 ± 12.4 un, $p= 0.069$).

CONCLUSION: Individuals frequently exposed to water immersion present less vagal modulation and probably increased sympathetic modulation when immersed in thermoneutral water. Chronic exposure to the aquatic ambient promotes adaptations in the cardiovascular autonomic system.

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, várias formas de atividades físicas com imersão em água têm sido utilizadas como estratégias para promoção da saúde. As respostas hemodinâmicas e autonômicas à imersão em água termoneutra¹ são distintas daquelas observadas nas trocas de postura e durante atividades físicas realizadas fora do meio líquido,^{2,3,4} provavelmente devido às propriedades físicas da água, como temperatura,^{1,5} pressão hidrostática e empuxo.^{6,7} Durante a imersão, ocorre o direcionamento dos fluídos corporais nas direções central e axial,⁸ ocorrendo, entre outros efeitos, o aumento do retorno venoso, da pressão venosa central,⁹ da distensão atrial¹⁰ e do débito cardíaco,¹¹ acompanhados de queda ou manutenção da FC.^{2,3,4,11,12} A deformação de barorreceptores aórticos e carotídeos, promovida pela distensão dos vasos sanguíneos, é transmitida através do nervo vago e glossofaríngeo até regiões centrais como o Bulbo e o Núcleo do Trato Solitário, onde informações sobre os níveis pressóricos são processadas e interpretadas. Por aumento da excitação dos barorreceptores, o Núcleo do Trato Solitário é excitado, estimulando o núcleo dorsal motor do vago (que age principalmente sobre a Resistência Vascular Periférica e Débito Cardíaco) e o núcleo ambíguo, ambos gerando aumento do tônus vagal e inibindo a atividade simpática. A modulação da FC está particularmente sujeita à ação de ambos.¹³ As respostas reflexas do simpático e do parassimpático permitem a modulação do débito cardíaco e da resistência vascular periférica procurando manter a estabilidade e a manutenção da pressão arterial e da frequência cardíaca adequadas em diferentes situações fisiológicas.

Existem controvérsias em relação ao ajuste da pressão arterial sistólica (PÁS) durante a imersão, cujo comportamento pode ser de queda, manutenção ou aumento.^{1,4,11,14} A pressão arterial diastólica (PAD), entretanto, costuma apresentar um decréscimo^{1,14} ou não sofrer alteração importante.⁴ Além disso, o comportamento da pressão arterial pode sofrer influência da temperatura da água,^{15,16} do tempo de permanência do indivíduo no meio líquido¹⁷ e da profundidade de imersão.¹⁴

Estudos de variabilidade da frequência cardíaca demonstraram que indivíduos submetidos a curtos períodos de imersão termoneutra, em posição ortostática, apresentavam um aumento da resposta vagal e supressão da resposta simpática.¹⁸ Da mesma forma, estudos utilizando microneurografia confirmam que a atividade nervosa simpática muscular é suprimida durante a imersão termoneutra.¹⁹ Este comportamento estaria intimamente relacionado aos efeitos hemodinâmicos provocados pela temperatura da água e profundidade da imersão.

A modulação autonômica, um dos mecanismos envolvidos na regulação cardiovascular,^{20,21,22,23} pode ser estimada, de forma confiável e reprodutível, por métodos não invasivos através da análise da variabilidade da frequência cardíaca (VFC),^{24,25,26} tanto em indivíduos em condições normais²⁶ como em condições patológicas.^{25,27,28,29,30} A análise de variabilidade dos intervalos RR normais é capaz de avaliar os mecanismos fisiológicos responsáveis pelo controle das flutuações da FC, onde o sistema nervoso autônomo desempenha um papel importante. A análise da VFC pode ser realizada tanto no domínio do tempo, como no domínio da frequência.³¹ A análise no domínio da frequência avalia o comportamento dos diferentes componentes de frequência que compõem uma série temporal, por um período definido. As bandas de frequência mais utilizadas em curtos períodos de tempo são as de baixa e alta frequência. A banda de baixa frequência (BF), que engloba as flutuações entre 0,03 Hz e 0,15 Hz, reflete a atividade simpática do sistema nervoso autônomo sobre o nó sinusal, elevando a FC e os níveis de pressão arterial e sendo mediada pelos reflexos barorreceptores localizados na crossa aórtica e no seio carotídeo e pela ação do sistema renina-angiotensina que modula atividade vasomotora. A banda de alta frequência (AF), que engloba as flutuações entre 0,15Hz e 0,40 Hz, reflete, por sua vez, a atividade vagal pura, responsável pela diminuição da FC e dos níveis pressóricos. As oscilações de alta frequência coincidem com a frequência respiratória, fenômeno conhecido como arritmia sinusal respiratória. Sua atividade é mediada pelo vago através de estímulos dos centros respiratórios cerebrais e também pela ação dos reflexos cardiopulmonares.³²

Embora as respostas autonômicas à imersão em água termoneutra tenham sido bem estudadas, não são conhecidas as adaptações autonômicas resultantes da exposição freqüente à imersão em água. Sendo a água um meio de lazer, de esporte, terapêutico e de trabalho, e cujas características físicas diferem do ambiente terrestre, torna-se importante conhecer eventuais mecanismos de adaptação autonômica a este meio. Portanto, os objetivos desse estudo foram avaliar e comparar a resposta autonômica de indivíduos expostos aguda e cronicamente à imersão termoneutra, e verificar possíveis adaptações autonômicas em indivíduos expostos freqüentemente ao meio líquido.

HIPÓTESE

- A exposição freqüente e prolongada à imersão em água termoneutra promove adaptações do sistema nervoso autônomo em indivíduos que têm suas atividades laborais em piscinas.

OBJETIVO

- Comparar as respostas hemodinâmicas e autonômicas à imersão em água termoneutra de indivíduos freqüentadores e não freqüentadores do meio líquido.

MATERIAL E MÉTODOS

1. Seleção da amostra

Para o grupo de indivíduos não frequentadores do meio líquido foram selecionados 12 indivíduos do sexo masculino do Curso de Pós-Graduação da Escola Superior de Educação Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul e do Centro de Recrutamento e Seleção da Brigada Militar do Estado do Rio Grande do Sul, não praticantes de atividade física regular. Para o grupo de indivíduos frequentadores do meio líquido foram selecionados 14 indivíduos do sexo masculino, identificados em escolas de natação de Porto Alegre ou em centros de hidroterapia. Deveriam ser obrigatoriamente professores de natação infantil ou terapeutas que ministrassem aulas em piscinas há mais de quatro meses, em dois ou mais dias da semana e, em média, durante oito horas semanais. Foram considerados critérios de exclusão para ambos os grupos: exercício físico regular,^{33,34,35} hipertensão,²⁸ obesidade, diabete melito, doença cardíaca,^{24,31} doença pulmonar crônica³⁶ e alcoolismo.³⁷

2. Protocolo:

Vinte e oito voluntários foram submetidos a anamnese, exame físico e eletrocardiograma de repouso. Um indivíduo foi excluído por doença cardíaca (comunicação interventricular) e outro desistiu de participar do estudo. Os indivíduos de ambos os grupos, não frequentadores (n=12) e frequentadores (n=14), foram orientados a não consumir bebidas alcoólicas e produtos com cafeína, e a não realizarem exercícios físicos na data do experimento. A coleta dos dados foi efetuada entre 13 e 18 horas.

Os indivíduos trajavam roupas de banho, permanecendo em repouso em uma sala, fora do ambiente úmido da piscina, onde foi realizada a colocação do Holter, seguida da aplicação de adesivos oclusivos e impermeáveis (Tegaderm[®], 3M). Próximo à piscina, a uma temperatura ambiente de $25 \pm 3^\circ\text{C}$, o indivíduo recebia orientações pertinentes ao protocolo do estudo e era verificada a pressão arterial, efetuada no primeiro instante da posição supina e no 5°, 10° e 15° minutos de cada uma das posições subseqüentes. Permanecia em posição supina sobre colchonetes por 15 minutos, em repouso total, com o membros superiores estendidos ao longo do corpo. Em seguida o voluntário foi orientado a permanecer, por 15 minutos em ortostase. O membro superior esquerdo foi posicionado sobre um pedestal a cada medida de pressão arterial. Finalmente, o

voluntário foi conduzido à piscina e imergiu, em água termoneutra (32°C) até a altura mesoesternal (terço médio do esterno), permanecendo por 15 minutos sobre redutores de profundidade, regulados previamente conforme sua estatura, com o membro superior esquerdo posicionado no “quebra onda” da piscina.

3. Medidas Hemodinâmicas:

A pressão arterial foi medida através de esfigmomanômetro de coluna de mercúrio (Tycos, Welch Allyn, Arden, Estados Unidos da América) segundo as normas estabelecidas pela IV Diretrizes Brasileiras de Hipertensão Arterial.³⁸ As medidas pressóricas foram tomadas assim que o voluntário deitava-se sobre o colchonete e a cada cinco, dez e quinze minutos em cada uma das posições (supina, ortostática e imersão).

