

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE MEDICINA
DOUTORADO EM CIÊNCIAS MÉDICAS
LABORATÓRIO CARDIOVASCULAR**

TESE DE DOUTORADO

**RELAÇÃO ENTRE A MODULAÇÃO AUTONÔMICA
CARDÍACA NO REPOUSO SUPINO E ORTOSTÁTICO E
O DECREMENTO CRONOTRÓPICO APÓS O TESTE DE
ESFORÇO MÁXIMO EM INDIVÍDUOS NORMAIS**

Guilherme Eckhardt Molina

Brasília, julho de 2013

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE MEDICINA
DOUTORADO EM CIÊNCIAS MÉDICAS
LABORATÓRIO CARDIOVASCULAR**

TESE DE DOUTORADO

**RELAÇÃO ENTRE A MODULAÇÃO AUTONÔMICA
CARDÍACA NO REPOUSO SUPINO E ORTOSTÁTICO E
O DECREMENTO CRONOTRÓPICO APÓS O TESTE DE
ESFORÇO MÁXIMO EM INDIVÍDUOS NORMAIS**

Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Médicas da Faculdade de Medicina, como requisito para a obtenção do título de Doutor em Ciências Médicas – Área de concentração: Ciências Aplicadas em Saúde

Aluno: Guilherme Eckhardt Molina
Orientador: Prof^o. Dr. Luiz Fernando Junqueira Jr
Co- Orientador: Prof^o Dr. Luiz Guilherme Grossi Porto

DEDICATÓRIA

Inúmeros são aqueles que cruzaram conosco nesta jornada aos quais simples palavras não bastam para expressar o seu significado em nossas vidas. Esta obra é consequência do estímulo e auxílio destas muitas pessoas as quais gostaria de expressar minha mais profunda gratidão. Em especial a minha companheira de vida e incansável colaboradora Ana Cláudia e aos meus filhos Gabriel e Gustavo que estiveram presentes em todos os momentos desta etapa de minha vida.

AGRADECIMENTOS

Aos voluntários, meu agradecimento primordial. Pessoas que dispuseram de seu valioso tempo contribuindo voluntariamente para o desenvolvimento desta tese. Meu muito obrigado!

Aos técnicos do Laboratório de Fisiologia do Exercício, **Lúcia Kobayashi**, **Sirlene das Graças**, pela celeridade e colaboração na execução do teste de esforço.

Ao acadêmico de Educação Física, **Jeferson Domingos Pimentel Junior**, pela prontidão ao auxílio dos testes realizados.

Ao Sr. **Ronaldo de Andrade Rocha** (*in memoriam*), técnico do Laboratório Cardiovascular, pela dedicação aos equipamentos, pela prontidão na execução dos testes e principalmente pelas longas conversas no período vespertino sobre a história da Faculdade de Medicina. Obrigado!

À Sra. Maria da Graça Sousa, técnica do Laboratório Cardiovascular, pelo zelo dos equipamentos e pela colaboração. Obrigado!

Aos professores **Giliard Lago Garcia** e **Carlos Janssen Gomes**, colegas de profissão, pelas discussões sobre os desafios da ciência e da profissão. Sem dúvida um dos grandes frutos foi o estreitamento de nossa amizade. Obrigado!

À Profª Dra. **Keila Elizabeth Fonatana** da Faculdade de Educação Física, pelas oportunidades que me proporcionou, pelos conhecimentos que me passou, pela dedicação à minha formação e pela amizade construída. Muito Obrigado!

Ao Profº Dr. **Osmar Riehl**, pela sabedoria dos seus conselhos nos momentos de aflição. Muito Obrigado!

Aos **professores** do corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Ciências Médicas, pela dedicação e ensinamento, estes muitas vezes de vida. Meu muito obrigado!

À **minha família**, que apesar da distância está presente em todos os momentos da minha vida. Meu carinhoso muito obrigado!

Aos meus sogros, Sr. **Luiz Carlos Botelho Ferreira** e Sra. **Suely de La Rocque Ferreira**, agradeço o carinho, a dedicação, o incentivo ao longo desta jornada. As palavras sempre foram de motivação de perseverança. Agradeço-lhes especialmente pelo suporte incondicional que me proporcionou avançar nessa caminhada. Sem dúvida vocês foram os maiores incentivadores para a minha evolução. Meu carinhoso muito obrigado!

Aos meus queridos, avós **Celso Eckhardt** e **Anilda Ribeiro Eckhardt** (*in memoriam*), pela formação de vida, pelos ensinamentos, pelo exemplo de casal e de família que vocês foram. Obrigado! Vocês estarão sempre na minha memória e coração!

Aos meus irmãos, **Fabiana, Rafael, Caio** e **Carolina**, obrigado pelo incentivo e principalmente pela alegria de viver! Obrigado!

Ao meu padrasto, **Paulo Roberto Cruz da Fonseca**, obrigado pelas longas conversas! As suas orientações foram primordiais na minha formação. Obrigado, dad!

Aos meus pais, **Maria Lúcia Ribeiro Eckhardt** e **Marcos Antonio Garcia Molina**, alcançar esse título é motivo de muita alegria! Obrigado pela minha formação. Sem dúvida os ensinamentos e a educação foram fundamentais para isto!
Mãe, muito obrigado! Pai, muito obrigado!

Ao Professor **Luiz Guilherme Grosso Porto**,

Obrigado pela oportunidade de ter sido co-orientado por você. Sem dúvida você é reconhecido por sua grande capacidade científica. Para mim, foi um privilégio aprender com os seus ensinamentos. Agradeço pela disposição que você sempre demonstrou ao longo desta jornada.

Muito obrigado! Professor!

Ao professor **Luiz Fernando Junqueira Jr**,

Agradecer os seus ensinamentos é tarefa muito difícil. Todas as reuniões ao longo desta caminhada sempre foram reuniões inquietantes, sempre repletas de filosofia, história da ciência, história da evolução humana e às vezes de fisiologia cardiovascular. Para mim, ser seu orientando é motivo de muito orgulho! Pretendo no futuro, fazer o mesmo, dando sequência a excelência de formação que o senhor sempre passou.

Muito obrigado, Professor!

SUMÁRIO

RESUMO	1
ABSTRACT	2
INTRODUÇÃO	3
1. Visão panorâmica da regulação cardiovascular.....	6
2. Organização morfofuncional do sistema nervoso autônomo.....	9
3. Avaliação clínica da função autonômica cardíaca.....	15
4. Avaliação cardiopulmonar: Capacidade física e limiar anaeróbio.....	24
5. Avaliação clínica da função autonômica cardíaca após o esforço.....	27
OBJETIVOS	33
INDIVÍDUOS, MATERIAIS e MÉTODOS	35
Indivíduos estudados.....	35
Caracterização da amostra.....	36
Critérios de inclusão e/ou exclusão de indivíduos e/ou registros.....	42
Aspectos metodológicos gerais.....	44
Caracterização da função autonômica cardíaca.....	48
Caracterização da capacidade física por meio do teste cardiopulmonar.....	54
Caracterização da frequência cardíaca de recuperação.....	57
Protocolo experimental.....	58
Procedimento estatístico.....	60
RESULTADOS	61
Frequência cardíaca, decremento cronotrópico e consumo de oxigênio em diferentes condições funcionais.....	66
Frequência cardíaca previamente ao esforço e nas posições supina e ortostática e durante o esforço.....	66
Decremento cronotrópico durante a recuperação após o teste de esforço físico.....	67
Consumo de oxigênio previamente, durante e após o teste de esforço físico.....	67
Modulação autonômica cardíaca no repouso e durante o período de recuperação após o exercício.....	73

2.1. Variabilidade basal da frequência cardíaca no domínio do tempo, nas condições de repouso supino e ortostático.....	73
2.2. Variabilidade basal da frequência cardíaca no domínio espectral, nas condições de repouso supino e ortostático.....	74
2.3. Variabilidade basal da frequência cardíaca no domínio tempo-frequencial nas condições de repouso supino e ortostático e no período de recuperação ativa na postura ortostática.....	75
2.4. Variabilidade basal da frequência cardíaca no mapa de Poincaré nas condições de repouso supino e ortostático e no período de recuperação ativa na postura ortostática.....	76
Correlação entre a modulação autonômica cardíaca basal, e a frequência cardíaca e o consumo de oxigênio em diferentes condições funcionais.....	89
Correlação da variabilidade da frequência cardíaca basal no domínio do tempo com a frequência cardíaca e o consumo de oxigênio na condição basal de repouso supino e ortostático, limiar anaeróbio e pico do esforço.....	89
Correlação da variabilidade da frequência cardíaca basal no domínio espectral com a frequência cardíaca e o consumo de oxigênio na condição basal de repouso supino e ortostático, limiar anaeróbio e pico do esforço.....	90
Correlação da variabilidade da frequência cardíaca basal no domínio tempo frequencial com a frequência cardíaca e o consumo de oxigênio na condição basal de repouso supino e ortostático, limiar anaeróbio e pico do esforço.....	91
Correlação da variabilidade da frequência cardíaca basal no domínio de Poincaré com a frequência cardíaca e o consumo de oxigênio na condição basal de repouso supino e ortostático, limiar anaeróbio e pico do esforço.....	92
Correlação entre o decremento cronotrópico no período de recuperação após o esforço e as variáveis cardiopulmonares no repouso e no exercício.....	98
Correlação entre os decrementos cronotrópicos absolutos e relativos na recuperação com as variáveis cardiopulmonares no repouso e	

exercício.....	98
Correlação entre o decremento cronotrópico no período de recuperação após-esforço e a modulação autonômica cardíaca na condição basal de repouso supino e ortostático.....	100
Correlação entre o grau de decremento cronotrópico e a variabilidade da frequência cardíaca no domínio do tempo, na posição supina e ortostática.....	100
Correlação entre o grau de decremento cronotrópico e a variabilidade da frequência cardíaca no domínio espectral, na posição supina e ortostática.....	101
Correlação entre o grau de decremento cronotrópico e a variabilidade da frequência cardíaca no domínio tempo-frequencial, na posição supina e ortostática.....	103
Correlação entre o grau de decremento cronotrópico e a variabilidade da frequência cardíaca no mapa de Poincaré, na posição supina e ortostática.....	105
Correlação entre o decremento cronotrópico no período de recuperação após-esforço e as variações da modulação autonômica cardíaca com a mudança da postura supina para a ortostática.....	124
Correlação entre o decremento cronotrópico no período de recuperação após-esforço e a modulação autonômica cardíaca.....	136
Correlação entre os índices tempo-frequenciais ao longo da recuperação após o esforço com o decremento absoluto e relativo das frequências cardíacas obtidas durante o período de recuperação.....	136
Correlação entre os índices de Poincaré ao longo da recuperação após o esforço com o decremento absoluto e relativo das frequências cardíacas obtidas durante o período de recuperação.....	136
DISCUSSÃO	141
Avaliação da frequência cardíaca, decremento cronotrópico e consumo de oxigênio em diferentes condições funcionais.....	144
Avaliação da modulação autonômica cardíaca no repouso e após o esforço.....	151
Avaliação da correlação entre a função autonômica cardíaca com a frequência	

cardíaca e o consumo de oxigênio em diferentes condições funcionais.....	156
Avaliação da correlação entre o decremento cronotrópico da frequência cardíaca após o esforço com as variáveis cardiopulmonares em diferentes condições funcionais.....	161
Avaliação da correlação entre o decremento cronotrópico no período de recuperação após-esforço e a modulação autonômica cardíaca no repouso.....	162
Avaliação da correlação entre o decremento cronotrópico no período de recuperação e a modulação autonômica cardíaca na recuperação após o esforço.....	174
CONCLUSÕES.....	176
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	178
ANEXOS	
I. Termo de consentimento livre e esclarecido.....	190
II. Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa – CEP.....	192
III. Tabelas com valores individuais das diversas variáveis avaliadas.....	193

LISTA DE ABREVEATURAS

1. AF: alta frequência espectral (área de)
2. BF: baixa frequência espectral (área de)
3. CO₂: dióxido de carbono ou gás carbônico
4. ECG: eletrocardiograma
5. FAC: função autonômica cardíaca
6. FC: frequência cardíaca
7. FC_{sup}: frequência cardíaca de repouso na posição supina
8. FC_{ort}: frequência cardíaca de repouso na posição ortostática
9. FCLA: frequência cardíaca no limiar anaeróbio
10. FC_{pico}: frequência cardíaca no pico do esforço
11. FR: frequência respiratória
12. IMC: índice de massa corporal (calculado pela razão entre o peso expresso em quilos, dividido pelo quadrado da altura expresso em metros)
13. Int R-R: intervalo R-R do eletrocardiograma
14. Kg: quilograma
15. Km/h: quilômetro por hora
16. LA: limiar anaeróbio
17. ml: mililitros
18. PAS: pressão arterial sistólica
19. PAD: pressão arterial diastólica
20. pNN50: percentual de intervalos R-R adjacentes com diferença superior a 50ms
21. QR: quociente respiratório, relação entre a quantidade de dióxido de carbono produzida, pelo consumo de oxigênio: VO_2/VCO_2