4. Medidas Autonômicas – Variabilidade da Frequência Cardíaca:

Séries de intervalos RR normais foram processadas e avaliadas pela técnica semiautomática através do analisador MARS 8500 (Marquette Medical System, Milwaukee, Estados Unidos da América), que permite separar batimentos normais de batimentos ectópicos e de artefatos, montando uma série temporal, com resolução de 8 ms. Os dados foram avaliados em trechos de 5 minutos e editados por um observador independente, que desconhecia o grupo ao qual pertencia cada voluntário. Foram apreciados os índices de domínio do tempo e de frequência, contudo considerou-se principalmente os índices no domínio da frequência pelo curto tempo do traçado (menos de uma hora de duração), de acordo com as recomendações da Sociedade Européia de Cardiologia e Sociedade Norte Americana de Eletrofisiologia e Marcapasso.³¹ Os números considerados para análise estatística foram os do décimo minuto de cada posição, pela condição de repouso e estacionariedade³¹ do intervalo compreendido entre o quinto e o décimo minuto.

5. Considerações Éticas:

O projeto de pesquisa foi aprovado pelo Comitê de Ética do Grupo de Pesquisa e Pós-Graduação do Hospital de Clínicas de Porto Alegre (GPPG – HCPA). Todos os voluntários foram esclarecidos sobre a pesquisa e assinaram o Termo de Consentimento Informado (ANEXO 1).

6. Análise Estatística:

Os dados descritivos são apresentados como média e desvio padrão (média± DP). As características dos grupos foram comparadas pelos testes t de Student e Wilcoxon. Para a análise dos índices de domínio de frequência, os dados com distribuição não normal tiveram seus valores normalizados pelas seguintes fórmulas:

Baixa Frequência Normalizada

$$BF_n = BF / (WB-MBF) \times 100$$

Onde o valor de baixa frequência é dividido pela diferença entre a potência total e a potência de muito baixa frequência, multiplicado por 100.

Alta Frequência Normalizada

$$AF_n = AF / (WB-MBF) \times 100,$$

Onde o valor de alta frequência é dividido pela diferença entre a potência total e a potência de muito baixa frequência, multiplicado por 100.

Esses valores são expressos em unidades normalizadas (un) .

Análise de variância de dupla entrada (ANOVA) para medidas repetidas foi utilizada para avaliar as respostas autonômicas e hemodinâmicas nas posições supina, ortostática e imersão. Para comparações múltiplas entre os grupos foram usadas a correção de Bonferroni e teste de Mann-Whitney para dados assimétricos. Para o nível de significância estatística foi considerado um valor de $p < 0,05$.

RESULTADOS

1. Características basais da amostra:

Os indivíduos freqüentadores do meio líquido foram freqüentemente submetidos à imersão termoneutra prévia por 2 ± 2 anos até a data do experimento, durante 10 ± 4 horas semanais, em média. As características dos indivíduos estudados estão descritas na Tabela 1. Os indivíduos não diferiram quanto à idade, estatura, peso e níveis de PAS e PAD no início do experimento.

Tabela 1. Características dos voluntários:

	Grupo	Grupo	p
	Não Freqüentador	Freqüentador	
	(n = 12)	(n = 14)	
Idade (anos)	36 ± 6	30 ± 7	0,90
Estatura (cm)	175 ± 10	177 ± 8	0,68
Peso (Kg)	76 ± 14	80 ± 9	0,56
PAS inicial (mm Hg)	118 ± 7	126 ± 9	0,73
PAD inicial (mm Hg)	76 ± 6	79 ± 7	0,74

~~Dados expressos em média \pm desvio padrão. PAS = pressão arterial sistólica; PAD = pressão arterial diastólica.~~

2. Comportamento da Pressão Arterial nas diferentes posturas:

O comportamento pressórico de ambos os grupos nas posições supina, ortostática e imersão estão descritos na Tabela 2. Ambos os grupos apresentaram redução da PAS da posição supina para a posição em ortostase, sem mudança significativa após a imersão. A PAD permaneceu sem modificações significativas nas trocas de postura de supino para ortostase e de ortostase para

imersão em ambos os grupos. Não foi observada diferença significativa nas PAS e PAD na comparação entre grupos.

Tabela 2. Pressão arterial sistólica e diastólica:

	Supino	Ortostase	Imersão		ANOVA	
				p Grupo	p Posição	p Interação
PAS						
(NFreq)	116±8	104±12*	107±13 †	0,24	<0,001	0,81
(Freq)	121±7	107±10	111±10			
PAD						
(NFreq)	78±6	76±8	74±8	0,41	0,011	0,89
(Freq)	80±5	77±5	76±8			

Tabela 4. Pressão arterial sistólica (PAS) e diastólica (PAD).

*: Diferença significativa entre supino e ortostase para média de ambos os grupos

** : Diferença significativa entre ortostase e imersão para média de ambos os grupos

† : Diferença significativa entre supino e imersão para média de ambos os grupos

Nível de significância estatística $p < 0,005$ para comparações múltiplas entre supino, ortostase e imersão.

3. Comportamento autonômico nas diferentes posturas:

3.1 Índices no Domínio da Frequência:

Os efeitos das posturas sobre a resposta autonômica nos índices de domínio de frequência e de tempo da VFC de ambos os grupos estão descritos na Tabela 3. Observa-se a elevação do componente de baixa frequência da potência espectral quando os indivíduos passaram de supino para a posição ortostática, nos dois grupos. De ortostase para imersão, o componente de baixa frequência diminuiu, aproximando-se dos valores encontrados em supino. Houve uma tendência dos indivíduos frequentadores em apresentar uma menor redução do componente de baixa frequência

durante a imersão. As posturas supina e imersão não apresentaram diferença significativa. O componente de alta frequência da potência espectral sofreu redução nos dois grupos na troca de supino para ortostase. De ortostase para imersão ocorreu o aumento do componente de alta frequência. Entretanto, durante a imersão, indivíduos não frequentadores apresentam um aumento do componente de alta frequência significativamente maior do que os indivíduos frequentadores. A razão entre os componentes de baixa e alta frequência (razão BF/AF), ou equilíbrio simpato-vagal, aumentou na troca de supino para ortostase, seguida de queda durante a imersão. A comparação de supino com imersão não apresentou diferença estatisticamente significativa.

3.2 Índices de Domínio de Tempo:

A média dos intervalos RR normais (RR med) apresentou queda em ambos os grupos na troca de supino para ortostase. A troca de postura de ortostase para imersão promoveu aumento do RR med em ambos os grupos. Não foi observada nenhuma diferença estatisticamente significativa dos valores de RR med entre supino e imersão nos dois grupos.

A porcentagem das diferenças sucessivas entre os intervalos RR adjacentes normais maiores do que 50 ms (pNN50) apresentou queda na troca de supino para ortostase. Da ortostase para a imersão, os dois grupos apresentaram elevação dos valores de pNN50. Ao compararmos os voluntários em supino e imersão, observamos que os valores de pNN50 são maiores em imersão. O desvio padrão dos intervalos RR normais (SDNN) não apresentou diferença entre as posições supina e ortostática em ambos os grupos. Entretanto, ao compararmos os voluntários em ortostase e imersão, observa-se um aumento dos índices de SDNN em imersão. Na análise entre supino e imersão, ocorreu um aumento do SDNN na fase de imersão.

Tabela 3. Índices de Domínio de Frequência e de Tempo da VFC nas diferentes posições:

	Supino	Ortostase	Imersão	ANOVA		
				p Grupo	p Posição	p Interação
BFn						
(NFreq)	58,4±7,1	78,1±11,2 *	56,9±12,4 **	0,069	<0,001	0,028
(Freq)	61,7±10,4	78,5±9,3	69,7±7,3			
AFn						
(NFreq)	37,6±7,9	19,3±10,9*	40,1±12,3**	0,012	<0,001	0,037
(Freq)	33,0 ±8,8	15,0±4,8	26,5±7,8			
BF/AF						
(NFreq)	1,6±0,5	5,4±3,1*	1,6±0,7 **	0,13	<0,001	0,63

(Freq)	2,1±0,9	6,2±3,6	2,9±1,5			
RRmed						
(NFreq)	947±56	780±92*	956±63**	0,21	<0,001	0,32
(Freq)	908±14	727±11	885±13			
pNN50						
(NFreq)	20±13 [†]	13±11*	28±14**	0,78	<0,001	0,76
(Freq)	23±13	14±11	28±16			
SDNN						
(NFreq)	54±16 [†]	62±18	69±24**	0,98	<0,001	0,17
(Freq)	59±18	55±22	72±21			

Tabela 3. Valores Normalizados de Baixa Frequência (NBF), Normalizados de Alta Frequência (NAF) e Razão Alta Frequência/ Baixa Frequência em indivíduos Não Frequentadores (NFreq) e indivíduos Frequentadores (Freq) do meio líquido. Valores expressos em unidades normalizadas (un). Média dos intervalos RR normais (RRmed), porcentagem das diferenças sucessivas entre os intervalos RR adjacentes normais maiores do que 50 ms (PNN50), desvio-padrão de todos os intervalos RR normais (SDNN).

*: Diferença significativa entre supino e ortostase para média de ambos os grupos

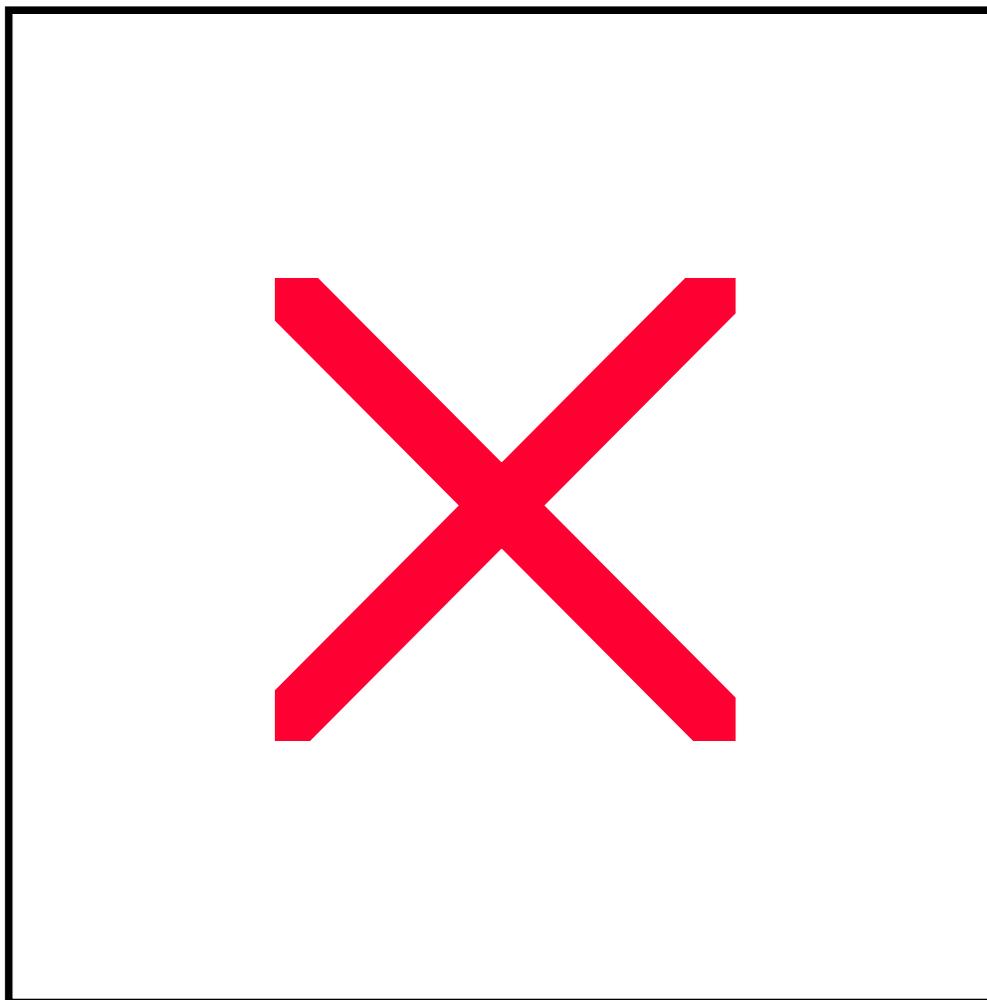
** : Diferença significativa entre ortostase e imersão para média de ambos os grupos

†: Diferença significativa entre supino e imersão para média de ambos os grupos

Nível de significância estatística $p < 0,005$ para comparações múltiplas entre supino, ortostase e imersão.

Figura 1. Comportamento autonômico entre o grupo de indivíduos frequentadores e não frequentadores:

NFreq
Freq



DISCUSSÃO

Neste estudo, indivíduos expostos aguda e cronicamente ao meio líquido tiveram suas respostas hemodinâmicas e autonômicas comparadas em supino, ortostase e imersão. Demonstramos que a imersão termoneutra, em posição ortostática, com profundidade para manter o nível da água até o tórax, tem efeitos hemodinâmicos e autonômicos diferentes aos observados durante o ortostatismo no meio terrestre. Entretanto, nos indivíduos que freqüentam o meio líquido, observamos que a resposta autonômica à imersão nos oferece pistas acerca do efeito da exposição crônica ao meio líquido. Os indivíduos freqüentadores do meio líquido apresentaram uma menor ativação vagal e maior ativação simpática durante a imersão, podendo este fato manifestar-se como uma adaptação fisiológica à imersão termoneutra prolongada.

Pressão Arterial

Estudos prévios que avaliaram o comportamento da Pressão Sistólica e Diastólica em indivíduos submetidos à imersão aguda, apresentam resultados divergentes.^{1,4,11,13,14} Provavelmente tais respostas possam estar relacionadas à metodologia utilizada pelos autores. Sránek et al,¹ utilizando o esfigmomanômetro, verificaram que a PAS e a PAD tendiam a cair durante a imersão

termoneutra. Entretanto, outros pesquisadores não obtiveram os mesmos resultados, observando um aumento da PAS, acompanhado de manutenção ou queda da pressão diastólica, com o uso de equipamentos automáticos.^{13,14} Miwa et al^{4,17} não encontraram diferença significativa no comportamento pressórico com medidas de ponta de dedo, analisadas batimento a batimento. Grande parte dos estudos não só pesquisaram os efeitos da imersão termoneutra, como também avaliaram PAS e PAD em água fria³ e quente,¹⁴ observando respostas pressóricas distintas nessas temperaturas. Tal comportamento poderia estar relacionado à perda, manutenção ou ganho de calor através da pele, promovendo alterações na resistência vascular periférica. Provavelmente, durante a imersão em água quente, a vasodilatação periférica não permite que quantidades maiores de sangue sejam direcionadas para as regiões centrais, o que explica a queda da PAS e PAD. O efeito contrário, é observado na imersão em água fria. Por outro lado, a pressão hidrostática proporcionada pela imersão, independente da temperatura da água, promove o direcionamento central e axial dos fluídos corporais, aumentando a pré-carga e a ativação dos barorreceptores aórticos e receptores cardiopulmonares. A deformação dessas estruturas pelo aumento de volume sanguíneo, tem efeito sobre o tônus parassimpático e simpático, diminuindo o ritmo cardíaco.

Frequência Cardíaca

Em nosso estudo a análise dos intervalos RR não apresentou diferença entre os grupos durante as posturas executadas. Foram observadas apenas diferenças entre as trocas de postura em ambos os grupos. Houve aumento da FC com a adoção da posição ortostática e queda da frequência cardíaca com a imersão. Estudos prévios apresentam dados divergentes com relação à FC. Miwa et al,¹⁸ puderam verificar uma diferença significativa da FC entre supino e imersão em indivíduos jovens e saudáveis, entretanto, em estudo posterior,¹⁹ com jovens e idosos, tal comportamento não foi observado em nenhum dos dois grupos. Alguns autores constataram que a profundidade da imersão é fator importante no comportamento da FC.

Atividade autonômica

Nesse estudo, verificamos que o componente de Alta Frequência (AF) da análise espectral no domínio de frequência, assim como a porcentagem das diferenças sucessivas entre os intervalos NN menores que 50ms (pNN50) e o desvio padrão de todos os intervalos NN (SDNN) da análise espectral no domínio do tempo diminuíram na posição ortostática e aumentaram com a imersão. Observamos principalmente que, durante a imersão termoneutra, a atividade do componente de Alta Frequência (AF) foi significativamente maior nos indivíduos não frequentadores do meio líquido.

Por serem esses três índices indicadores de ação parassimpática no nó sinusal, eles demonstram uma intensificação da atividade vagal em indivíduos expostos agudamente à imersão termoneutra. Além disso, percebemos que nos indivíduos expostos cronicamente ao meio líquido, o componente de Baixa Frequência (BF), que em parte indica ação simpática, tende a ser maior durante a imersão quando comparado aos indivíduos expostos agudamente. Estudos prévios avaliaram as respostas autonômicas de indivíduos submetidos agudamente à imersão termoneutra e puderam observar, através do sistema Holter e da microneurografia, o incremento da atividade vagal e supressão da atividade simpática nessa população.^{4,18,19}

Mecanismos possíveis :

Entre os fatores que possam estar relacionados com a natureza das respostas cardiovasculares em indivíduos expostos à imersão, salientamos as propriedades físicas exercidas pela água em qualquer corpo imerso: a transferência de temperatura através da água, o efeito da pressão hidrostática, do empuxo e da profundidade.^{12,3,5,6,7} A adaptabilidade do sistema cardiovascular, mediante a exposição a um meio com propriedades tão distintas daquele em que vivemos, sofre influências multifatoriais e que interagem entre si. Alterações da resistência vascular periférica, pela ação da temperatura ou pressão hidrostática, promovem o aumento do retorno venoso, favorecendo a distensão atrial, o aumento do volume sanguíneo no interior das câmaras cardíacas, aumento da circulação pulmonar com o favorecimento da relação ventilação/perfusão nas zonas apicais, aumento do débito cardíaco influenciado principalmente pelo volume sistólico e não pela frequência cardíaca, aumento da distensão vascular, detectada pelos pressorreceptores aórticos e receptores cardiopulmonares. As aferências vagais provindas de pressorreceptores aórticos e carotídeos excitam o Núcleo do Trato Solitário, estimulando o tônus vagal e reduzindo o tônus simpático, diminuindo a FC e a atividade vasomotora. A estimulação dos reflexos cardiopulmonares (cujos receptores estão localizados nos átrios, ventrículos, vasos pulmonares e no parênquima pulmonar) pelo aumento do retorno venoso e da circulação pulmonar, resulta em inibição simpática periférica, vasodilatação e bradicardia (reflexo de Bezold-Jarish).¹³ A distensão atrial também promove uma maior liberação do peptídeo natriurético atrial, que diminui a atividade simpática renal, com aumento da diurese e natriurese,^{39,40} bem como, uma resposta reflexa que desencadeia aumento da atividade simpática cardíaca e diminuição da atividade simpática renal (reflexo de Bainbridge).¹³

Mergulhadores de águas profundas sofrem adaptações autonômicas, com eventual desenvolvimento de bradiarritmias, possivelmente relacionadas com apnéias frequentes e

hipóxia.^{41,42} Nesse experimento, avaliamos indivíduos expostos à imersão termoneutra há bastante tempo e que, em sua maioria, permanecem no ambiente líquido diariamente, por várias horas. Provavelmente, o comportamento autonômico observado nesses indivíduos durante a imersão refletiu a adaptação do sistema nervoso autônomo ao aumento sustentado de volume sanguíneo central e à contínua excitação dos barorreceptores e receptores cardiopulmonares promovidos pela permanência no ambiente líquido. Sendo assim, um mecanismo compensatório seria necessário para evitar a queda da frequência cardíaca, bem como, quedas pressóricas bruscas, promovidas pela atividade vagal aumentada no meio líquido, evitando a hipotensão e síncope e garantindo a homeostase durante a imersão.