22. Razão BF/AF: razão entre a área absoluta de baixa frequência pela área espectral absoluta de alta frequência
23. rMSSD: raiz quadrada da média do quadrado das diferenças sucessivas dos intervalos R-R do ECG
24. r_s : coeficiente de Spearman
25. SNA: sistema nervoso autônomo
26. SNC: sistema nervoso central
27. VCO_2 : volume expirado de dióxido de carbono
28. VE/VCO_2 : equivalente ventilatório para o dióxido de carbono
29. VE/VO_2 : equivalente ventilatório para o oxigênio
30. VE: ventilação minuto
31. VFC: variabilidade da frequência cardíaca
32. VO_2 : consumo de oxigênio
33. $VO_{2\text{ inicial}}$: consumo de oxigênio no início do teste de esforço
34. VO_{2LA} : consumo de oxigênio no limiar anaeróbio
35. $VO_{2\text{ pico}}$: consumo de oxigênio no pico do esforço
36. VO_2/FC : pulso de oxigênio
37. $\Delta_{\text{abs}}FC$: variação absoluta da frequência cardíaca da posição supina para a posição ortostática
38. $\Delta\%FC$: variação relativa da frequência cardíaca da posição supina para a posição ortostática

LISTA DE FIGURAS

Figura 1:	Ilustração do receptor/monitor Polar RS800CX.....	46
Figura 2:	Ilustração da correia <i>WearLink</i> [®] e do transmissor que é fixada a correia e capta os intervalos R-R do ECG para o receptor, acoplada a uma correia elástica para a colocação do aparelho em volta do tórax.....	47
Figura 3:	Esquema ilustrativo do desenho experimental.....	59
Figura 4:	Esquematização da apresentação dos resultados.....	65
Figura 5:	Comportamento da frequência cardíaca (FC) na condição basal de repouso, durante o esforço e na recuperação.....	71
Figura 6:	Comportamento do consumo de oxigênio (VO ₂), na condição basal, durante o esforço e na recuperação.....	72
Figura 7:	Exemplo representativo de periodograma da série de 5 min de intervalo R-R obtida pelo frequencímetro Polar [®] , no repouso supino (acima) no repouso ortostático (meio), e na fase de recuperação após o esforço (abaixo), o processamento foi realizado pelo aplicativo ECGLAB.....	85
Figura 8:	Exemplo representativo de espectrograma da série de 5min de intervalos R-R obtidas pelo frequencímetro Polar [®] , no repouso supino (acima) e no repouso ortostático (abaixo), o processamento foi realizado pelo aplicativo ECGLAB.....	86
Figura 9:	Exemplo representativo de espectrograma da série de 5 min de intervalo R-R obtida pelo frequencímetro Polar [®] , no repouso supino (acima) no repouso ortostático (meio), e na fase de recuperação após o esforço (abaixo), o processamento foi realizado pelo aplicativo ECGLAB.....	87
Figura 10:	Exemplo representativo do mapa de Poincaré da série de 5 min de intervalo R-R obtida pelo frequencímetro Polar [®] , no repouso supino (acima) no repouso ortostático (meio), e na fase de recuperação após o esforço (abaixo), o processamento foi realizado pelo aplicativo ECGLAB.....	88
Figura 11:	Correlação entre a redução absoluta da frequência cardíaca (FC) no 1° (círculo preto), 3° (círculo vermelho) e 5° (círculo azul)	

- minutos de recuperação pós-esforço em esteira na postura ortostática e os índices temporais da variabilidade da frequência cardíaca nas posturas supina (gráficos acima) e ortostática (gráficos abaixo) no repouso basal previamente ao esforço..... 109
- Figura 12: Correlação entre a redução relativa da frequência cardíaca (FC) no 1º (círculo preto), 3º (círculo vermelho) e 5º (círculo azul) minutos de recuperação pós-esforço em esteira na postura ortostática e os índices temporais da variabilidade da frequência cardíaca nas posturas supina (gráficos acima) e ortostática (gráficos abaixo) no repouso basal previamente ao esforço..... 110
- Figura 13: Correlação entre a redução absoluta da frequência cardíaca (FC) no 1º (círculo preto), 3º (círculo vermelho) e 5º (círculo azul) minutos de recuperação pós-esforço em esteira na postura ortostática e os índices espectrais da variabilidade da frequência cardíaca nas posturas supina (gráficos acima) e ortostática (gráficos abaixo) no repouso basal previamente ao esforço..... 112
- Figura 14: Correlação entre a redução relativa da frequência cardíaca (FC) no 1º (círculo preto), 3º (círculo vermelho) e 5º (círculo azul) minutos de recuperação pós-esforço em esteira na postura ortostática e os índices espectrais da variabilidade da frequência cardíaca nas posturas supina (gráficos acima) e ortostática (gráficos abaixo) no repouso basal previamente ao esforço..... 113
- Figura 15: Correlação entre a redução absoluta da frequência cardíaca (FC) no 1º (círculo preto), 3º (círculo vermelho) e 5º (círculo azul) minutos de recuperação pós-esforço em esteira na postura ortostática e os índices tempo-frequenciais da variabilidade da frequência cardíaca nas posturas supina (gráficos acima) e ortostática (gráficos abaixo) no repouso basal previamente ao esforço..... 115
- Figura 16: Correlação entre a redução absoluta da frequência cardíaca (FC) no 1º (círculo preto), 3º (círculo vermelho) e 5º (círculo azul)

minutos de recuperação pós-esforço em esteira na postura ortostática e os índices tempo-frequenciais da variabilidade da frequência cardíaca nas posturas supina (gráficos acima) e ortostática (gráficos abaixo) no repouso basal previamente ao esforço..... 116

Figura 17: Correlação entre a redução absoluta da frequência cardíaca (FC) no 1º (círculo preto), 3º (círculo vermelho) e 5º (círculo azul) minutos de recuperação pós-esforço em esteira na postura ortostática e os índices de Poincaré da variabilidade da frequência cardíaca nas posturas supina (gráficos acima) e ortostática (gráficos abaixo) no repouso basal previamente ao esforço..... 118

Figura 18: Correlação entre a redução relativa da frequência cardíaca (FC) no 1º (círculo preto), 3º (círculo vermelho) e 5º (círculo azul) minutos de recuperação pós-esforço em esteira na postura ortostática e os índices de Poincaré da variabilidade da frequência cardíaca nas posturas supina (gráficos acima) e ortostática (gráficos abaixo) no repouso basal previamente ao esforço..... 119

Figura 19: Intervalo de confiança (95%) do coeficiente de correlação de *Spearman* entre o decremento absoluto da frequência cardíaca no 1º minuto de recuperação ativa após-esforço em esteira e os índices temporais, espectrais e tempo-frequenciais da variabilidade da frequência cardíaca durante 5 minutos no repouso basal, na postura ortostática. À esquerda: distribuição dos intervalos agrupados segundo os índices indicadores da natureza da modulação autonômica cardíaca (modulação global, modulação parassimpática e modulação simpática). À direita: coeficientes de correlação com seus intervalos de confiança. Acima: distribuição dos intervalos agrupados segundo os índices de variabilidade da frequência cardíaca (temporais, espectrais, tempo-frequenciais Poincaré)..... 120

Figura 20: Intervalo de confiança (95%) do coeficiente de correlação de *Spearman* entre o decremento absoluto da frequência cardíaca no

3º minuto de recuperação ativa após-esforço em esteira e os índices temporais, espectrais e tempo-frequenciais da variabilidade da frequência cardíaca durante 5 minutos no repouso basal, na postura ortostática. À esquerda: distribuição dos intervalos agrupados segundo os índices indicadores da natureza da modulação autonômica cardíaca (modulação global, modulação parassimpática e modulação simpática). À direita: coeficientes de correlação com seus intervalos de confiança. Acima: distribuição dos intervalos agrupados segundo os índices de variabilidade da frequência cardíaca (temporais, espectrais, tempo-frequenciais e Poincaré)..... 121

Figura 21: Intervalo de confiança (95%) do coeficiente de correlação de Spearman entre o decremento absoluto da frequência cardíaca no 5º minuto de recuperação ativa pós-esforço ergométrico em esteira e os índices temporais, espectrais e tempo-frequenciais da variabilidade da frequência cardíaca durante 5 minutos no repouso basal, na postura ortostática. À esquerda: distribuição dos intervalos agrupados segundo os índices indicadores da natureza da modulação autonômica cardíaca (modulação global, modulação parassimpática e modulação simpática). À direita: coeficientes de correlação com seus intervalos de confiança. Acima: distribuição dos intervalos agrupados segundo os índices de variabilidade da frequência cardíaca (temporais espectrais, tempo-frequenciais e Poincaré)..... 122

Figura 22: Intervalo de confiança (95%) do coeficiente de correlação de Spearman entre o decremento absoluto da frequência cardíaca no 1º, 3º e 5º minutos de recuperação ativa após-esforço em esteira e os índices de Poincaré da variabilidade da frequência cardíaca durante 5 minutos no repouso basal, na postura ortostática. Acima: correlação dos índices de Poincaré com o 1º minuto de recuperação. No meio: correlação dos índices de Poincaré com o 3º minuto de recuperação. Abaixo: correlação dos índices de Poincaré com o 3º minuto de recuperação..... 123

- Figura 23: Diagrama de correlação (n=31) entre os diversos índices tempo-frequenciais das séries de intervalo RR na recuperação ativa após o esforço com o decremento absoluto (acima) e percentual (abaixo) das frequências cardíacas obtida durante o período de recuperação ativa após o esforço..... 139
- Figura 24: Diagrama de correlação (n=31) entre os diversos índices do Poincaré das séries de intervalo RR na recuperação ativa após o esforço com o decremento absoluto e percentual das frequências cardíacas obtida durante o período de recuperação ativa após o esforço..... 140

LISTA DE TABELAS

Tabela 1:	Ocupação e valores individuais das características antropométricas e variáveis funcionais basais da amostra estudada.....	40
Tabela 2:	Características individuais dos achados eletrocardiográficos durante o repouso na posição supina.....	41
Tabela 3:	Estatística descritiva amostral da frequência cardíaca (FC) na condição basal de repouso, previamente ao esforço e durante e após o esforço na recuperação ativa.....	69
Tabela 4:	Estatística descritiva amostral do consumo de oxigênio (VO ₂), previamente ao esforço e durante e após o esforço na recuperação ativa.....	70
Tabela 5:	Estatística descritiva amostral dos índices temporais da variabilidade da frequência cardíaca durante 5 minutos na posição supina basal e na posição ortostática, no período previamente ao esforço.....	78
Tabela 6-A:	Estatística descritiva amostral dos índices espectrais da variabilidade da frequência cardíaca durante 5 minutos na posição supina e ortostática ambas no período basal, previamente ao esforço.....	79
Tabela 6-B:	Estatística descritiva amostral dos índices espectrais da variabilidade da frequência cardíaca durante 5 minutos na posição supina e ortostática ambas no período basal, previamente ao esforço.....	80
Tabela 7:	Estatística descritiva amostral dos índices tempo-frequenciais da variabilidade da frequência cardíaca durante 5 minutos na posição supina e ortostática ambas no período basal, previamente ao esforço.....	81
Tabela 8:	Estatística descritiva amostral dos índices tempo-frequenciais da variabilidade da frequência cardíaca durante 5 minutos nas posições ortostática basal e ortostática durante a recuperação ativa.....	82
Tabela 9:	Estatística descritiva amostral dos índices do Poincaré da	

	variabilidade da frequência cardíaca durante 5 minutos na posição supina basal e na posição ortostática, no período previamente ao esforço.....	83
Tabela 10:	Estatística descritiva amostral dos índices tempo-frequenciais da variabilidade da frequência cardíaca durante 5 minutos na posição ortostática basal e ortostática na recuperação ativa.....	84
Tabela 11:	Correlação entre os diversos índices temporais das séries de intervalo RR na posição supina com a frequência cardíaca e o consumo de oxigênio na condição basal de repouso, durante o esforço e no pico do esforço.....	94
Tabela 12:	Correlação entre os diversos índices temporais das séries de intervalo RR na posição ortostática com a frequência cardíaca e o consumo de oxigênio na condição basal de repouso, durante o esforço e no pico do esforço.....	94
Tabela 13:	Correlação entre os diversos índices espectrais das séries de intervalo RR na posição supina com a frequência cardíaca e o consumo de oxigênio na condição basal de repouso, durante o esforço e no pico do esforço.....	95
Tabela 14:	Correlação entre os diversos índices espectrais das séries de intervalo RR na posição ortostática com a frequência cardíaca e o consumo de oxigênio na condição basal de repouso, durante o esforço e no pico do esforço.....	95
Tabela 15:	Correlação entre os diversos índices tempo-frequenciais das séries de intervalo RR na posição supina com a frequência cardíaca e o consumo de oxigênio na condição basal de repouso, durante o esforço e no pico do esforço.....	96
Tabela 16:	Correlação entre os diversos índices tempo-frequenciais das séries de intervalo RR na posição ortostática com a frequência cardíaca e do consumo de oxigênio na condição basal de repouso, durante o esforço e no pico do esforço.....	96
Tabela 17:	Correlação entre os diversos índices do Poincaré das séries de intervalo RR na posição supina com a frequência cardíaca e o consumo de oxigênio na condição basal de repouso, durante o	