CONCLUSÃO

Nesse experimento, demonstramos que indivíduos expostos freqüentemente ao meio líquido, desenvolvem adaptações autonômicas demonstrando maior resposta simpática durante a imersão e que podem estar relacionadas com os efeitos da imersão prolongada sobre o sistema cardiovascular.

Referências Bibliográficas:

1. Srámek P, Simeckova M, Jansky L, et al. Human physiological responses to immersion into water of different temperatures. *Eur J Appl Physiol* 2000; 81: 436-442
2. Risch W, Koubenec HJ, Beckmann,U, et al. The effect of graded immersion on heart volume, central venous pressure, pulmonary blood distribution, and heart rate in man. *Pflügers Arch* 1978; 374:115-118
3. Ruoti RG, MorrisDM, Cole AJ. *Reabilitação Aquática* -Cap 3: 29-42, 1ª ed. Bras. 2000.
4. Miwa C, Sugiyama Y, Mano T, Iwase S, et al. Spectral characteristics of heart rate and blood pressure variabilities during head-out water immersion. *Eviron Med*1996; 40 (1):91-94
5. Choi JK, Lee HS, Park YS, Shiraki K. Effect of uniform and non-uniform skin temperature on thermal exchange in water in humans. *Int J Biometeorol*, 2003 ; 47(2): 80-6. Epub 2002 Dec 11
6. Skinner AT, Thomson AM. *Duffield: exercícios na água*. Cap 1:4-22 3ª ed. Ed Manole-1985
7. Bates A, Hanson N. *Exercícios Aquáticos Terapêuticos* -Manole 1ª ed Bras. 1998; Cap 3 pg 21.

8. Arborelius M Jr, Balldin VI, Lilja B, Hundgren CEG Hemodynamic changes in man during immersion with the head above water. *Aerospace Med* 1972; 43(6): 592-598
9. Risch W, Koubenec HJ, Beckmann U, et al. The effect of graded immersion on heart volume, central venous pressure, pulmonary blood distribution, and heart rate in man. *Pflügers Arch* 1978; 374:115-118
10. Lange L, Lange S, Echt M, Gauer OH. Heart volume in body posture and immersion in a thermo-neutral bath. *Pflügers Arch* 1974; 352: 219-226
11. Park KS, Choi JK, Park YS. Cardiovascular regulation during water immersion. *Appl Human Sci* 1999; 18(6): 233-241
12. Kruel LF, Peyré-Tartaruga LA, Dias AB, Silva RC, Picanço PS, Rangel AB. Frequência cardíaca durante imersão no meio aquático. *Fit & Perform J* 2002 ; Vol 1(6): 46-52
13. Rasia Filho AA, Rigatto KV, Dal Lago P. Mecanismos neurais centrais e periféricos de gênese e controle a curto prazo da pressão arterial: da fisiologia à fisiopatologia. *Revista da Sociedade de Cardiologia do Rio Grande do Sul* 2004; (3):1-4
14. Gabrielsen A, Johansen LB, Norsk P. Central cardiovascular pressures during graded water immersion in humans. *J. Appl. Physiol* 1993; 75(2): 581-585
15. Miwa C, Matsukawa T, Iwase S, et al . Human cardiovascular responses to a 60-min bath at 40°C. *Environ Med* 1994; 38(1):77-80
16. Keating WR, Evans M. The respiratory and cardiovascular response to immersion in cold and warm water. *Quart J Physiol* 1961; pg 83-94
17. Stadeager C, Johansen LB, Warberg J, Christensen NJ, Foldager N, Bie P, Norsk P. Circulation, kidney function, and volume-regulating hormones during prolonged water immersion in humans. *J Appl Physiol* 1992; 73:530-538
18. Miwa C, Sugiyama Y, Mano T, Iwase S, Matsukawa T. Sympatho-Vagal responses in humans to thermoneutral head-out water immersion. *Aviat Space Environ Med* 1997; 68:1109-14
19. Miwa C, Mano T, Saito M, Iwase S, Matsukawa T, Sugiyama Y, Koga K. Ageing reduces sympatho-suppressive response to head-out water immersion in humans. *Acta Physiol Scand* 1996; 158(1): 15-20

20. Irigoyen MC, Consolim-Colombo FM, Krieger EM. Controle cardiovascular: regulação reflexa e papel do sistema nervoso simpático. *Rev Bras Hipertens* 2001; 8: 55-62
21. Michelini, LC. Regulação momento a momento da pressão arterial na normotensão e hipertensão. *Rev Hipertensão, Rev. Soc Bras Hipertensão* 2000 ; v. 3: 90-98
22. Malliani A, Pagani M, Lombardi F, Cerutti S. Cardiovascular neural regulation explored in the frequency domain. *Circulation* 1991;84:482-492.
23. Parati G, Saul JP, DI Rienzo M, Mancia G. Spectral analysis of blood pressure and heart rate variability in evaluating cardiovascular regulation. *Hypertension* 1995; 25:1276-1286
24. Moffa, PJ e Sanches, PCR. Tranchesesi - Eletrocardiograma Normal e Patológico - Ed. Roca, Cap 31:811-838 e Cap 32:839-868.
25. Moraes RS, Ferlin E. Variabilidad de la frecuencia Cardíaca. Utilidad Del análisis espectral para evaluar el sistema nervioso autônomo. *Rev Argent de Cardiol* 1992; 60(1):77-80
26. Vybiral T, Bryg RJ, Maddens ME, Boden WE. Effect of passive tilt on sympathetic and parasympathetic components of heart rate variability in normal subjects. *Am J Cardiol* 1989; 63:1117-1120
27. Piccirillo G, Magri D, Naso C, Carlo S, Moisè A, de Laurentis T, Torrini A, Matera S, Nocco M. Factors influencing heart rate variability power spectral analysis during controlled breathing in patients with chronic heart failure or hypertension and in healthy normotensive subjects. *Clin Sci* 2004; 107:183-190
28. Karas M, Lacourciere Y, LeBlanc AR, Nadeau R, Dube B, Florescu M, Lamarre-Cliche M, Poirier L, Larochelle P, de Champlain J. Effect of the renin-angiotensin system or calcium channel blockade on the circadian variation of heart rate variability, blood pressure and circulating catecholamines in hypertensive patients. *J Hypertens* 2005; Jun 23(6):1251-60
29. Ribeiro AL, Moraes RS, Ribeiro JP, Ferlin EL, Torres RM, Oliveira E, Rocha MO. Parasympathetic dysautonomia precedes left ventricular systolic dysfunction in Chagas disease. *Am Heart J* 2001 , Feb;141(2):260-5
30. Chemla D, Young J, Badilini F, Maison-Blanche P, Affres H, Lecarpentier Y, Chanson P. Comparison of fast Fourier transform and autoregressive spectral analysis for the study of heart rate variability in diabetic patients. *Int J Cardiol* 2005; Oct 10;104(3):307-313,

31. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. Heart rate variability- Standards of measurement, physiological interpretation , and clinical use. *Circulation* 1996; 93(5):1043-1065
32. Akselrod S, Gordon D, Madwed JB, Snidman NV, Shannon DC, Cohen RJ. Hemodynamic regulation: investigation by spectral analysis. *Am J Physiol* 1985; 249:867-875.
33. Stein R, Moraes RS, Cavalcanti AV, Ferlin EL, Zimmerman LI, Ribeiro JP. Sinus automaticity and atrioventricular conduction in athletes: contribution of autonomic regulation. *Eur J Appl Physiol* 2000; 82: 155-157
34. Martinelli FS, Chacon- Mikahil MTP, Martins LEB, Lima-Filho EC, Golfetti R, Paschoal MA, Gallo-Junior R. Heart rate variability in athletes and nonathletes at rest and head-up tilt. *Braz J Med Biol Res* 2005 38: 639-647
35. Iwasaki K, Zhang R, Zuckerman JH, Levine BD. Dose-response relationship of the cardiovascular adaptation to endurance training in healthy adults: how much training for what benefit? *J Appl Physiol* 2003; 95:1575-83
36. Volterrani M, Scalvini S, Mazzuero G, Lanfranchi P, Colombo R, Clark AL, Levi G. Decrease heart rate variability in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Chest* 1994; 106(5): 1432-7
37. Gonzalez JG, Llorenz AM, Novoa AM, Valeriano JJ. Effect of acute alcohol ingestion on short-term heart rate fluctuations. *J Stud Alcohol* 1992; 53(1): 86-90
38. IV Diretrizes Brasileiras de Hipertensão Arterial. *Arq Bras Cardiol* 2004; 82 (suplemento IV): 8-14
39. Larsen AS, Johansen LB,Stadeager C, Warberg J, Christensen NJ, Norsk P. Volume-homeostatic mechanisms in humans during graded water immersion. *J Appl Physiol* 1994; 77(6): 2832-2839
40. Hammerum MS, Bie P, Pump B, Johansen LB, Christensen NJ, Norsk P. Vasopressin, angiotensin II and renal responses during water immersion in hydrated humans. *J Physiol*, 1998; 511.1:323-330
41. Schipke JD, Pelzer M. Effects of immersion, submersion, and scuba diving on heart rate variability. *Br J Sports Med* 35:174-180, 2001

42. Gempp E, Blatteau JE, Louge P, Drouillard I, Galland FM. N-terminal pro brain natriuretic peptide after 1-hour scuba dives at 10 m depth. *Aviat Space Environ Med* 2005; 76(2):114-6

TERMO DE CONSENTIMENTO INFORMADO

TERMO DE CONSENTIMENTO INFORMADO

Atualmente o meio líquido é utilizado para treinamento físico, lazer e como terapia em várias doenças. Isto ocorre porque a água aquecida traz benefícios ao corpo humano.

O objetivo da nossa pesquisa é verificar quais são os efeitos da imersão na água levemente aquecida, com temperatura semelhante à do corpo e com a cabeça para fora d'água, para o coração e os vasos sanguíneos.

O primeiro procedimento dessa pesquisa é submeter os homens selecionados a um eletrocardiograma de repouso, para verificar se possui doença cardíaca.

O segundo procedimento segue um roteiro e será realizado em data posterior ao 1º procedimento. Tem o objetivo de observar, através do Holter, a resposta da frequência cardíaca com os indivíduos deitados, em pé e em pé na água aquecida (32° C), com profundidade mesoesternal (terço médio do esterno).

Para fazermos esse exame na piscina usaremos uma proteção adesiva sobre os eletrodos, isolando-os para não entrarem em contato com a água.

O tempo de envolvimento dos selecionados deverá ser de duas manhãs ou tardes, uma para que se faça o 1º procedimento e outra para o segundo, alguns dias depois.

Os desconfortos que as atividades poderão provocar, na piscina, poderão ser: a adaptação na água aquecida para os selecionados que não costumam frequentá-la e a necessidade de depilar os pêlos da região pré-cordial para a colocação dos eletrodos (tricotomia), quando a quantidade de pêlos for excessiva.

Esse projeto de pesquisa não oferecerá nenhum tipo de benefício direto e imediato às condições de saúde dos participantes, apenas a oportunidade de realizar o ECG e outros exames.

O acompanhamento aos voluntários é garantido durante os procedimentos, estando presente o pesquisador desse projeto.

É assegurado o direito ao voluntário de não participar ou se retirar do estudo, a qualquer momento, sem que lhe represente qualquer tipo de prejuízo. É assegurado também a confidencialidade e privacidade às informações coletadas (bem como a garantia do esclarecimento a qualquer dúvida).

Pelo presente Consentimento Informado, declaro que fui esclarecido, de forma clara e detalhada, livre de qualquer forma de constrangimento e coerção, dos objetivos, da justificativa, dos procedimentos a que será submetido, dos riscos, desconfortos e benefícios do presente projeto de pesquisa.

É direito do voluntário, exigir indenização ou tratamento médico na ocorrência de danos imediatos ou tardios advindos dos procedimentos de pesquisa diretamente;

Na ocorrência de gastos adicionais de transporte e alimentação, o ressarcimento é direito do voluntário.

Fui igualmente informado:

- Da garantia de receber resposta a qualquer pergunta ou esclarecimento a qualquer dúvida acerca dos procedimentos, riscos, benefícios e outros assuntos relacionados com a pesquisa;
- Da liberdade de retirar meu consentimento, a qualquer momento, e deixar de participar do estudo, sem que isto traga prejuízos;
- Da segurança de que não serei identificado e que se manterá o caráter confidencial das informações relacionadas com a minha privacidade;

Do compromisso de proporcionar informação atualizada obtida durante o estudo, ainda que esta possa afetar a minha vontade em continuar participando; Da disponibilidade de tratamento médico e a indenização, conforme estabelecer a legislação, caso existam danos à minha saúde, diretamente causados por esta pesquisa;

- De que, se existirem gastos adicionais, estes serão absorvidos pelo orçamento da pesquisa.

O pesquisador responsável por este Projeto _____

_____ fone: _____

Tendo este documento sido revisado e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa desta Instituição de atenção à saúde em ____/____/____.

Data ____/____/____.

Nome e assinatura do Paciente ou Voluntário:

Nome e assinatura do Responsável Legal:

ABBREVIATIONS

HRV = heart rate variability

HR = heart rate

SAP = systolic arterial pressure

DAP = diastolic arterial pressure

R-R_n = intervalos RR normais

LF_n = low frequency normalized

HF_n = high frequency normalized

LF/HF ratio = low to high frequency ratio

RR_m = average of the normal-to-normal intervals

pNN50 = percentage of NN50 count divided by the total number of all NN intervals

SDNN = standard deviation of the all NN intervals

nu = normalized units

NFreq = subjects not frequenteers of the bath

Freq = subjects frequenteers of the bath

INTRODUCTION

In the last years, many forms of physical activities with immersion in the bath have been useful as a strategy for health promotion. The hemodynamic and autonomic responses to immersion in thermoneutral¹ water is different from that observed in posture change and in physical activities on land,^{2,3,4} probably due to physical properties of water, as a temperature,^{1,5} hydrostatic pressure and thrust.^{6,7} During the immersion, occur the body fluid shift to central and axial directions,⁸ occurring, among other effects, the increase of venous return, central venous pressure,⁹ atrial distention,¹⁰ and cardiac output,¹¹ accompanied by the decrease or maintenance of heart rate (HR).^{2,3,4,11,12} The deformation of aortic and carotid baroreceptors, promoted by the distention of stroke vessels, is transmitted through the vagus and glossopharyngeal nerve also central regions as the nucleus of the solitary tract (NST), where the information about arterial pressure levels are processed and interpreted. For increase of the baroreceptors excitation, the NST is excited, stimulating the dorsal motor nucleus of the vagus (that act principally in Peripheral Vascular Resistance and Cardiac Output) and the nucleus ambiguus, both producing increase of vagal tone and inhibiting the sympathetic activity. The HR modulation is particularly exposed to the action of both.¹³ The sympathetic and parasympathetic responses permit the modulation of cardiac output and peripheral resistance, try to maintain the stability and maintenance of the arterial pressure and HR adequate in different physiological conditions. Many controversies exist about systolic blood pressure during the immersion, whose behavior can be decrease, maintenance or increase.^{1,4,11,14} Diastolic arterial pressure, however, present a decrease^{1,14} or no suffer important alteration. Moreover, the behavior of arterial pressure may suffer influence of water temperature,^{15,16} time¹⁷ and level of immersion.¹⁴

Previous studies demonstrate the increase of vagal responses and suppression of the sympathetic tone when subjects were immersed in thermoneutral water in upright position, during short periods.¹⁸ Studies using microneurography may corroborate the suppression of muscular sympathetic nervous activity, on these conditions.¹⁹ These effects would be related to hemodynamic effects provoked by water temperature and depth of immersion.

The autonomic modulation, one of the mechanisms involved in cardiovascular regulation,^{20,21,22,23} can be stimulated by the Heart Rate Variability analysis in healthy subjects^{24,25} and pathologic conditions.^{25,27,28,29,30} The analysis of RR intervals is capable to evaluate the physiological mechanisms responsible for the control of HR fluctuations, where the autonomic nervous system plays an important role. This analysis of HRV can be achieved in the frequency or time domain.³¹ The HRV on frequency domain evaluates different oscillatory components yield, in

short-term recordings , two bands of frequency: Low Frequency (0,03- 0,15 Hz) that reflect the sympathetic activity of the autonomic nervous system on sinus node, increasing the HR and arterial pressure. The High Frequency (0.15- 0.4 Hz) reflect the vagal activity exclusively and your activity decrease the HR and Arterial pressure. The HF oscillations coincide with respiratory frequency, phenomenon known as respiratory sinus arrhythmia. Your activity is mediated by the vagus nerve through cerebral respiratory centers stimuli and cardiopulmonary reflects, too.³²

Although the autonomic responses to thermoneutral immersion have been study, are unknown the autonomic adaptations resulting of frequently exposure to immersion in water. Being the water a way of leisure, of sport, therapeutical and of work, and whose physical characteristics differ from the terrestrial environment, becomes important to know eventual mechanisms of autonomic adaptation in this way. Therefore, the aim of this study is evaluate and compare the autonomic responses of the individuals to acutely and chronic exposure to thermoneutral immersion, and verify possible adaptations on autonomic nervous system in individuals who were frequently exposed to aquatic ambient. It remained in supine position above cushions per 15 minutes, in total rest, with the extended superior members to the long one of the body. After, the volunteer was guided to remain in upright position during 15 minutes. The left superior member was placed

METHODS

Study patients:

Twenty six males were evaluated (14 healthy individuals who were frequently exposed and 12 healthy individuals who were not frequently exposed to water immersion). For group of frequenters were selected professionals which work with childlike swimming and physical therapy in bath have four months in two or more days of the week, during eight hours weekly. Exclusion criteria for both groups were: regular physical activity,^{33,34,35} hypertension,²⁸ obesity, diabetes, any type of cardiopathy,^{24,31} chronic pulmonary disease³⁶ and alcoholism.³⁷

Study protocol:

All subjects were submitted to anamnesis, physical examination and resting electrocardiograms. The subjects abstained from coffee and alcohol consumption, and physical activity in the day of experiment. Data collection was done between 13:00 and 18:00 PM.