	esforço e no pico do esforço.....	97
Tabela 18:	Correlação entre os diversos índices do Poincaré das séries de intervalo RR na posição ortostática com a frequência cardíaca e do consumo de oxigênio na condição basal de repouso, durante o esforço e no pico do esforço.....	97
Tabela 19	Resumo das correlações entre a modulação autonômica cardíaca na condição de repouso e as variáveis cardiopulmonares: frequência cardíaca (FC) na posição supina e ortostática, no limiar anaeróbio, na FC pico, no consumo de oxigênio (VO ₂) inicial e máximo e no pulso de oxigênio (VO ₂ /FC) obtidos durante o teste de esforço. Acima: modulação vagal e simpática na posição supina; Centro: modulação vagal e simpática na posição ortostática; Abaixo: modulação global na posição supina e ortostática.....	98
Tabela 19:	Correlação entre o grau de decremento cronotrópico absoluto no período de recuperação pós-esforço com a frequência cardíaca e o consumo de oxigênio na condição basal de repouso, durante o esforço e no pico do esforço.....	100
Tabela 20:	Correlação entre o grau de decremento cronotrópico percentual no período de recuperação pós-esforço com a frequência cardíaca e o consumo de oxigênio na condição basal de repouso, durante o esforço e no pico do esforço.....	100
Tabela 21:	Correlação entre os diversos <i>índices</i> temporais das séries de intervalo RR na posição supina previamente ao esforço com o decremento absoluto e percentual das frequências cardíacas obtidas no período de recuperação ativa após o esforço.....	109
Tabela 22:	Correlação entre os diversos índices temporais das séries de intervalo RR na posição ortostática previamente ao esforço com o decremento absoluto e percentual das frequências cardíacas obtidas no período de recuperação ativa após o esforço.....	109
Tabela 23:	Correlação entre os diversos índices espectrais das séries de intervalo RR na posição supina previamente ao esforço com o	

	decremento absoluto e percentual das frequências cardíacas obtidas no período de recuperação após o esforço.....	112
Tabela 24:	Correlação entre os diversos índices espectrais das séries de intervalo RR na posição ortostática previamente ao esforço com o decremento absoluto e percentual das frequências cardíacas obtidas no período de recuperação após o esforço.....	112
Tabela 25:	Correlação entre os diversos índices tempo-frequenciais das séries de intervalo RR na posição supina previamente ao esforço com o decremento absoluto e percentual das frequências cardíacas obtida durante o período de recuperação após o esforço	115
Tabela 26:	Correlação entre os diversos índices tempo-frequenciais das séries de intervalo RR na posição ortostática previamente ao esforço com o decremento absoluto e percentual das frequências cardíacas obtidas durante o período de recuperação após o esforço.....	115
Tabela 27:	Correlação entre os diversos índices do Poincaré das séries de intervalo RR na posição supina previamente ao esforço com o decremento absoluto e percentual das frequências cardíacas obtida durante o período de recuperação após o esforço.....	118
Tabela 28:	Correlação entre os diversos índices do Poincaré das séries de intervalo RR na posição ortostática previamente ao esforço com o decremento absoluto e percentual das frequências cardíacas obtidas durante o período de recuperação após o esforço.....	118
Tabela 29:	Correlação entre o decremento absoluto da frequência cardíaca (FC) no 1º, 3º e 5º minutos do período de recuperação ativa após-esforço ($\Delta_{abs}FC_{1,3,5}$) e as variações absoluta (Δ_{abs}) e relativa ($\Delta\%$) dos índices temporais da variabilidade da FC com a mudança da postura supina para a ortostática.....	131
Tabela 30:	Correlação entre o decremento absoluto da frequência cardíaca (FC) no 1º, 3º e 5º minutos do período de recuperação ativa após-esforço ($\Delta_{abs}FC_{1,3,5}$) e as variações absoluta (Δ_{abs}) e relativa ($\Delta\%$) dos índices temporais da variabilidade da FC com a mudança da postura supina para a ortostática.....	131

Tabela 31:	Correlação entre o decremento absoluto da frequência cardíaca (FC) no 1º, 3º e 5º minutos do período de recuperação ativa após-esforço ($\Delta_{abs}FC_{1,3,5}$) e as variações absoluta (Δ_{abs}) e relativa ($\Delta\%$) dos índices espectrais da variabilidade da FC com a mudança da postura supina para a ortostática.....	132
Tabela 32:	Correlação entre o decremento absoluto da frequência cardíaca (FC) no 1º, 3º e 5º minutos do período de recuperação ativa após-esforço ($\Delta_{abs}FC_{1,3,5}$) e as variações absoluta (Δ_{abs}) e relativa ($\Delta\%$) dos índices tempo-frequencial da variabilidade da FC com a mudança da postura supina para a ortostática.....	132
Tabela 33:	Correlação entre o decremento absoluto da frequência cardíaca (FC) no 1º, 3º e 5º minutos do período de recuperação ativa após-esforço ($\Delta_{abs}FC_{1,3,5}$) e as variações absoluta (Δ_{abs}) e relativa ($\Delta\%$) dos índices de Poincaré da variabilidade da FC com a mudança da postura supina para a ortostática.....	133
Tabela 34:	Correlação entre o decremento absoluto da frequência cardíaca (FC) no 1º, 3º e 5º minutos do período de recuperação ativa após-esforço ($\Delta_{abs}FC_{1,3,5}$) e as variações absoluta (Δ_{abs}) e relativa ($\Delta\%$) dos índices de Poincaré da variabilidade da FC com a mudança da postura supina para a ortostática.....	133
Tabela 35:	Correlação entre o decremento relativo da frequência cardíaca (FC) no 1º, 3º e 5º minutos do período de recuperação ativa após-esforço ($\Delta\%FC_{1,3,5}$) e as variações absoluta (Δ_{abs}) e relativa ($\Delta\%$) dos índices temporais da variabilidade da FC com a mudança da postura supina para a ortostática.....	134
Tabela 36:	Correlação entre o decremento relativo da frequência cardíaca (FC) no 1º, 3º e 5º minutos do período de recuperação ativa após-esforço ($\Delta\%FC_{1,3,5}$) e as variações absoluta (Δ_{abs}) e relativa ($\Delta\%$) dos índices temporais da variabilidade da FC com a mudança da postura supina para a ortostática.....	134
Tabela 37:	Correlação (n=31) entre o decremento relativo da frequência cardíaca (FC) no 1º, 3º e 5º minutos do período de recuperação ativa após-esforço ($\Delta\%FC_{1,3,5}$) e as variações absoluta (Δ_{abs}) e	

	relativa ($\Delta\%$) dos índices espectrais da variabilidade da FC com a mudança da postura supina para a ortostática.....	135
Tabela 38:	Correlação entre o decremento relativo da frequência cardíaca (FC) no 1º, 3º e 5º minutos do período de recuperação ativa após-esforço ($\Delta\%FC_{1,3,5}$) e as variações absoluta (Δ_{abs}) e relativa ($\Delta\%$) dos índices tempo-frequencial da variabilidade da FC com a mudança da postura supina para a ortostática.....	135
Tabela 39:	Correlação entre o decremento relativo da frequência cardíaca (FC) no 1º, 3º e 5º minutos do período de recuperação ativa após-esforço ($\Delta\%FC_{1,3,5}$) e as variações absoluta (Δ_{abs}) e relativa ($\Delta\%$) dos índices de Poincaré da variabilidade da FC com a mudança da postura supina para a ortostática.....	136
Tabela 40:	Correlação entre o decremento relativo da frequência cardíaca (FC) no 1º, 3º e 5º minutos do período de recuperação ativa após-esforço ($\Delta\%FC_{1,3,5}$) e as variações absoluta (Δ_{abs}) e relativa ($\Delta\%$) dos índices de Poincaré da variabilidade da FC com a mudança da postura supina para a ortostática.....	136
Tabela 41:	Correlação entre os diversos índices tempo-frequenciais das séries de intervalo RR na recuperação ativa após o esforço com o decremento absoluto e percentual das frequências cardíacas obtida durante o período de recuperação ativa após o esforço.....	139
Tabela 42:	Correlação entre os diversos índices do Poincaré das séries de intervalo RR na recuperação ativa após o esforço com o decremento absoluto e percentual das frequências cardíacas obtida durante o período de recuperação ativa após o esforço.....	139

LISTA DE QUADROS

Quadro 1:	Critérios de inclusão dos voluntários na amostra.....	42
Quadro 2:	Critérios de exclusão dos voluntários na amostra.....	43

RESUMO

Introdução: Os mecanismos fisiológicos envolvidos na modulação autonômica cardíaca durante o período de decremento da frequência cardíaca após o teste de esforço (FCR) é um assunto controverso e pouco explorado, considerando as adaptações cardiovasculares e a análise do risco prognóstico em diversas populações com condições clínicas e funcionais distintas.

Objetivos: Correlacionar a FCR com a função autonômica cardíaca obtida na condição de repouso supino e ortostático e com a alteração da modulação autonômica cardíaca obtida por meio da mudança postural ativa da posição supina para a posição ortostática

Indivíduos e Métodos: Foram avaliados 31 homens (n=31), adultos e clinicamente normais. A FCR no 1º, 3º e 5º minutos de recuperação após o teste de esforço foi correlacionada com as variáveis obtidas por meio das análises, temporal, espectral, tempo-frequencial e de Poincaré da variabilidade da frequência cardíaca (VFC). A VFC foi obtida por meio do registro curto de 5 minutos nas posições, supina e ortostática. Para realização das análises, utilizou-se a correlação de *Spearman* no qual foi considerado o nível de significância de 5%.

Resultados: Verificou-se a predominância parassimpática na posição supina no repouso. Na posição ortostática, verificou-se a retirada da modulação parassimpática com aumento da modulação simpática. A mediana (quartis) da FCR obtida no 1ºmin de recuperação (26; 20.2-32.5 bpm) não correlacionou-se com a VFC em ambas as posturas, supina e/ou ortostática (p=0.15-0.98) ou com a mudança postural ativa (p=0.07-0.88). A FCR no 3º (61; 56 - 64.7 bpm) e 5º (68; 62-73 bpm) minutos de recuperação não correlacionaram-se com a VFC na posição supina (p=0.05-0.98). A VFC na posição ortostática e o 3º e 5º minutos de recuperação correlacionaram-se inversamente com os índices parassimpáticos (p=0.01-0.04) e diretamente com os índices simpáticos, somente no 5º minuto de recuperação (p=0.04). Na postura ortostática, verificou-se a correlação direta da diminuição dos índices de modulação parassimpática com o 3º e 5º minutos de recuperação (p=0.0009-0.05), e não foi verificada correlação da modificação dos índices simpáticos (p=0.28-0.99) com a recuperação após o esforço.

Conclusões: A FCR no 3º e 5º minutos de recuperação após o esforço correlaciona inversamente com os índices parassimpáticos obtidos na posição ortostática na condição de repouso e diretamente com a diminuição da atividade parassimpática associada com a mudança postural, enquanto verificou-se correlação oposta entre a FCR e os índices simpáticos.

ABSTRACT

Background: The autonomic modulation of post-exercise heart rate recovery (HRR) is an incompletely explored issue regarding cardiovascular adaptation and prognosis.

Objective: To correlate the HRR with autonomic modulation both at rest and on standing up.

Methods: HRR at 1, 3 and 5 min following maximal treadmill exercise and 5-min time- and frequency-domain and time-frequency analysis and Poincaré plot - heart rate variability (HRV) in resting supine and standing positions were correlated in 31 healthy young males using Spearman's correlation, which was considered significant at a $p < 0.05$.

Results: Predominantly parasympathetic modulation was observed in the resting supine position. In the orthostatic position, both prominent parasympathetic withdrawal and sympathetic enhancement was observed. The median (quartiles) HRR at 1 min (26; 20.2-32.5 bpm) showed no correlation with HRV in both postures ($p = 0.15-0.98$) or with the changes on standing up ($p = 0.07-0.88$). HRR at 3 min (61; 56-64.7 bpm) and 5 min (68; 62-73 bpm) also no correlated with the supine HRV ($p = 0.05-0.98$). With the orthostatic HRV, the 3 and 5 min HRR inversely correlated with the parasympathetic ($p = 0.01-0.04$) and directly with the sympathetic indices at 5 min only ($p = 0.04$). A direct correlation of HRR with the orthostatic decrease in parasympathetic indices occurred at 3 min and 5 min ($p = 0.0009-0.05$), but no correlation with the change in sympathetic indices was found ($p = 0.28-0.99$).

Conclusion: HRR at 3 and 5 min only was inversely correlated with resting orthostatic parasympathetic modulation and directly correlated with the decrease in parasympathetic activity associated with standing up, while opposite correlations were found between HRR and the sympathetic modulation.

INTRODUÇÃO

O estudo recente do Ministério da Saúde sobre o perfil da mortalidade do brasileiro indica que o Brasil segue as tendências mundiais que destacam as doenças do aparelho cardiovascular como as que mais matam homens e mulheres após os 40 anos de vida (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2008).

No cenário das doenças cardiovasculares, diversos estudos clínicos e experimentais demonstram que a avaliação do sistema nervoso autônomo (SNA) sobre o coração está fortemente associada com diferentes prognósticos de doenças, especialmente quando observado o aumento da atividade simpática com redução da atividade parassimpática .

Desta forma, a avaliação do aparelho cardiovascular com ênfase na análise da modulação da função autonômica cardíaca (FAC) ganha singular destaque. Os conhecimentos adquiridos do estudo da função autonômica cardíaca serão importantes para os avanços em áreas do conhecimento como na cardiologia e a fisiologia do exercício, além da ampliação dos horizontes da pesquisa no campo da fisiologia clínica do exercício. Esta perspectiva torna-se relevante por fazer o pesquisador compreender os possíveis mecanismos fisiológicos envolvidos na condição da manutenção da homeostase em indivíduos clinicamente normais e/ou na compreensão da patogênese em diferentes condições clínicas.

Atualmente são propostos diversos métodos para se quantificar a “atividade” do SNA, incluindo a análise do comportamento da frequência cardíaca *per si*, da variabilidade da frequência cardíaca, da frequência cardíaca de recuperação após o exercício, da sensibilidade barorreflexa, da turbulência da frequência cardíaca, dos níveis de catecolaminas no plasma, da atividade simpática periférica, entre outros (LAHIRI *e cols.*, 2008).