The individuals wore bath clothes, remaining in rest in a room, outside of the environment of the swimming pool, where was placed the Holter, followed by application of adhesive occlusive and impermeable (Tegaderm[®], 3M). Next to the swimming pool, to an ambient temperature of $25\pm 3^{\circ}\text{C}$ was verified the arterial pressure of the subjects, effected in the first instant of the supine position and in 5° , 10° and 15° minutes of each one of the subsequent positions. It remained in supine position on cushions per 15 minutes, in total rest, with the extended superior members to the long of the body. After, the volunteer remain in upright position during 15 minutes, and finally the volunteer was lead to the bath and immersed in thermoneutral water (32°C) until 1/3 of sternal bone, remaining per 15 minutes on depth reducing, regulated its stature previously, with the left superior member on cardiac level.

Hemodynamic Measurements:

The arterial pressure was measured by sphygmomanometer (Tycos, Welch Allyn, Arden USA). The pressoric measurements was taken when the subjects layed on cushions and each five, ten and fifteen minutes, in each positions.

Autonomic Measurements - Heart Rate Variability:

Series of normal RR intervals were analyzed with a MARS Series 8500 analyzer (Marquette Medical Systems, Milwaukee, WI, USA), wich separates normal beats from artifacts and ectopic beats, and provide a temporal series, at an 8 ms resolution. The datas were evaluated in periods of 5 minutes and edited for an independent observer. The indices of time and frequency domain had been appreciated, however it mainly considered the index of frequency domain for the short term of

traicing (less than 24 hours), in accordance with the recommendations of the Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society for Pacing and Electrophysiology.³¹ The numbers considered to statistical analysis had been (of the interval understood between the five and ten minutes).

Ethical Considerations:

The study was approved by the Ethics Committees of the Research and Graduate Studies Group, Hospital de Clínicas de Porto Alegre, Brazil (GPPG – HCPA). All volunteers signed an informed consent document (Annex 1).

Statistical Analysis:

The descriptive data are given as mean (\pm SD). The characteristics of both groups had been compared by t de Student e Wilcoxon tests. For analysis of frequency domain indices, the data with not normal had its values normalized for next formulas:

Low Normalized Frequency

$$LFn = LF / (WB - VLF) \times 100$$

Where the value of Low Frequency is divided by the difference between the Total Power (Wide Band) and Very Low Frequency, multiplied by 100.

High Normalized Frequency

$$HFn = HF / (WB - VLF) \times 100$$

Where the value of High Frequency is divided by the difference between the Total Power (Wide Band) and Very Low Frequency, multiplied by 100.

This values are expressed in normalized units (nu).

Analysis of variance of two-way (ANOVA) to repeated measures was used to evaluate the autonomic and hemodynamics responses in supine, upright and immersion position. For multiple comparisons between groups was used Bonferroni and Mann-Whitney test for non-symmetrical data. The level of statistical significance was established at $p < 0,05$.

RESULTS

Basal Characteristics

The individuals frequently exposure to aquatic ambient had been submitted to the previous immersion in thermoneutral water for 2 ± 2 years at the date of the experiment, during 10 ± 4 weekly

hours. Table 1 shows the characteristics of the studied individuals. The individuals had not differed as to age, stature, weight and levels of SAP and DAP in the beginning of the experiment.

Table 1. Characteristics of the individuals:

	Not frequenter Group (n = 12)	Frequenter Group (n = 14)	p
Age (years)	36 ± 6	30 ± 7	0,90
Stature(cm)	175 ±10	177± 8	0,68
Weight (Kg)	76 ± 14	80± 9	0,56
SAP initial (mm Hg)	118 ± 7	126 ± 9	0,73
DAP initial (mm Hg)	76 ± 6	79 ± 7	0,74

~~Data expressed in as mean (±SD). SAP = systolic arterial pressure; DAP = diastolic arterial pressure.~~

Behavior of the arterial pressure in diferent position:

The behavior of arterial pressure of both groups in supine, upright and immersion position is describet in Table 2.Both groups had presented reduction of the SAP of the supine position for the upright position, without significant change after the immersion. The DAP remained unchanged in the exchanges of position of supine to upright and upright to immersion, in both groups. SAP and DAP no present difference between groups.

Table 2. Systolic and diastolic arterial pressure:

	Supine	Upright	Immersion	ANOVA		
				p Group	p Position	p Interaction
SAP						
(NFreq)	116±8	104±12*	107±13 †	0,24	<0,001	0,81
(Freq)	121±7	107±10	111±10			
DAP						
(NFreq)	78±6	76±8	74±8	0,41	0,011	0,89
(Freq)	80±5	77±5	76±8			

Table 4. Systolic Arterial Pressure (SAP) and Diastolic Arterial Pressure (DAP).

*: Supine *versus* upright position;

** : Upright *versus* immersion position;

† : Supine *versus* immersion position;

Statistical significance level $p < 0,005$ for multiple comparisons in supine, upright and immersion position.

Autonomic behavior in different positions:

Frequency Domain Measurements:

The posture effects on autonomic responses in frequency and time domain components of HRV in both groups are described in Table 3. It is observed rise of low frequency component of spectral power when the subjects changes of supine to upright position, in both groups. In upright to immersion, the low frequency component decrease, to approach of values found in supine position. Have a trend a present less reduction of low frequency component, during immersion, in individuals frequently exposure to immersion. The supine and immersion position was unchanged.

The high frequency component suffer reduction during supine to upright changing, in both groups. Have a increase of high frequency component in change of upright to immersion position.

However, during immersion, individuals not frequently exposure present an increase of high frequency component more than individuals frequently exposure to immersion (Figure 1). The ratio between low and high frequency (LF/HF ratio), or sympatho-vagal balance, increase in supine to upright changing, followed of decrease during immersion. The high frequency component no present difference among supine and immersion position.

Time domain measurements:

The mean of normal RR intervals present a decrease in both groups on supine to upright changing. The change of upright to immersion promoted an increase of RR intervals in two groups. Supine and immersion position no present difference.

The percentage of RR interval differing more than 50 ms from the preceding interval (pNN50) present a decrease in change of supine to upright position. From upright to immersion, two groups present an increase of pNN50 values. To compare the subjects in supine and immersion, we observed that the values of pNN50 is major during immersion. The standard deviation of normal RR intervals (SDNN) no present difference between supine and upright position in none group. However, in comparison between upright and immersion, is observed an increase in SDNN during immersion. Supine and immersion no present difference.

Table 3. Frequency and Time Domain of Heart Rate Variability in different positions:

	Supine	Upright	Immersion	p Group	ANOVA p Position	p Interaction
LFn						
NFreq)	58,4±7,1	78,1±11,2 *	56,9±12,4 **	0,069	<0,001	0,028
(Freq)	61,7±10,4	78,5±9,3	69,7±7,3			
HFn						
(NFreq)	37,6±7,9	19,3±10,9*	40,1±12,3**	0,012	<0,001	0,037
(Freq)	33,0 ±8,8	15,0±4,8	26,5±7,8			
LF/HF						
(NFreq)	1,6±0,5	5,4±3,1*	1,6±0,7 **	0,13	<0,001	0,63
(Freq)	2,1±0,9	6,2±3,6	2,9±1,5			
RRm						

(NFreq)	947±56	780±92*	956±63**	0,21	<0,001	0,32
(Freq)	908±14	727±11	885±13			
pNN50						
(NFreq)	20±13 [†]	13±11*	28±14**	0,78	<0,001	0,76
(Freq)	23±13	14±11	28±16			
SDNN						
(NFreq)	54±16 [†]	62±18	69±24**	0,98	<0,001	0,17
(Freq)	59±18	55±22	72±21			

Table 3. Normalized Values of Low Frequency (LFn), Normalized Values of High Frequency (HFn) and LF/HF ratio in individuals Not Frequently exposure (NFreq) and in individuals Frequently exposure (Freq) to aquatic ambient. Values are expressed in normalized units (nu). Mean of normal RR intervals (RRm), The percentage of RR interval differing more than 50 ms from the preceding interval (pNN50), standard deviation of the all NN intervals (SDNN).

*: Supine *versus* upright position;

** : Upright *versus* immersion position;

† : Supine *versus* immersion position;

Statistical significance level $p < 0,005$ for multiple comparisons in supine, upright and immersion position.