Dentre os métodos citados acima, a Sociedade Européia de Cardiologia e a Sociedade Americana de Marca-Passo e Eletrofisiologia reconhecem na variabilidade da frequência cardíaca o marcador quantitativo da atividade autonômica cardíaca mais promissora dos últimos tempos (TASK FORCE, 1996).

Diversos são os estudos que demonstraram a associação entre a reduzida variabilidade da frequência cardíaca com o aumento da mortalidade de pacientes que sofreram infarto do miocárdio, com insuficiência cardíaca, isquemia miocárdica e/ou cardiopatia idiopática (COLE *e cols.*, 1999; EVRENGUL *e cols.*, 2006; LAHIRI *e cols.*, 2008). Sabe-se também que a depressão da variabilidade da frequência cardíaca esta associada com o aumento do risco de doença coronariana e mortalidade cardiovascular em diversas populações, como em indivíduos sedentários e/ou insuficientemente ativos (KRIEGER *e cols.*, 2001)

Neste contexto, a frequência cardíaca de recuperação após o exercício emerge como um novo e importante índice prognóstico no cenário das doenças do aparelho cardiovascular (LAHIRI *e cols.*, 2008).

O aumento da frequência cardíaca que acompanha o exercício gradativo é em parte devido à redução do tônus parassimpático, com progressivo aumento do tônus simpático (MACIEL *e cols.*, 1986; NEGRAO *e cols.*, 1992). Contudo, a frequência cardíaca de recuperação avaliada imediatamente após o teste de esforço, por exemplo, pode refletir a capacidade de reativação do tônus parassimpático (MAEDER *e cols.*, 2009).

Diferentes estudos indicam que o decremento lento da frequência cardíaca após o esforço, nos primeiros minutos de recuperação, pode refletir, de forma generalizada, a diminuição da atividade parassimpática (COLE *e cols.*, 1999; NISHIME *e cols.*, 2000)

Considerando-se que a redução da atividade parassimpática observada em pacientes portadores de doenças cardiovasculares é um poderoso preditor de mortalidade geral, torna-se importante avaliar o comportamento desses fenômenos em indivíduos saudáveis (COLE *e cols.*, 1999; COLE *e cols.*, 2000a; NISHIME *e cols.*, 2000; SOLEIMANI *e cols.*, 2008).

É nesse contexto que se insere o presente estudo. Essencialmente, o que se busca aqui é verificar a correlação entre a frequência cardíaca de recuperação e a variabilidade da frequência cardíaca obtida na condição de repouso, com vistas à compreensão dos possíveis mecanismos fisiológicos envolvidos na regulação cardiovascular.

Em outras palavras, acredita-se que o decremento da frequência cardíaca após o esforço dependa do *status* autonômico cardíaco avaliado na condição de repouso. Sobre este ponto de vista, existem estudos conflitantes, sugerindo que os mecanismos de regulação cardiovascular são dissociados e independentes da regulação parassimpática (BUCHHEIT *e cols.*, 2006; DEWLAND *e cols.*, 2007; ESCO *e cols.*, 2009).

Na sequência, apresenta-se uma fundamentação teórica dos principais conceitos e métodos aqui empregados para a análise da função autonômica cardíaca, com base na variabilidade da frequência cardíaca e na frequência cardíaca de recuperação. Entende-se que essa parte introdutória é fundamental para justificar os objetivos aqui propostos, bem como posterior interpretação dos dados obtidos.

1. VISÃO PANORÂMICA DA REGULAÇÃO CARDIOVASCULAR

O Aparelho Cardiovascular funciona para fornecer e manter suficiente, contínuo e variável fluxo sanguíneo aos diversos tecidos do organismo, segundo suas necessidades metabólicas para desempenho das funções que devem cumprir diante das diversas exigências funcionais a que o organismo está sujeito. Assim, por exemplo, durante o exercício físico o organismo encontra-se numa situação de elevado gasto energético e de aumento do metabolismo, em que vários órgãos necessitam ter seu fluxo sanguíneo aumentado para maior disponibilidade de oxigênio, nutrientes e substâncias de ações diversas, visando o atendimento das novas exigências funcionais.

Em outras situações, como no repouso, durante o sono, na circunstância de um estado emocional alterada, ou no decorrer de um ato fisiológico, as exigências funcionais orgânicas assumem distintas peculiaridades. Em cada situação, o aparelho cardiovascular adapta seu funcionamento visando atender as diferentes necessidades específicas de cada órgão ou sistema (JUNQUEIRA JR, 2007).

Os mecanismos de regulação do aparelho cardiovascular dividem-se didaticamente em três diferentes grupos: os de regulação rápida, os de regulação lenta e os mecanismos de ação temporal intermediária. Os mecanismos de ação rápida (curto prazo) agem usualmente de forma reflexa e em poucos segundos, caracterizando-se pela ação de mecanismos neurais, de natureza autonômica. Os de ação lenta são aqueles que normalmente ocorrem em horas ou dias e que são mediados pela regulação hormonal, afetando o volume dos líquidos corporais. Os processos de regulação chamados de intermediários são aqueles que se realizam em minutos ou horas, derivados das interações neuro-hormonais. O conjunto desses mecanismos permite o perfeito

funcionamento do organismo graças aos ajustes que ocorrem momento-a-momento, dependendo das diferentes necessidades funcionais e metabólicas dos diversos órgãos (JUNQUEIRA JR, 2007).

Desta forma o eixo que norteia o atual estudo está focado na avaliação da capacidade homeostática da modulação nervosa sobre o aparelho cardiovascular (regulação em curto prazo), implicando os componentes autonômicos, parassimpático e simpático, que englobam a Função Autonômica Cardíaca - FAC.

Nas situações que envolvem os ajustes rápidos do fluxo sanguíneo, como na mudança postural ativa (supina – ortostática), nas situações de fuga e/ou luta e em determinadas fases do exercício físico, é o controle autonômico do coração o principal processo envolvido. Por conseguinte, o controle neuro-autonômico do aparelho cardiovascular, principalmente por mecanismos reflexos, como o barorreflexo, constitui em um importante processo homeostático orgânico, o qual se reflete na capacidade de adaptação fisiológica que este aparelho deve ter, momento-a-momento, com vistas ao atendimento das necessidades metabólicas do organismo em diversas circunstâncias funcionais (HENRICH, 1982; JUNQUEIRA JR, 2007).

Porto, revisando aspectos da regulação cardiovascular, destaca que: a influência do sistema nervoso autônomo manifesta-se sobre as propriedades elétricas (automatismo, dromotropismo e batmotropismo) e mecânicas (inotropismo e lusitropismo) do coração. A importância dos mecanismos autonômicos na fisiologia cardiovascular reside nas ações sinérgicas dos componentes, parassimpático e simpático sobre os nodos sinusal e atrioventricular, o limiar de excitabilidade das fibras miocárdicas, a condução dos estímulos elétricos, a força de contração do miocárdio e a vasomotricidade (PORTO, 2007). Nesse sentido, a disfunção autonômica pode se manifestar em variados graus e acarreta, potencialmente, diversos problemas funcionais

ou condições limitantes das atividades da vida diária. As implicações para a saúde humana podem ser de diferentes magnitudes, desde uma simples tontura ao levantar, até casos extremos de morte súbita (JUNQUEIRA JR, 1990; 1993; PUMPRLA *e cols.*, 2002).

Dentre as diversas variáveis-alvos dos mecanismos de regulação das funções cardiovasculares, a pressão arterial e o volume sanguíneo se destacam. A precisa regulação da pressão arterial e da volemia, em curto ou longo prazo, é de fundamental importância para o bom funcionamento do aparelho cardiovascular. São os ajustes rápidos dessas variáveis que permitem ao organismo uma perfeita adaptação a cada nova situação funcional ou metabólica. O controle dessas modificações, em curto período de tempo, é realizado principalmente pelo sistema nervoso autônomo (SNA) sobre as variáveis cardiovasculares, por meio dos componentes, parassimpático e simpático. A ação desses dois componentes é normalmente integrada e se dá com destaque sobre a frequência cardíaca. Assim, ambos agem conjuntamente no sentido de manter a homeostase orgânica, apesar de terem efeitos freqüentemente antagônicos nos órgãos onde atuam, a exemplo do coração. De modo geral, não se pode estabelecer característica funcional específica de cada porção do SNA. Os efeitos de estimulação parassimpática e simpática sobre o coração são normalmente antagônicos, tendo o sistema parassimpático efeitos depressores e/ou inibitórios enquanto o sistema simpático efeitos estimuladores ou aceleradores do sistema. Entretanto a interação dessas porções é mais complexa que uma simples ação de mecanismos opostos, dependendo essencialmente da circunstância funcional em que organismo se encontra (HURTADO, 2004).

2. ORGANIZAÇÃO MORFOFUNCIONAL DO SISTEMA NERVOSO AUTÔNOMO

O Sistema nervoso autônomo (SNA) é a estrutura do sistema nervoso que tem como função o controle das vísceras, chamado também como sistema nervoso autônomo ou involuntário. O componente autonômico de sistema nervoso pode ser visto como parte do sistema nervoso motor, mas sendo seus efetores os músculos lisos, glândulas e o coração (BERNE e LEVY, 1998)

O SNA possui os seus centros reguladores localizados no sistema nervoso central (SNC), em nível encefálico inferior. Apesar das influências corticais, seus centros integradores mais importantes estão localizados no tronco cerebral. Ao nível do bulbo, encontra-se o centro relacionado com o controle da circulação. Funcionalmente, destacam-se núcleos nervosos como: o centro vasomotor, centro cardioacelerador e centro cardioinibitório, que, segundo MOURÃO JR e ABRAMOV (2011) não apresentam suposta divisão funcional por não encontrar correlato anatômico satisfatório.

Por outro lado, tem sido sugerido que algumas estruturas como: o núcleo trato solitário, as regiões caudoventrais e rostroventrolateral do bulbo e à área depressora gigantocelular, além de vários núcleos diencefálicos, desempenham papel importante na regulação circulatória (MICHELINE, 2008).

Portanto, diante desta controvérsia de nomenclaturas, é prudente considerar que a regulação cardiovascular é determinada por núcleos vasomotores do bulbo e que apresenta íntima relação com o controle respiratório (BERNE e LEVY, 1998).

As principais aferências que chegam da periferia aos núcleos vasomotores partem de terminações nervosas livres sensíveis as variações da pressão sanguínea e do metabolismo. As aferências que chegam aos núcleos vasomotores partem, sobretudo, do controle barorreflexo arterial (mecanorreceptores ou pressorreceptores). Os

barorreceptores são estruturas localizadas na bifurcação da artéria carótida comum e também no arco aórtico. Os sinais nervosos, gerados pela deformação dos vasos, oriundos dos seios carotídeos e da croça da aorta trafegam pelo IX e X par craniano, respectivamente, até a chegada ao bulbo. Além do barorreflexo arterial, outro reflexo mecânico mediado por alterações hemodinâmicas, cujos receptores, por estarem localizadas em átrios, ventrículos, coronárias, pericárdio, artérias pulmonares e junção da cava e veias pulmonares com os átrios, receberam conjuntamente o nome de receptores cardiopulmonares. Esse reflexo tem um importante papel na regulação ao longo prazo da homeostase cardiovascular (PERSSON *e cols.*, 1991).

O controle químico, derivado das variações do metabolismo, afere ao SNC em função da resposta ventilatória e hemodinâmica para a mudança na pressão parcial de oxigênio e de dióxido de carbono. Os quimiorreceptores periféricos, localizados nos corpos carotídeos e aórticos são altamente vascularizados e respondem primariamente à hipóxia, enquanto os quimiorreceptores centrais, localizados na região ventrolateral do bulbo, no tronco encefálico, respondem primariamente à hipercapnia.

Realizada a sinalização da periferia e a decodificação das aferências pelos núcleos nervosos, na sequência, saem neurônios de características distintas, feixes neurais antagônicos de dupla ligação neural até os órgãos efetores. São os neurônios pré- e pós-ganglionares. A eferência pré-ganglionar emerge do SNC até um gânglio, onde faz sinapse com o neurônio pós-ganglionar que inerva o órgão efetor (MOURÃO JR e ABRAMOV, 2011).

As sinalizações neurais sobre os órgãos efetores são decodificadas em função da ação da dupla ligação por meio de suas subdivisões parassimpática e simpática. Os neurônios que compõe o arco reflexo autônomo não inervam diretamente o órgão efetor a exemplo do arco reflexo somático. A via de eferência do SNA para ambos os ramos,

parassimpático e simpático, sempre faz a sinapse ao nível ganglionar, antes de cada órgão eferente. Isso significa que as vias de eferência são divididas em duas, a via pré-ganglionar e pós-ganglionar. Os neurônios pré-ganglionares possuem seus corpos celulares junto ao sistema nervoso central e os pós-ganglionares junto aos gânglios.

Assim, em suas estruturas anátomo-funcionais as porções parassimpáticas e simpáticas do SNA diferem entre si (GUYTON e HALL, 2002).

O sistema nervoso parassimpático, por sua vez, é também denominado de crânio-sacral. As fibras parassimpáticas deixam o sistema nervoso central por intermédio dos nervos que inervam a cabeça, o tórax e a maioria das vísceras abdominais, e por meio dos nervos sacrais, que inervam as vísceras inferiores do abdômen e da pelve (BERNE e LEVY, 1998). Como aproximadamente 75% das fibras parassimpáticas estão nos nervos vagos, inervando a região torácica e abdominal, o sistema parassimpático é comumente referido como sistema do nervo vago, ou simplesmente vagal. A ação parassimpática sobre o coração é exclusivamente realizada por meio dos nervos vagos e dá-se prioritariamente sobre o nó sinusal e atrioventricular, além do miocárdio atrial. Existe pouca ou nenhuma inervação vagal sobre os ventrículos. Diferentemente dos gânglios simpáticos, os gânglios parassimpáticos encontram-se na intimidade dos órgãos e por isso apresentam neurônios pré-ganglionares mais curtos. Isto confere ação menos difusa e mais específica a essa divisão autonômica. (BRITO, 2004).

Já o sistema simpático é conhecido como sistema tóraco-lombar, em virtude das áreas de saída de seus neurônios pré-ganglionares a partir do SNC. Os nervos cardíacos pré-ganglionares fazem sinapse ao nível cervical em gânglios ali situados. As vias simpáticas que saem da medula pelos nervos espinhais ou por meio de nervos órgãos-específicos fazem então sinapse com os neurônios pós-ganglionares nos gânglios para

vertebrais ou pré-vertebrais, situados no abdômen. Seguem então, via neurônios pós-ganglionares, até os órgãos efetores. Outra característica importante dos neurônios pré-ganglionares simpáticos é o seu comprimento. São normalmente curtos na porção pré-ganglionar enquanto os pós-ganglionares são mais longos, visto que muitas vezes o órgão efector está longe dos gânglios. Esta característica anatômica confere aspecto difuso à inervação simpática. Tendo muitas vezes que percorrer um longo caminho, o neurônio pós-ganglionar pode realizar diversas conexões em seu trajeto, levando o impulso elétrico para diversas regiões e órgãos. No coração, por exemplo, a inervação simpática se difunde por quase todo o órgão, compreendendo tanto as células do tecido excito - condutor como as células do miocárdio atrial e ventricular (GUYTON e HALL, 2002).

A sinalização neural realizada entre as células ocorre por meio de neurotransmissores e receptores específicos para cada um dos sistemas. Ambos os feixes pré-ganglionares, sejam parassimpático ou simpático, são colinérgicos, ou seja, ocorre a liberação do neurotransmissor acetilcolina nas terminações sinápticas. A mesma situação se verifica nas fibras pós-ganglionares parassimpáticas, onde o neurotransmissor liberado na fenda sináptica é a acetilcolina. Por outro lado, a maioria das fibras pós-ganglionares simpáticas são adrenérgicas, ou seja, liberam noradrenalina nas fendas sinápticas (GUYTON e HALL, 2002).

Além dos neurotransmissores, os receptores de membrana pós-ganglionar também influenciam no tipo de resposta, excitatória ou inibitória, do SNA. Os receptores da membrana pós-sináptica colinérgica são classificados como nicotínicos ou muscarínicos. Os receptores muscarínicos, de ação lenta, localizam-se em todas as células efectoras dos neurônios pós-sinápticos do sistema parassimpático e também são encontrados em algumas vias pós-ganglionares do simpático, que são colinérgicas. No

caso do coração, os receptores muscarínicos são subdivididos em M_2 e M_4 . Já os nicotínicos, de ação rápida, estão presentes nas sinapses entre os neurônios pré- pós-ganglionares em ambos os sistemas e nas placas motoras. Os receptores adrenérgicos por sua vez se dividem em α -adrenérgicos e β -adrenérgicos. Os receptores α -adrenérgicos podem ser subdivididos em α_1 e α_2 e os β -adrenérgicos em β_1 , β_2 , β_3 . Como previamente descrito, dependendo do órgão efector e do receptor, o neurotransmissor poderá ser excitatório ou inibitório das funções viscerais. A ligação da acetilcolina aos receptores muscarínicos do coração ativa a fosfolipase C, clivando o fosfatidilinositol trifosfato em inositol trifosfato e diacilglicerol, que agem como segundos mensageiros, aumentando a concentração intracelular de cálcio (CHAMPE e HARVEY, 1994). Ocorre então uma hiperpolarização da membrana plasmática, por causa do aumento da condutância celular ao potássio e da inibição do influxo de sódio na célula, que leva à diminuição da frequência cardíaca (FC) (GUYTON e HALL, 2002). Porém, a noradrenalina e a adrenalina sintetizada como hormônio na medula adrenal agem principalmente em receptores β_1 do coração (GUYTON e HALL, 2002), ativando a enzima adenilciclase, que converte a adenosina trifosfato (ATP) em um segundo mensageiro chamado AMP_c e desencadeia uma cascata de fosforizações intracelulares de proteínas (CHAMPE e HARVEY, 1994). Essas reações resultam em um aumento da condutância celular ao sódio e conseqüentemente aumento da velocidade de despolarização da membrana plasmática, aumentando a FC.

Os receptores adrenérgicos, dependendo da concentração de um tipo ou de outro receptor, influenciam nas ações das catecolaminas. Estas, apesar de terem efeitos semelhantes, têm algumas funções específicas. A adrenalina exerce mais ação no coração que a noradrenalina, enquanto nos vasos sanguíneos a situação se inverte (BERNE e LEVY, 1998).

No presente estudo, interessa especialmente os efeitos específicos de cada uma das porções do SNA sobre o coração. Na situação basal de repouso existe uma descarga tônica e ambos, gerando um equilíbrio dinâmico entre seus efeitos. O balanço entre o tônus parassimpático e simpático no coração, em especial sobre o nodo sinusal é que determina o valor da frequência cardíaca (PUMPRLA *e cols.*, 2002). Estudos em indivíduos clinicamente normais têm demonstrado predomínio da atividade parassimpática no repouso (KENNEY, 1985). Na média populacional parece haver também esse predomínio vagal, resultando em uma frequência cardíaca média de aproximadamente 70 batimentos por minuto. A dominância vagal pode ser constatada tendo em vista que o valor de FC de repouso é normalmente menor que a frequência de disparo do nodo sinusal, independentemente de qualquer modulação externa, que é de aproximadamente 100bpm (CHAPLEAU *e cols.*, 1995; MOHRMAN, 1997)

Assim, ação vagal no coração é de natureza depressora, atuando mais intensamente na diminuição da frequência cardíaca e da excitabilidade elétrica cardíaca. Essa ação confere ao sistema parassimpático uma ação anti-arritimogênica.

Por outro lado, a atividade simpática tende estimular a função cardíaca. Sobre o coração, promovendo aumento do automatismo, da excitabilidade, da condutibilidade e da contratilidade (HURTADO, 2004). Por essas ações, a atividade simpática caracteriza-se como pró-arritmogênica.

Portanto, a maior ação tônica do vago e/ou a maior capacidade de modulação da resposta vagal frente aos diversos estímulos de natureza distintas sobre o coração pode ser considerada como fator protetor global das funções cardiovasculares.

3. AVALIAÇÃO CLÍNICA DA FUNÇÃO AUTONÔMICA CARDÍACA

Pela importância clínica dos mecanismos de regulação das funções cardiovasculares mediadas pelo SNA, a avaliação de sua integridade e/ou de ajustes e adaptações decorrentes de qualquer intervenção adquire especial interesse.

Historicamente os relatos sobre o pulso datam de 300 a.C onde Herophilus foi o primeiro a descrever a frequência cardíaca (medida do pulso). No ano de 170 d.C, o médico/cientista Galeno escreveu 18 livros sobre o pulso e pelo menos oito dos livros descreviam a utilização do pulso para o diagnóstico e o prognóstico de doenças. Seus ensinamentos sobre o pulso dominaram a prática médica por quase 16 séculos até o início da era moderna (BILLMAN, 2011). Entre os seus achados, Galeno foi o primeiro a descrever os efeitos do exercício no pulso, de onde se destaca que:

“No início do exercício, com a prática moderada, torna o pulso grande e vigoroso, rápido e freqüente. Grandes quantidades de exercício, que excedam a capacidade do indivíduo, tornam o pulso pequeno, leve, rápido e extremamente freqüente” (GALENO apud BILLMAN , 2011)

No século XVI, Versalius observou os dois componentes do SNA, descrevendo-os separadamente. No século seguinte, descrevendo o nervo vago, Willis fez observações que parecem ter sido as primeiras considerações da variabilidade da frequência cardíaca. Identificando um nervo no arco aórtico concluiu que o mesmo “deve reagir para mudar o pulso” (SHEEHAN, 1936 apud WHITE *e cols.*, 1952).

No início do século XVIII, com a medida mais precisa do tempo, foi possível realizar avaliações da frequência cardíaca. O médico inglês John Floyer, no ano de 1707, inventou o relógio de pulso médico, onde por meio deste dispositivo foi possível

tabular as variações do pulso e da respiração. Em 1733, Stephen Hales foi o primeiro a descrever as variações do intervalo entre os batimentos cardíacos e da pressão arterial durante o ciclo respiratório. Em 1847, Carl Ludwig descreveu as variações do pulso em função da variação respiratória, hoje chamada de arritmia respiratória. No final do século XIX e início do século XX, Willem Einthoven fez o primeiro registro da atividade elétrica do coração, inventando assim, o eletrocardiograma (ECG). Já no início dos anos 60, Jeff Holter criou o ECG ambulatorial, no qual era possível realizar os registros elétricos do coração durante períodos longos (24hs) usando um dispositivo portátil. Os avanços nessa área do conhecimento (sistema Holter) permitiram a identificação das oscilações circadianas do ritmo cardíaco. Nos anos 70, com o advento das técnicas de processamento de sinais biológicos, foi possível quantificar e analisar súbitas variações entre os batimentos cardíacos em parâmetros cardiovasculares, onde novas técnicas investigativas permitiram a melhor avaliação do estado funcional do SNA, bem como sua modulação sobre diversos órgãos, de modo mais preciso simples e não-invasivo. (BILLMAN, 2011).

No final desta década foi criado o método não-invasivo para avaliação clínica da variação dos intervalos entre os batimentos cardíacos de forma qualitativa e quantitativa. O método de análise recebeu o nome de variabilidade dos intervalos R-R ou variabilidade da frequência cardíaca (VFC).

No final dos anos 70, surgiram as análises temporais e espectrais da VFC como alternativas para avaliação clínica da função autonômica em diversas condições funcionais. Esta abordagem permite o estudo da FAC de modo não-invasivo para se analisar a ritmicidade cardíaca, quantificando as contribuições absolutas e/ou relativas das influências simpática e parassimpática sobre o coração (PORTO e JUNQUEIRA JR, 2007).

No ano de 1994, Stein e colaboradores (STEIN *e cols.*, 1994) apresentaram definições, termos e aplicações das análises: temporal (efetuadas no domínio do tempo com emprego de índices estatísticos descritivos) e espectral (efetuadas no domínio da frequência espectral, com uso de transformadas matemáticas) da VFC. No ano de 1996, a Sociedade Européia de Cardiologia e a Sociedade Norte Americana de Marca-Passo e Eletrofisiologia reconhecem na VFC como marcador quantitativo da atividade autonômica cardíaca mais promissora dos últimos tempos (TASK FORCE, 1996).

Atualmente, os índices da VFC têm sido utilizados para compreensão de variadas situações e condições, como suas relações com a idade, com o gênero, ritmo circadiano e atividades cotidianas em períodos de vigília (PUMPRLA *e cols.*, 2002). Por outro lado, segundo SAYERS (1973), esse método de análise pode sofrer modificações em detrimento de três fatores que podem interferir nas flutuações da frequência cardíaca: a termorregulação, a pressão arterial e a frequência respiratória.

Normalmente, em condições patológicas associam-se a diminuição da modulação autonômica sobre o coração, sendo esta redução já evidenciada como fator de prognóstico desfavorável (LAUER, 2009). Entre outros, podemos citar os estudos relacionados à doença arterial coronariana (CARNETHON *e cols.*, 2002b; CARNEY *e cols.*, 2007), miocardiopatia (BITTENCOURT, 2005; LIMONGELLI *e cols.*, 2007) hipertensão arterial (TERATHONGKUM *e cols.*, 2004; KARAS *e cols.*, 2008), infarto agudo no miocárdio (REIS, 1998; LAROSA *e cols.*, 2008), morte súbita (KUDAIBERDIERA), doenças de Chagas (MANCO *e cols.*, 1969; JUNQUEIRA JR, 1990; 1993) VASCONCELOS e JUNQUEIRA JR, 2009), doença pulmonar obstrutiva crônica (SIN *e cols.*, 2007), insuficiência renal (FURULAND *e cols.*, 2008), insuficiência cardíaca (SILVA e JANUARIO, 2005), diabetes (JAVORKA *e cols.*, 2008), acidente vascular cerebral (LAKUSIC *e cols.*, 2005) doença de Alzheimer

(ZULLI *e cols.*, 2005) TOLEDO e JUNQUEIRA JR, 2010), leucemia (NEVRUZ *e cols.*, 2007), apnéia obstrutiva do sono (PARK *e cols.*, 2008), epilepsia (EL-SAYED *e cols.*, 2007) e enxaqueca (MOSEK *e cols.*, 1999), entre outras.

Por outro lado, no campo do condicionamento físico, reconhece-se o potencial efeito protetor da modulação autonômica vagal sobre o coração, provavelmente associado à redução do trabalho miocárdio, por meio da redução da frequência cardíaca de repouso e da contratilidade cardíaca, bem como a uma ação antiarrítmica (BUCH *et al.*, 2002). Nesse contexto, os estudos sobre a VFC em indivíduos normais em condições basais e em situações fisiológicas específicas também tiveram grande incentivo, como no exercício físico (KATONA *e cols.*, 1982; MACIEL *e cols.*, 1986; GALLO JUNIOR *e cols.*, 1989; TULPPO *e cols.*, 1996; TULPPO *e cols.*, 1998; HAUTALA *e cols.*, 2003; TULPPO *e cols.*, 2003; KIVINIEMI *e cols.*, 2007; LEWIS *e cols.*, 2007; SLOAN *e cols.*, 2009; MCLACHLAN *e cols.*, 2010).