DISCUSSION:

In this study, individuals exposed acutely and chronically to aquatic ambient had your autonomic and hemodynamics responses compared in supine, upright and immersion position. We demonstrate that the thermoneutral immersion, in upright position, with depth to maintain the water level on the thorax, have different hemodinamics and autonomies effects when compared to upright position on terrestrial way. Nevertheless, individuals frequently exposure to aquatic ambient, present a trail about the effects of chronic and prolonged exposure to aquatic ambient. Individuals frequently exposed to water immersion present less vagal modulation and major sympathetic activation, when immersed in thermoneutral water, being able to disclose itself as a physiological adaptation to prolonged thermoneutral immersion.

Arterial Pressure:

Previous study evaluated the behavior of systolic and diastolic arterial pressure in subjects frequently exposed in acutely immersion, presented divergent results.^{1,4,11,13,14} Probably such responses can be related to methodology using by the authors. Sránek et al, using the

sphygmomanometer, they had verified that the SAP and DAP tended to decrease in thermoneutral immersion. However, other authors no found same results, observing the increase of SAP, accompanied by maintenance or decrease of DAP, with use of automatic equipment.^{13,14} Miwa et al^{4,17} no found significant difference on arterial pressures with measures of finger tip, analysed by beat-to-beat. Great part of the studies had not only searched the effect of the thermoneutral immersion, as they had also evaluated systolic and diastolic pressure in hot¹⁴ and cold³ water, observing distinct pressure responses in these temperatures. Such behavior could be related to the loss, maintenance or profit of heat through the skin, promoting alterations in the peripheral vascular resistance. Probably, during immersion in hot water, the vasodilatation of periferic vessels no permitit does not allow that bigger amounts of blood are directed for the central regions, what it explains the decrease of SAP and DAP. Opposite effects is observed on cold immersion. On the other hand, the hydrostatic pressure proportionate by the immersion, independent of the water temperature, promote the body fluid shift to central and axial directions, increasing the stroke volume, as well as aortic baroreceptors and cardiopulmonary receptors. The deformation of this structures for the increase of stoke volume, has effect on sympathetic and parasympathetic tone, diminishing the cardiac rhythm.

Cardiac Rhythm:

In this study, the analysis of RR intervals no present none difference between groups during the posture performed. Had been observed differ on posture exchange only, in two groups. It had the increase of HR in upright position and decrease in immersion. Previous studies present divergent results with relation to HR. Miwa et al,¹⁸ had been able to verify a significant difference of HR between supine and immersion in healthy young individuals, however, in posterior study, with young and old subjects, this behavior was not observed in none groups. Some authors had evidenced that the dept of immersion is important factor in the behavior of HR.

Autonomic activity

We verify that the component of High Frequency of spectral analysis in the frequency domain, as well as the percentage of the successive differences between NN intervals less than 50 ms (pNN50) and the standard deviation of all NN intervals of spectral analysis in the time domain diminished during upright position and rised during thermoneutral immersion. We observed mainly

that, during thermoneutral immersion, the activity of high frequency component was significantly higher in individuals who were not frequently exposed to water immersion. For being these three indices indicating of vagal modulation on the sinus node, it demonstrate an intensification of vagal activity in individuals exposed acutely to thermoneutral immersion. Moreover, in individuals exposed chronically to immersion, the low frequency component trend to be higher than individuals acutely exposed to water immersion. Previous studies had evaluated autonomic responses in subjects submitted to acute immersion and observed, with use of Holter system and microneurographic technique, the increase of vagal activity and sympathetic suppression in this population.^{4,18,19}

Possible mechanisms:

Among the factors that can be related with the nature of the cardiovascular responses in individuals exposed to immersion, we emphasize the physical properties exerted by the water in any body immersed: the transference of temperature through the water, the effect of the hydrostatic pressure, of push and depth.^{12,3,5,6,7} The adaptability of cardiovascular system, by means of the exposition to a way with so distinct properties of that one where we live, suffers multifactorial influences and that interact between itself. Alterations of the peripheral vascular resistance, for the action of the temperature or hydrostatic pressure, promote the increase of the venous return, favoring the atrial distension, the increase of preload in the cardiac cavity, increase of the pulmonary circulation with the aiding of the ventilation/perfusion relation in the apical regions, increase of the cardiac output influenced mainly for the systolic volume and not for the heart rate, increase of the vascular distension, detected by aortic and cardiopulmonary receptors. The increase of venous return and the pulmonary circulation results in peripheral sympathetic inhibition, vasodilatation and bradycardia (Bezold-Jarish reflex) through of NST activity.¹³ The atrial distension promotes a major release of Atrial Natriuretic Peptide, that diminishes the renal sympathetic activity, increasing the natriuresis and diuresis,^{39,40} as well as, a reflex responses that unchain increase of cardiac sympathetic activity and reduction of renal sympathetic activity (Bainbridge reflex).¹³

Deep water divers suffer autonomic adaptations, with eventual development of bradyarrhythmias, possibly related with frequent apneas and hypoxia.^{41,42} In this experiment, evaluate individuals exposed to themoneutral immersion have time sufficiently and that, in its majority, they remain daily in the aquatic environment, for some hours. Probably, the autonomic behavior observed in these individuals during the immersion, reflected the adaptation of the autonomic nervous system to the increase supported of central stroke volume and to the continuous excitement of the baroreceptors and cardiopulmonary receptors promoted by the permanence in the

aquatic environment. Being thus, a compensatory mechanism would be necessary to prevent the decrease of the heart rate, as well as, brusque falls of arterial pressure, promoted for the vagal activity increased in the water, preventing the hypotension and syncope and guaranteeing the homostasis during the immersion.

Conclusions:

In this experiment, we demonstrate that individuals frequently exposed to water immersion, develop autonomic adaptations that are related with the effect of prolonged immersion on the cardiovascular system.

REFERENCES

1. Sránek P, Simeckova M, Jansky L, et al. Human physiological responses to immersion into water of different temperatures. *Eur J Appl Physiol* 2000; 81: 436-442
2. Risch W, Koubenec HJ, Beckmann,U, et al. The effect of graded immersion on heart volume, central venous pressure, pulmonary blood distribution, and heart rate in man. *Pflügers Arch* 1978; 374:115-118
3. Ruoti RG, MorrisDM, Cole AJ. *Reabilitação Aquática -Cap 3: 29-42, 1ª ed. Bras. 2000.*
4. Miwa C, Sugiyama Y, Mano T, Iwase S, et al. Spectral characteristics of heart rate and blood pressure variabilities during head-out water immersion. *Eviron Med*1996; 40 (1):91-94
5. Choi JK, Lee HS, Park YS, Shiraki K. Effect of uniform and non-uniform skin temperature on thermal exchange in water in humans. *Int J Biometeorol*, 2003 ; 47(2): 80-6. Epub 2002