Neste cenário, os indivíduos com doença cardiovascular também podem ser beneficiados com a prática do exercício físico controlado. Diversos estudos demonstram que a reabilitação cardíaca aumenta a modulação vagal e reduz o tônus simpático em pacientes, na condição basal, que tiveram infarto do miocárdio (KIILAVUORI *e cols.*, 1995; MALFATTO *e cols.*, 1996, insuficiência cardíaca {Pietila, 2002 #1364; SANDERCOCK *e cols.*, 2007) e após revascularização (TAKEYAMA *e cols.*, 2000; LUCINI *e cols.*, 2002).

Assim, diante do seu potencial de exploração, e por ser um método não-invasivo, o uso da análise da VFC tem sido ampliado enormemente em pesquisas e análises diversas.

A análise temporal da VFC baseia-se em índices estatísticos comuns de séries de intervalos R-R registradas continuamente em determinado período de tempo. São

exemplos de índices temporais comumente utilizados em registros de curta duração: a média e mediana dos intervalos R-R; o desvio padrão dos intervalos R-R, que fornece estimativa da variabilidade total; o coeficiente de variação, que é a razão entre o desvio padrão e a média, usado para se verificar mudanças na variabilidade independentemente de mudanças na média dos intervalos R-R; o número de intervalos R-R com diferença superior a 50 ms do intervalo imediatamente anterior e o percentual de intervalos com diferença maior que 50 ms (pNN50) (KLEIGER *e cols.*, 1995).

A indicação gráfica dos valores obtidos dos intervalos R-R em função do tempo caracteriza o periodograma. Esses registros podem ser obtidos em curta duração (até cerca de 5 minutos), ou em longa duração (24 horas), viabilizados mais recentemente com a utilização do sistema Holter. Os registros de curta duração são normalmente de 2 minutos, 5 minutos ou equivalentes a 256 intervalos R-R. Conforme estudo desenvolvido em nosso Laboratório, demonstrou-se que os resultados obtidos empregando-se esses três intervalos de tempo distintos são basicamente os mesmos (JESUS, 1996). Entretanto, visando padronização metodológica e para evitar possíveis prejuízos de registros muito curtos, a força-tarefa citada anteriormente recomenda que os registros de curto prazo tenham pelo menos 5 minutos de duração (TASK FORCE, 1996).

Outra possibilidade de processar os intervalos R-R no domínio do tempo é a partir do método geométrico, sendo a plotagem de Lorenz ou mapa de Poincaré o mais conhecido. O método geométrico apresenta o intervalo R-R em padrão geométrico e várias aproximações são usadas para derivar as medidas da VFC a partir delas

O mapa de Poincaré é um método geométrico para a análise dinâmica da VFC, que representa uma série temporal dentro de um plano cartesiano no qual cada intervalo

R-R é correlacionado com o intervalo antecedente e definem um ponto no mapa (SMITH *e cols.*, 2007).

A análise do mapa de Poincaré pode ser feita de forma qualitativa (visual), por meio da avaliação da figura formada pelo seu atrator, que é útil para mostrar o grau de complexidade dos intervalos R-R (SMITH *e cols.*, 2007), ou quantitativa, por meio do ajuste da elipse da figura formada pelo seu atrator, de onde se obtém três principais índices, a saber: SD1, SD2 e a razão de SD1/SD2.

O SD1 representa a dispersão dos pontos perpendiculares à linha de identidade e parece ser um índice de registro instantâneo da variabilidade batimento a batimento; o SD2 representa a dispersão dos pontos ao longo da linha de identidade e representa a VFC em registros de longa duração; a relação de ambos (SD1/SD2) mostra a razão entre as variações curta e longa dos intervalos R-R (RAJENDRA ACHARYA *e cols.*, 2006)

Outra forma de análise comumente utilizada para avaliar a função autonômica cardíaca é o método no domínio da frequência. O método fundamenta-se na decomposição espectral dos harmônicos que compõem o sinal no domínio do tempo (ALTIMIRAS, 1999; PUMPRLA *e cols.*, 2002). Esse método possibilitou avanços na caracterização das ações simpática e parassimpática do SNA. Inicialmente a identificação das contribuições de cada divisão autonômica no controle das variáveis cardiovasculares era feita com base em manipulações farmacológicas ou em modelos animais experimentais (MALIK, 1995). Com base nesse método invasivo, foi possível estudar os efeitos de manobras que supostamente causam alterações na modulação autonômica cardíaca.

A análise espectral da função autonômica cardíaca fornece também, a exemplo da análise no domínio do tempo, uma série de índices, como área espectral total, área espectral absoluta de cada uma das faixas de frequências espectrais, área espectral

relativa de cada uma das faixas de frequências espectrais, área espectral normalizada das bandas de baixa e alta frequências espectrais e a razão entre as áreas absolutas das faixas de baixa e de alta frequências espectrais, que traduz o balanço autonômico vago-simpático (TASK FORCE, 1996).

No que se refere à avaliação da modulação autonômica em diversas condições funcionais, a caracterização dos componentes simpático e parassimpático vem sendo realizada por meio de testes que avaliam as respostas, espontâneas ou induzidas, da frequência cardíaca, de natureza barorreflexa. Os métodos concentram-se normalmente em modificações da atividade de receptores aferentes em decorrência de manobras clínicas e/ou farmacológicas, em medidas diretas das atividades simpática e parassimpática eferentes (normalmente em modelos experimentais) ou indiretamente nas variações nos órgãos-efetores, bem como bloqueios farmacológicos. Obviamente que cada método apresenta suas limitações teóricas ou operacionais (PUMPRLA *e cols.*, 2002)

Os procedimentos mais usados para induzir alterações da frequência cardíaca são: a mudança postural ativa ou passiva, a administração de drogas vasopressoras ou dilatadoras, o esfriamento facial, a arritmia respiratória, a manobra de Valsalva, o exercício físico e a estimulação extrínseca dos receptores carotídeos. Inúmeras críticas são feitas em relação a cada um desses procedimentos, principalmente em relação às suas normatizações. O tempo de exposição, a forma como os estímulos são fornecidos e a posição corporal são pontos fundamentais que muitas vezes limitam a comparação de resultados (PUMPRLA *e cols.*, 2002; KLEIGER *e cols.*, 2005)

No atual estudo serão utilizados os procedimentos de repouso supino e ortostático na condição basal, mudança postural ativa (adoção da posição de pé –

manobra para induzir aumento da descarga simpática sobre o coração) e posição ortostática após o esforço na fase de recuperação.

Conforme descrito por Porto e Junqueira Jr (2007) o ortostatismo, além de muito simples, provoca uma descarga simpática marcante, possibilitando inferências bastante seguras sobre a integridade da via simpática do SNA. As alterações da frequência cardíaca que se processam no ortostatismo estão relacionadas com a dificuldade relativa do retorno venoso, comparativamente ao repouso supino. Em decorrência do aumento na resistência ao retorno do fluxo sanguíneo dos membros inferiores e abdome para o coração, oferecida pela força da gravidade, ocorre diminuição transitória do retorno venoso e conseqüente diminuição do enchimento ventricular, do volume sistólico e do débito cardíaco. Os barorreceptores localizados principalmente no arco aórtico e no seio carotídeo sensibilizam essa tendência hipotensora e diminuem suas frequências de disparo ao sistema nervoso central, no centro cardiorregulador. A diminuição da frequência de “disparos” dos receptores é interpretada nos centros de integração como tendência a queda da pressão arterial, gerando uma resposta autonômica eferente. Parece haver ação recíproca dos componentes autonômicos, com retirada do vago e aumento da descarga simpática (ECKBERG, 1980; MOHRMAN, 1997).

Conseqüência reflexa é a elevação da frequência cardíaca e vasoconstrição periférica, como mecanismo compensatório. Fica claro que essa manobra permite a aferição da integridade do mecanismo barorreflexo. Existe grande controvérsia na literatura quando às contribuições relativas de cada porção do SNA e da modulação de outros receptores além dos de pressão ao nível aórtico e carotídeo. Apesar da ação conjunta e não exclusiva de um único componente, essa manobra tem sido utilizada como marcadora da atividade simpática, visto que se observa sistematicamente o aumento significativo da área que marca essa atividade no espectro de frequências

(MOLINA *e cols.*, 2013). Acresce-se o fato da descarga simpática agir também nas glândulas supra-renais e nos vasos arteriais no sentido de aumentar a resistência vascular periférica, corroborando a noção de uma ação simpática majoritária nesse mecanismo (PORTO e JUNQUEIRA JR, 2007).

4. AVALIAÇÃO CARDIOPULMONAR:

CAPACIDADE FÍSICA E LIMIAR ANAERÓBIO

A função básica dos sistemas cardiovascular e respiratório é a manutenção dos processos de respiração celular, cuja eficiência pode ser avaliada pelo consumo de oxigênio e pela produção de dióxido de carbono. Assim sendo, é desejável que na cardiologia e na fisiologia do exercício haja um método confiável e reprodutível para avaliar essas respostas metabólicas durante diferentes intensidades de esforço.

Desta forma, o teste de esforço incremental cardiopulmonar é frequentemente usado como um método de avaliação diagnóstica e prognóstica, no campo da avaliação clínica e da avaliação funcional (KRIEGER *e cols.*, 2001). Em ambos os casos, o teste cardiopulmonar “traduz” informações relevantes sobre a real capacidade homeostática corporal frente às repostas metabólicas, pulmonares e cardiovasculares, associadas às diversas intensidades de esforço físico em que o indivíduo foi submetido.

Comparativamente ao teste de esforço convencional, o teste incremental cardiopulmonar é um método que além de avaliar a capacidade de reserva funcional do sistema pulmonar e cardiovascular, fornece compreensão mais abrangente das respostas clínicas, eletrofisiológicas e hemodinâmicas, tornando-se assim uma ferramenta propedêutica não invasiva de grande importância na avaliação de indivíduos saudáveis e pacientes com comprometimento cardiovascular e/ou pulmonar.

Os diversos índices obtidos por meio do teste cardiopulmonar, sem dúvida o consumo máximo de oxigênio ($VO_2\text{max}$) ganha especial destaque. A resposta do consumo de oxigênio durante o exercício físico tem sido estudada exaustivamente ao longo de vários anos, uma vez que reflete a capacidade máxima de captação de oxigênio que um indivíduo pode alcançar respirando ar atmosférico ao nível do mar (ASTRAND

e cols., 1952). Em outras palavras, este índice reflete a capacidade de realizar o trabalho físico.

O consumo de oxigênio eleva-se de forma aproximadamente linear até o ponto, onde aumentos adicionais de potência aplicadas não mais modificam seus valores. É nesta condição que caracteriza-se o $VO_2\text{max}$, proveniente da saturação de um ou mais sistemas responsáveis pela manutenção do consumo e transporte de oxigênio durante o esforço físico incremental (WASSERMAN, 1976b; SMEKAL *e cols.*, 2003)

O $VO_2\text{max}$ é raramente obtido em indivíduos sedentários ou portadores de patologias, uma vez que, o exercício físico é interrompido por estafa física, sinais e/ou sintomas, em potência inferiores às correspondentes ao $VO_2\text{max}$. Sendo assim, neste ponto é possível caracterizar o maior consumo de oxigênio, que é usualmente denominado de consumo pico ($VO_2\text{pico}$) (WASSERMAN, 1976).

O $VO_2\text{max}$ e/ou $VO_2\text{pico}$ são freqüentemente utilizados no campo da fisiologia do exercício e na cardiologia para caracterizar o condicionamento físico aeróbio individual (WASSERMAN, 1976b) Contudo atualmente, a avaliação da potencia aeróbia vem ganhando importância não só no campo da *performance* humana mais também como poderosa variável preditora de vários desfechos em saúde, particularmente como elemento de prognóstico de mortalidade em condições clínica diversas (MYERS *e cols.*, 2002)

Nesse contexto, a investigação não só do desempenho físico máximo, mas também da análise de indicadores submáximos tem colaborado para o entendimento de mecanismo fisiológicos e/ou fisiopatológicos. Desde a publicação do clássico estudo de Wasserman e McIlory em 1964, um indicador em especial tem sido progressivamente valorizado, o limiar anaeróbio (LA) (WASSERMAN e McILORY, 1964).

Em 1964, WASSERMAN introduziu o termo limiar anaeróbio (LA), sugerindo

que as trocas gasosas fossem utilizadas para determinar o ponto de início do acúmulo de lactato. Vinte anos depois, (WASSERMAN, 1984) aprimorou a avaliação do limiar anaeróbio por técnicas não invasivas, utilizando a medida das trocas gasosas. O princípio utilizado baseia-se na instalação da hipóxia mitocondrial em exercícios de intensidade submáxima, desviando o metabolismo, antes aeróbio, para anaeróbio. Com isso, ácido láctico é formado pelo músculo em exercício e rapidamente difunde-se para a circulação, onde será tamponado pelos íons NaHCO_3^- (bicarbonato de sódio). O resultado dessa reação é a formação do ácido carbônico (H_2CO_3), um ácido muito instável que na presença da enzima anidrase carbônica logo se dissocia em gás carbônico (CO_2) e água, dessa forma aumentando a PCO_2 sanguínea. Como o sistema respiratório controla a PCO_2 por meio das informações dos quimioceptores centrais e periféricos sensíveis ao CO_2 e ao íon H^+ , essa maior PCO_2 refletirá na alteração do padrão ventilatório. Desta maneira, a ventilação que possui um aumento linear com a intensidade do exercício até o limiar anaeróbio passa a ter aumento exponencial, sendo que essa mudança no padrão de incremento da ventilação (de linear para exponencial) é uma das formas de detecção do limiar anaeróbio por mecanismo não invasivo. Este ponto, identificado em um esforço progressivo por meio da análise de trocas gasosas, é também denominado de limiar anaeróbio um.

Na presente pesquisa, o teste de esforço incremental cardiopulmonar foi o método utilizado para alterar o *status* autonômico cardíaco, da condição de repouso ao esforço máximo. Destaca-se o fato de que os índices obtidos por meio do teste cardiopulmonar, o consumo máximo de oxigênio e o limiar anaeróbio, foram somente utilizados com objetivo de caracterização amostral, apesar do potencial desdobramento de conhecimento que se poderá produzir, em um futuro próximo.

5. AVALIAÇÃO CLÍNICA DA FUNÇÃO AUTÔNOMICA CARDÍACA APÓS O ESFORÇO

Conforme previamente abordado, à função autonômica cardíaca pode ser avaliada por inúmeros métodos e em diversas condições clínicas e funcionais.

Além da VFC, outro método de análise conhecido como a frequência cardíaca de recuperação após o exercício físico (FCR) emerge como um novo e importante índice prognóstico no cenário das doenças do aparelho cardiovascular e na avaliação da capacidade homeostática funcional do SNA (LAHIRI *e cols.*, 2008)

No final dos anos 90 e ao longo da última década diversos estudos demonstram a importância da avaliação clínica da FCR. Recentemente, Cole *e cols.*, 1999, realizaram um estudo de coorte com 2428 indivíduos sem história previa de insuficiência cardíaca, revascularização coronariana e angiografia coronariana. Após o acompanhamento de 6 anos os autores definiram como FCR anormal o decremento da FC do pico do esforço até o primeiro minuto de recuperação menor ou igual a 12 batimentos/minuto após teste de esforço máximo. Todos aqueles que apresentavam o decremento lento da FC para o corte definido apresentavam o risco quatro vezes maior de morte, comparativamente aos voluntários com FCR normal. Depois de realizado o ajuste para idade, sexo e risco cardíaco normal, o risco reduziu para duas vezes maior de morte para todos os indivíduos com FCR anormal.

No ano seguinte (2000), Cole *e cols.*, realizaram o estudo em que avaliaram a resposta da FCR frente ao esforço sub-máximo. Foi definido como anormal o decremento da FCR ≤ 42 batimentos/minuto no segundo minuto de recuperação a partir do pico da FC. Foi verificado que os pacientes com a FCR anormal depois da prova de esforço submáximo apresentavam o risco relativo de 2.58 de morte após 12 anos de

acompanhamento. O risco permaneceu significativamente aumentado após ajustar para os fatores de risco cardíaco.

No ano de 2005, os resultados da pesquisa realizada por Jouven *e cols.*, (2005) – *Paris Civil Service Study* - descreveram que a FCR < 25 batimentos/minuto depois do primeiro minuto de recuperação conferiu um risco relativo 2.2 de morte súbita comparativamente ao grupo com o maior percentil (40 batimentos/minuto).

Os estudos apresentados previamente demonstram a importância da avaliação da FCR no contexto clínico, principalmente no 1º minuto de recuperação. No campo da avaliação, verificou-se que a FCR pode ser utilizada como método de análise do SNA sob uma ampla gama de condições de exercício físico por apresentar reprodutibilidade e baixo custo (BUCHHEIT *e cols.*, 2007b; TULUMEN *e cols.*, 2011), além de ser considerada uma medida poderosa e independente da avaliação da saúde e da integridade cardiovascular (LAUER *e cols.*, 2002)

Por consequência, ao longo da última década, as pesquisas no campo da fisiologia aplicada vem buscando a compreensão dos possíveis mecanismos fisiológicos envolvidos no decremento da FC na fase de recuperação após o esforço físico, nos primeiros minutos de recuperação.

Sem dúvida que o esforço físico se constitui no mais potente desafio fisiológico à homeostase sistêmica. Por isso, a avaliação do esforço físico induzido por meio do teste de esforço incremental é frequentemente utilizada como um método de avaliação diagnóstica e prognóstica, no campo da avaliação clínica e funcional.

O aumento da FC que acompanha o exercício gradativo é inicialmente dependente da redução da atividade parassimpática (MACIEL *e cols.*, 1986; NEGRAO *e cols.*, 1992; CARTER *e cols.*, 2004). No entanto, com o aumento do tempo e/ou intensidade do exercício, a atividade simpática passa a ser o principal mecanismo

responsável pelo aumento da FC até o término do teste (MACIEL *e cols.*, 1986; NEGRAO *e cols.*, 1992).

Porém, no período imediatamente após o teste de esforço, ou seja, nos primeiros minutos da fase de recuperação, observa-se a modificação dinâmica fisiológica da modulação autonômica cardíaca entre os ramos do SNA. Durante esse período (decremento cronotrópico), verifica-se a combinação entre a retirada da atividade simpática e a reativação da atividade parassimpática, refletindo assim, na redução gradual da FC até os níveis de repouso (NISHIME *e cols.*, 2000; LAUER, 2009)

Assim a FCR pode ser considerada como um método não-invasivo da avaliação do balanço autonômico cardíaco que demonstra a taxa de declínio da FC após o término do exercício (DEWLAND *e cols.*, 2007). Segundo Coote (2010) a FCR é utilizada como medida do balanço autonômico cardíaco, particularmente como medida da função parassimpática.

Tecnicamente a medida da FCR é derivada da diferença absoluta da FC máxima obtida durante o teste de esforço com a FC registrada ao longo da fase de recuperação, como exemplo, o 1º, 2º e 3º minutos da recuperação após o esforço.

Na busca do entendimento dos possíveis mecanismos fisiológicos envolvidos na FCR, Savin *e cols.*, (1982) realizaram o estudo da FCR após o bloqueio seletivo autonômico. Os resultados observados pelos autores foram interpretados como a retirada da atividade simpática como sendo o principal fator para a redução da FC nos momentos iniciais da fase de recuperação.

Entretanto, o estudo realizado por (IMAI *e cols.*, 1994) descreveu que após o bloqueio farmacológico com atropina, em grupos de jovens, atletas e indivíduos com insuficiência cardíaca que foram comparados aos indivíduos sedentários agrupados pela idade (controle), que nos momentos iniciais da FCR (30 segundos iniciais) a reativação

parassimpática foi o fator primário responsável pela redução da FC. Recentemente, Imai *e cols.*, (2004) demonstraram que a ativação parassimpática participa substancialmente no decremento da FC após o exercício de alta intensidade em indivíduos normais.

Em outro estudo, foi analisada a FC de 10 indivíduos clinicamente saudáveis durante o pico do exercício e na fase de recuperação sobre condições fisiológicas normais, bem como durante o bloqueio seletivo do ramo parassimpático com atropina. Os resultados demonstraram que mesmo durante o pico do esforço a atividade vagal apresentava um pequeno efeito significativo na FC, indicando que a retirada da atividade vagal não é completa nesta condição funcional específica (KANNANKERIL *e cols.*, 2004).

Sundaram e colaboradores, no ano de 2004, verificaram o papel da retirada simpática na FCR após o exercício. Nesse estudo, a FCR foi avaliada após o exercício submáximo em 28 indivíduos saudáveis durante a condição fisiológica normal, e durante o bloqueio seletivo beta-adrenérgico com propranolol, durante o bloqueio seletivo parassimpático com atropina e com o bloqueio de ambos os agentes. No primeiro minuto de recuperação, não foi verificada diferença entre a FCR na condição de bloqueio seletivo com atropina (parassimpático) e com o duplo bloqueio. Assim, como desfecho do experimento foi observado que a retirada beta-adrenérgica não foi o fator significativo para o decremento na FCR no primeiro minuto. Segundo os autores, o experimento sugere que talvez exista um componente não beta-adrenérgico, não parassimpático que atue na FCR, sugerindo outros possíveis mecanismos influenciadores, como mudança do tônus alfa-adrenérgico, estiramento atrial ou mudança na temperatura corporal.

Entretanto, a maioria dos estudos sobre os mecanismos fisiológicos envolvidos com FCR apontam para o coletivo de que os dados obtidos com os estudos que

utilizaram o bloqueio farmacológico indicam que a FCR inicialmente é mais influenciada pela reativação vagal do que pela retirada simpática e/ou outros fatores não autonômicos (COLE *e cols.*, 1999; DEWLAND *e cols.*, 2007; LAUER, 2009; OKUTUCU *e cols.*, 2011).

Diante desse contexto, considera-se o fato de que o decremento cronotrópico na fase de recuperação após o esforço seja dependente do aumento da atividade parassimpática e da progressiva retirada da atividade simpática. (GOLDBERGER *e cols.*, 2002; KAIKKONEN *e cols.*, 2008U; TULPPO *e cols.*, 2011).

Considerando o descrito previamente, do papel da FAC na regulação cardiovascular e os achados que demonstram a associação da FCR com a reativação vagal, é plausível esperar que as mudanças autonômicas ocorridas durante a fase de recuperação sejam dependentes da modulação autonômica cardíaca na condição de repouso e da capacidade de resposta autonômica frente ao estresse induzido por meio do exercício físico ou da mudança postural ativa.

É nesse contexto que se insere essa pesquisa. Com o objetivo de contribuir no entendimento dos mecanismos de regulação da fase de recuperação após o esforço físico.

Na literatura, há escassez de dados que relacionam os métodos de análise da VFC de repouso com o decremento da FC na fase de recuperação após o esforço e com o nível de condicionamento cardiovascular. Desta forma, surge a pergunta: existe correlação entre a VFC no repouso, a resposta da FCR após o esforço, ou os mecanismos regulatórios da FCR após o esforço independem da VFC de repouso?

Destaca-se assim a importância da proposta ora formulada no sentido de aprofundar a avaliação de mecanismos fisiológicos de repouso-esforço-recuperação, que possam contribuir na compreensão dos mecanismos de regulação cardiovascular.

Pela importância clínica das modificações funcionais cardiovasculares mediadas pelo controle autonômico sobre o coração, sua avaliação adquire especial interesse quanto à integridade, ajustes e adaptações. Assim, o presente estudo tem o intuito de avaliar a correlação do estado autonômico cardíaco basal, por meio da análise de séries temporais em curto prazo da VFC, com a frequência cardíaca de recuperação após o teste de esforço cardiopulmonar máximo, em homens adultos clinicamente normais de diferentes níveis de condicionamento físico.

OBJETIVOS

1.1 – Objetivos principais

Verificar em homens adultos clinicamente normais:

- a) A hipótese de associação entre a modulação autonômica cardíaca, baseada na análise da variabilidade da frequência cardíaca, no repouso supino e ortostático, e a frequência cardíaca de recuperação durante os 5 minutos imediatamente após o teste de esforço cardiopulmonar máximo;**

- b) A hipótese de associação entre a alteração da modulação autonômica cardíaca com a mudança da postura supina para ortostática, e a frequência cardíaca de recuperação durante os 5 minutos imediatamente após o teste de esforço cardiopulmonar máximo.**

1.2 – Objetivos secundários

- a) Caracterizar as variáveis cardiopulmonares - frequência cardíaca e o consumo de oxigênio, no repouso supino e ortostático, durante o teste de esforço e no período de recuperação, visando o estabelecimento do *status* basal destas variáveis e na dinâmica no esforço e na recuperação;

- b) Caracterizar a função autonômica cardíaca por meio da variabilidade da frequência cardíaca, no repouso supino e ortostático, com a mudança postural e na recuperação após o esforço;
- c) Correlacionar à variabilidade da frequência cardíaca com as variáveis cardiopulmonares - frequência cardíaca e consumo de oxigênio, no repouso supino e ortostático, durante o esforço, no limiar anaeróbio e pico do esforço, visando verificar a influência destas variáveis sobre a variabilidade da frequência cardíaca;
- d) Correlacionar a frequência cardíaca de recuperação com as variáveis cardiopulmonares - frequência cardíaca e consumo de oxigênio, no repouso supino e ortostático, durante o esforço, no limiar anaeróbio e pico do esforço, visando verificar a influência destas variáveis sobre a frequência cardíaca de recuperação;
- e) Correlacionar a frequência cardíaca de recuperação com a variabilidade da frequência cardíaca durante o período de recuperação após o esforço.

INDIVÍDUOS, MATERIAIS E MÉTODOS

1.1 – INDIVÍDUOS ESTUDADOS

Foi realizado um estudo de característica transversal. A amostra foi composta por 31 adultos do sexo masculino, clinicamente normais e com idades entre 20 e 46 anos. Todos os indivíduos participaram da pesquisa de forma voluntária, cientes dos objetivos e métodos do estudo, tendo cada voluntário assinado um termo de consentimento livre e esclarecido, cujo modelo encontra-se em anexo (ANEXO 1). A confirmação da participação dos voluntários no momento do exame era precedida de uma explicação dos objetivos do estudo e dos procedimentos utilizados durante os experimentos. Independentemente do grau de instrução dos voluntários, todos foram encorajados a manifestarem suas dúvidas relativas aos procedimentos do estudo e a se sentirem à vontade para uma eventual desistência, no momento das orientações iniciais, bem como em qualquer fase do estudo.