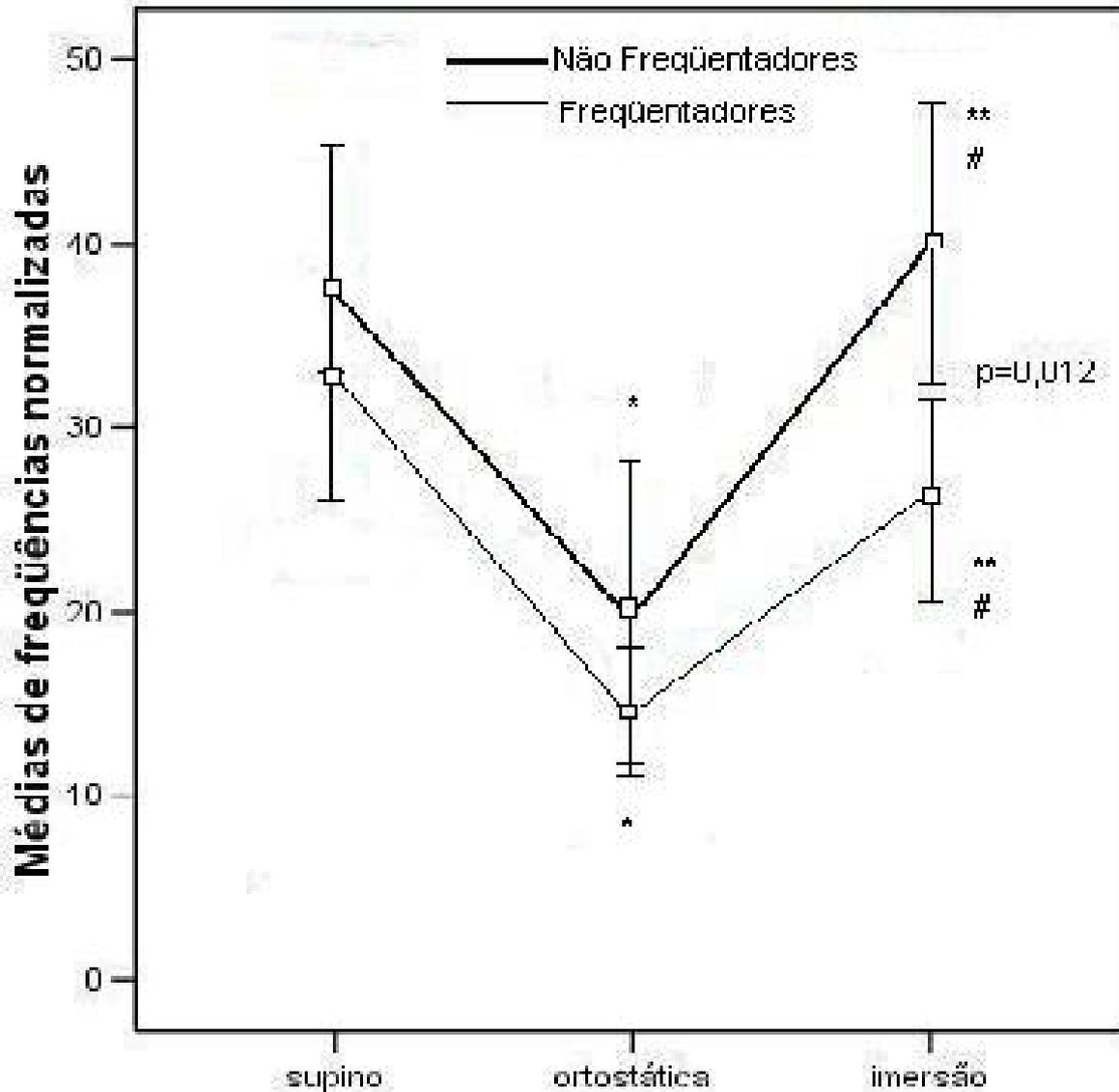
6. Skinner AT, Thomson AM. Duffield: exercícios na água. Cap 1:4-22 3^a ed. Ed Manole-1985
7. Bates A, Hanson N. Exercícios Aquáticos Terapêuticos -Manole 1^a ed Bras. 1998; Cap 3 pg 21.
8. Arborelius M Jr, Balldin VI, Lilja B, Hundgren CEG Hemodynamic changes in man during immersion with the head above water. *Aerospace Med* 1972; 43(6): 592-598
9. Risch W, Koubenec HJ, Beckmann U, et al. The effect of graded immersion on heart volume, central venous pressure, pulmonary blood distribution, and heart rate in man. *Pflügers Arch* 1978; 374:115-118
10. Lange L, Lange S, Echt M, Gauer OH. Heart volume in body posture and immersion in a thermo-neutral bath. *Pflügers Arch* 1974; 352: 219-226
11. Park KS, Choi JK, Park YS. Cardiovascular regulation during water immersion. *Appl Human Sci* 1999; 18(6): 233-241
12. Krueel LF, Peyré-Tartaruga LA, Dias AB, Silva RC, Picanço PS, Rangel AB. Frequência cardíaca durante imersão no meio aquático. *Fit & Perform J* 2002 ; Vol 1(6): 46-52
13. Rasia Filho AA, Rigatto KV, Dal Lago P. Mecanismos neurais centrais e periféricos de gênese e controle a curto prazo da pressão arterial: da fisiologia à fisiopatologia. *Revista da Sociedade de Cardiologia do Rio Grande do Sul* 2004; (3):1-4
14. Gabrielsen A, Johansen LB, Norsk P. Central cardiovascular pressures during graded water immersion in humans. *J. Appl. Physiol* 1993; 75(2): 581-585
15. Miwa C, Matsukawa T, Iwase S, et al . Human cardiovascular responses to a 60-min bath at 40°C. *Environ Med* 1994; 38(1):77-80
16. Keating WR, Evans M. The respiratory and cardiovascular response to immersion in cold and warm water. *Quart J Physiol* 1961; pg 83-94
17. Stadeager C, Johansen LB, Warberg J, Christensen NJ, Foldager N, Bie P, Norsk P. Circulation, kidney function, and volume-regulating hormones during prolonged water immersion in humans. *J Appl Physiol* 1992; 73:530-538
18. Miwa C, Sugiyama Y, Mano T, Iwase S, Matsukawa T. Sympatho-Vagal responses in humans to thermoneutral head-out water immersion. *Aviat Space Environ Med* 1997; 68:1109-14

19. Miwa C, Mano T, Saito M, Iwase S, Maysukawa T, Sugiyama Y, Koga K. Ageing reduces sympatho-suppressive response to head-out water immersion in humans. *Acta Physiol Scand* 1996; 158(1): 15-20
20. Irigoyen MC, Consolim-Colombo FM, Krieger EM. Controle cardiovascular: regulação reflexa e papel do sistema nervoso simpático. *Rev Bras Hipertens* 2001; 8: 55-62
21. Michelini, LC. Regulação momento a momento da pressão arterial na normotensão e hipertensão. *Rev Hipertensão, Rev. Soc Bras Hipertensão* 2000 ; v. 3: 90-98
22. Malliani A, Pagani M, Lombardi F, Cerutti S. Cardiovascular neural regulation explored in the frequency domain. *Circulation* 1991;84:482-492.
23. Parati G, Saul JP, Di Rienzo M, Mancia G. Spectral analysis of blood pressure and heart rate variability in evaluating cardiovascular regulation. *Hypertension* 1995; 25:1276-1286
24. Moffa, PJ e Sanches, PCR. Trancheses - Eletrocardiograma Normal e Patológico - Ed. Roca, Cap 31:811-838 e Cap 32:839-868.
25. Moraes RS, Ferlin E. Variabilidad de la frecuencia Cardíaca. Utilidad Del análisis espectral para evaluar el sistema nervioso autônomo. *Rev Argent de Cardiol* 1992; 60(1):77-80
26. Vybiral T, Bryg RJ, Maddens ME, Boden WE. Effect of passive tilt on sympathetic and parasympathetic components of heart rate variability in normal subjects. *Am J Cardiol* 1989; 63:1117-1120
27. Piccirillo G, Magri D, Naso C, Carlo S, Moisè A, de Laurentis T, Torrini A, Matera S, Nocco M. Factors influencing heart rate variability power spectral analysis during controlled breathing in patients with chronic heart failure or hypertension and in healthy normotensive subjects. *Clin Sci* 2004; 107:183-190
28. Karas M, Lacourciere Y, LeBlanc AR, Nadeau R, Dube B, Florescu M, Lamarre-Cliche M, Poirier L, Larochelle P, de Champlain J. Effect of the renin-angiotensin system or calcium channel blockade on the circadian variation of heart rate variability, blood pressure and circulating catecholamines in hypertensive patients. *J Hypertens* 2005; Jun 23(6):1251-60
29. Ribeiro AL, Moraes RS, Ribeiro JP, Ferlin EL, Torres RM, Oliveira E, Rocha MO. Parasympathetic dysautonomia precedes left ventricular systolic dysfunction in Chagas disease. *Am Heart J* 2001 , Feb;141(2):260-5

30. Chemla D, Young J, Badilini F, Maison-Blanche P, Affres H, Lecarpentier Y, Chanson P. Comparison of fast Fourier transform and autoregressive spectral analysis for the study of heart rate variability in diabetic patients. *Int J Cardiol* 2005; Oct 10;104(3):307-313,
31. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. Heart rate variability- Standards of measurement, physiological interpretation , and clinical use. *Circulation* 1996; 93(5):1043-1065
32. Akselrod S, Gordon D, Madwed JB, Snidman NV, Shannon DC, Cohen RJ. Hemodynamic regulation: investigation by spectral analysis. *Am J Physiol* 1985; 249:867-875.
33. Stein R, Moraes RS, Cavalcanti AV, Ferlin EL, Zimerman LI, Ribeiro JP. Sinus automaticity and atrioventricular conduction in athletes: contribution of autonomic regulation. *Eur J Appl Physiol* 2000; 82: 155-157
34. Martinelli FS, Chacon- Mikahil MTP, Martins LEB, Lima-Filho EC, Golfetti R, Paschoal MA, Gallo-Junior R. Heart rate variability in athletes and nonathletes at rest and head-up tilt. *Braz J Med Biol Res* 2005 38: 639-647
35. Iwasaki K, Zhang R, Zuckerman JH, Levine BD. Dose-response relationship of the cardiovascular adaptation to endurance training in healthy adults: how much training for what benefit? *J Appl Physiol* 2003; 95:1575-83
36. Volterrani M, Scalvini S, Mazzuero G, Lanfranchi P, Colombo R, Clark AL, Levi G. Decrease heart rate variability in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Chest* 1994; 106(5): 1432-7
37. Gonzalez JG, Llorenz AM, Novoa AM, Valeriano JJ. Effect of acute alcohol ingestion on short-term heart rate fluctuations. *J Stud Alcohol* 1992; 53(1): 86-90
38. IV Diretrizes Brasileiras de Hipertensão Arterial. *Arq Bras Cardiol* 2004; 82 (suplemento IV): 8-14
39. Larsen AS, Johansen LB,Stadeager C, Warberg J, Christensen NJ, Norsk P. Volume-homeostatic mechanisms in humans during graded water immersion. *J Appl Physiol* 1994; 77(6): 2832-2839
40. Hammerum MS, Bie P, Pump B, Johansen LB, Christensen NJ, Norsk P. Vasopressin, angiotensin II and renal responses during water immersion in hydrated humans. *J Physiol*, 1998; 511.1:323-330

41. Schipke JD, Pelzer M. Effects of immersion, submersion, and scuba diving on heart rate variability. *Br J Sports Med* 35:174-180, 2001
42. Gempp E, Blatteau JE, Louge P, Drouillard I, Galland FM. N-terminal pro brain natriuretic peptide after 1-hour scuba dives at 10 m depth. *Aviat Space Environ Med* 2005; 76(2):114-6

Variações da alta freqüência normalizada



* Diferença significativa entre supino e ortostática ($p < 0,005$)

** Diferença significativa entre ortostática e imersão ($p < 0,005$)

Diferença significativa entre Não Freqüentadores e Freqüentadores