O projeto de pesquisa foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos da Faculdade de Medicina da Universidade de Brasília, conforme parecer CEP-FM N° 091/2009 (ANEXO 2), com base na Resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde do Ministério da Saúde, que regulamenta a pesquisa em seres humanos em nosso país (BRASIL-MINISTERIO DA SAUDE, 1996).

A seleção da amostra foi do tipo não-probabilística por conveniência. Apesar de a composição amostral ter sido do tipo não-probabilística, não houve qualquer critério de preferência por nenhum tipo de indivíduo. Todos aqueles que manifestaram o interesse foram aceitos, desde que se enquadrassem nos critérios de inclusão. Todos os voluntários gozavam de plena saúde física e mental e desenvolviam normalmente suas atividades habituais. A amostra foi composta por 38,7% de estudantes universitários,

32,2% por profissionais de diversas áreas do mercado de trabalho, 16,1% por professores universitários e 12,9% por profissionais de educação física, conforme descrito na Tabela 1.

1.2 - CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA

Para a caracterização da amostra, todos os voluntários responderam a uma anamnese previamente aos exames. A anamnese foi constituída de questionamentos sobre dados pessoais, origem e/ou procedência, profissão, uso de medicamentos, uso de suplementos alimentares, condição física, histórico clínico pessoal, história familiar, além de hábitos de vida como consumo de bebidas alcoólicas, tabagismo e bebidas estimulantes (xarope de guaraná, chá, café, refrigerantes e guaraná em pó).

As informações coletadas na anamnese visavam à estratificação de risco, que foi avaliada por meio de questionário adaptado do formulário de estratificação de risco de 2003 do Colégio Americano de Medicina Desportiva (ACSM, 2003). A presença de fatores de risco cardiovasculares associados à avaliação clínica-cardiológica também foi utilizada para a análise e julgamento das possíveis contra-indicações para a realização dos procedimentos experimentais. Não houve nenhuma contra-indicação à realização dos testes, no protocolo aqui usado, entre os voluntários que atendiam aos critérios de inclusão.

Nenhum dos voluntários era tabagista e todos tinham consumo considerado normal de bebidas estimulantes como chá, café, refrigerante guaraná em pó e/ou xarope de guaraná. Na amostra, o relato do consumo de bebida alcoólica entre os indivíduos era eventual e/ou socialmente.

A caracterização da amostra iniciava-se com a resposta à anamnese clínica. Na sequência do protocolo, procedia-se a coleta da massa corporal e estatura (descalços e

sem blusa), utilizando-se balança analógica, da marca Welmy, com estadiômetro acoplado, o valor mediano (quartis) da massa corporal e estatura foram 74,7 (70,3 – 80) kg e 1,74 (1,72 – 1,78) m, respectivamente. Passava-se por uma avaliação clínica geral, realizada pelo Professor Orientador do presente estudo – Prof. Dr. Luiz Fernando Junqueira Jr – Professor Titular e cardiologista chefe do Serviço de Cardiologia da Faculdade de Medicina da Universidade de Brasília, com larga experiência clínico-cardiológica. O objetivo da avaliação médica era caracterizar a amostra do ponto de vista clínico, além de identificar indivíduos que eventualmente não pudessem se submeter aos testes utilizados no protocolo experimental, conforme descrição a ser detalhada a diante.

Na posição supina, foi realizado o eletrocardiograma (ECG) com o registro de 12 derivações, mais o traçado longo da derivação DII. O registro foi obtido em aparelho da marca FUNBEC, modelo ECG4.0, com velocidade do papel em 25mm/s e calibração de 1mV=1cm.

Por critérios médicos, poderiam ser solicitados exames complementares como o ecodopplercardiograma, monitorização da pressão arterial (MAPA), o registro ambulatorial contínuo do eletrocardiograma de 24 horas (Holter) e, eventualmente, outros exames.

No presente estudo, não foi solicitado nenhum exame complementar.

Na seção 1.3 deste capítulo há um quadro com o detalhamento de todos os critérios de exclusão e o número/motivo da exclusão de alguns voluntários. Após a avaliação clínica-cardiológica os indivíduos foram submetidos aos testes de avaliação da função autonômica cardíaca – FAC e ao teste de esforço cardiopulmonar.

A amostra foi constituída por 31 (n=31) homens, adultos, clinicamente normais com idade mediana (quartis) 29 (23 – 32) anos. Em função da potencial influência

negativa da obesidade sobre modulação autonômica cardíaca (HURTADO, 2004), optou-se por limitar o índice de massa corporal (IMC) a valores menores que 30 kg/m^2 como critério de inclusão. A variável IMC apresentou uma distribuição amostral composta por 77,4% de indivíduos classificados como normais e 22,6% classificados com sobrepeso, o valor mediano (quartis) obtido na amostra foi 24,9 (22,9 -25,9) kg/m^2 .

Para a caracterização da frequência cardíaca (FC), pressão arterial e frequência respiratória (FR) os voluntários eram avaliados em duas condições fisiológicas diferentes. Na condição de repouso supino (basal) e na condição ortostática (duas posições aqui empregadas para o teste de função autonômica cardíaca). Em cada situação, se considerou os valores aferidos após o primeiro minuto de registro.

O valor mediano da pressão sistólica foi 102 mmHg e extremos de 80 e 130 mmHg. A pressão diastólica mediana registrada foi de 64.8 mmHg e variação entre 50 e 82 mmHg. O registro mediano da FC foi de 58 bpm e extremos de 43 e 86 bpm. A FR mediana registrada foi de 14 irpm e com variação entre 10 e 18.5 irpm.

No caso da mudança de decúbito, posição ortostática, observou-se valor mediano da pressão sistólica de 106.5 mmHg e extremos de 90 e 122 mmHg, variação da pressão diastólica entre 50 e 82 mmHg e valor mediano de 70 mmHg. A FC mediana registrada nesta condição funcional foi 75 bpm com variação de 52 e 102 bpm enquanto que a FR mediana foi 14 irpm e extremos de 10 e 19 irpm.

Todos os valores de pressão arterial, FC e FR na condição de supino estavam dentro da faixa de normalidade (GUYTON e HALL, 2002). Os valores amostrais de FC, FR e PA estão indicados na Tabela 1.

A avaliação clínica, acrescida do eletrocardiograma de repouso de 12 derivações, identificou normalidade clínica em todos os voluntários estudados. As características eletrocardiográficas estão listadas na Tabela 2.

Houve ainda preocupação com o estado emocional dos voluntários, o que sabidamente altera o *status* funcional cardíaco (BILLMAN, 2011) do voluntário.

Desta forma, foi motivo de exclusão e/ou adiamento os testes quando o participante relata estar vivendo uma circunstância atípica em sua vida ou estado emocional alterado. O critério adotado era quando o voluntário julgava que aquele momento era diferente do seu estado emocional habitual ou quando relata fatos considerados perturbadores do equilíbrio psicológico normal, como doença e/ou falecimento de pessoa próxima, demissão do emprego, problemas conjugais e etc. Houve dois casos de voluntários que necessitaram remarcar os testes por manifestarem estado emocional alterado.

Tabela 1: Ocupação e valores individuais das características antropométricas e variáveis funcionais basais da amostra estudada

	Indivíduo	Sexo	Idade (anos)	Profissão	Peso (kg)	Estatura (m)	IMC (k/m ²)	FC (bpm)		FR (irpm)		PAS (mmHg)		PAD (mmHg)	
								Sup	Ort	Sup	Ort	Sup	Ort	Sup	Ort
1	GLG	M	24	Est. Univer.	82.3	1.78	25.98	60	66	10.0	11.5	102.0	110.0	64.8	60.0
2	BLES	M	31	Designer	79.2	1.82	23.91	58	74	14.0	10.0	98.0	110.0	60.0	60.0
3	FSS	M	29	Prof. Univer.	69.2	1.74	22.86	62	83	14.0	14.0	120.0	106.5	60.0	70.0
4	AD	M	32	Prof. Univer.	71.8	1.76	23.18	58	81	12.0	13.0	90.0	110.0	50.0	70.0
5	LHR	M	33	Administrador	88	1.78	27.77	48	63	14.0	16.0	82.0	106.5	60.0	70.0
6	MMB	M	21	Est. Univer.	63.6	1.68	22.53	43	79	18.5	18.0	82.0	90.0	54.0	60.0
7	FAAS	M	21	Est. Univer.	71.8	1.72	24.27	60	72	15.5	15.5	100.0	100.0	60.0	78.0
8	PHDRA	M	23	Est. Univer.	75	1.70	25.95	48	53	14.0	14.5	90.0	100.0	50.0	60.0
9	RRLS	M	40	Contador	75	1.70	25.95	86	90	15.0	14.0	90.0	100.0	70.0	70.0
10	RSO	M	34	A. de sistemas	70.9	1.74	23.42	54	63	15.0	16.0	90.0	90.0	60.0	60.0
11	JDPJ	M	23	Est. Univer.	75.7	1.76	24.44	58	74	12.5	11.0	110.0	110.0	70.0	70.0
12	CJG	M	28	Est. Univer.	74.5	1.80	22.99	58	80	14.0	14.0	120.0	122.0	70.0	72.0
13	RVM	M	29	Est. Univer.	61.6	1.72	20.82	50	74	14.0	14.5	110.0	100.0	70.0	60.0
14	LMS	M	31	Comerciante	87.6	1.78	27.65	52	75	15.0	15.0	130.0	120.0	80.0	80.0
15	LS	M	32	Prof.Ed.Física	53.3	1.67	19.11	68	74	14.0	14.5	110.0	120.0	70.0	80.0
16	RMS	M	29	Comerciante	71.1	1.82	21.46	51	64	16.0	11.0	102.0	120.0	68.0	70.0
17	JJSB	M	39	Prof. Univer	71.7	1.73	23.96	50	88	14.0	14.5	128.0	122.0	82.0	80.0
18	CMS	M	22	Zelador	68.8	1.72	23.26	58	80	11.0	11.0	100.0	106.0	72.0	70.0
19	EKVKS	M	21	Est. Univer.	80	1.80	24.69	51	78	14.5	12.5	80.0	90.0	50.0	50.0
20	JOS	M	22	Est. Univer.	75	1.73	25.06	52	80	11.0	11.0	110.0	120.0	70.0	70.0
21	MPV	M	21	Est. Univer.	83.1	1.72	28.09	54	67	14.0	13.9	102.0	106.5	64.8	70.0
22	S A	M	46	Administrador	88	1.77	28.09	67	73	14.0	13.9	102.0	106.5	64.8	70.0
23	AAV	M	21	Est. Univer.	58	1.68	20.55	68	90	16.0	15.0	110.0	108.0	70.0	68.0
24	GEM	M	35	Prof. Univer.	80	1.79	24.97	60	87	15.0	18.0	92.0	112.0	70.0	82.0
25	DCN	M	24	Prof.Ed.Física	76	1.66	27.58	70	82	16.0	17.0	110.0	100.0	70.0	74.0
26	MRC	M	24	Est. Univer.	83.1	1.86	24.02	62	80	16.0	14.0	102.0	100.0	62.0	72.0
27	MES	M	34	Bancário	81	1.75	26.45	68	92	13.0	16.0	118.0	110.0	70.0	80.0
28	CAAC	M	26	Prof.Ed.Física	70.2	1.82	21.19	58	75	11.5	12.0	90.0	90.0	58.0	60.0
29	GLF	M	23	Prof.Ed.Física	71	1.70	24.57	66	102	16.0	19.0	112.0	112.0	64.0	72.0
30	FRD	M	30	Empresário	62	1.73	20.72	55	66	13.0	11.0	100.0	100.0	60.0	60.0
31	LDMJ	M	30	Prof. Univer.	87.1	1.72	29.44	65	74	14.5	14.0	90.0	110.0	60.0	60.0

IMC: índice de massa corporal; FC: frequência cardíaca; FR: frequência respiratória; PAS: pressão arterial sistólica; PAD: pressão arterial diastólica; SUP: posição supina; ORT: posição ortostática

Tabela 2 – Características eletrocardiográficas individuais obtidas durante o repouso na posição supina

Código	Indivíduo	Idade	Eletrocardiograma
01	GLG	24	Ritmo sinusal; bradicardia; retardo fisiológico de condução intraventricular; repolarização precoce; sem particularidades.
02	BLES	31	Ritmo sinusal; discreta arritmia respiratória; vagotonia.
03	FSS	29	Ritmo sinusal, eixo verticalizado 90 ⁰ .
04	AD	32	Ritmo sinusal; repolarização precoce vagotonia; eixo verticalizado 90 ⁰ ; longilíneo.
05	LHR	33	Ritmo sinusal; discreta arritmia respiratória; retardo da condução intraventricular; vagotonia.
06	MMB	21	Arritmia respiratória moderada, síndrome S1; S2; S3; retardo de condução do ramo direito, eixo QRS. desviado para direita +110 ⁰ , variante de normalidade.
07	FAAS	21	Ritmo sinusal, vagotonia, repolarização precoce, arritmia respiratória e marca-passo mutável isolado.
08	PHDRA	23	Sopro sistólico †, fosseta externa de intensidade discreta, bradicardia sinusal e repolarização precoce.
09	RRLS	40	Ritmo sinusal.
10	RSO	34	Ritmo Sinusal, bradicardia, arritmia respiratória, bloqueio divisional postero inferior direito, eixo 90 ⁰ .
11	JDPJ	23	Ritmo Sinusal, discreta arritmia respiratória.
12	CJG	29	Ritmo sinusal; arritmia respiratória; batimento de marca-passo mutável isolado; sopro sistólico ††funcional.
13	RVM	29	Ritmo sinusal; Bradicardia sinusal; arritmia respiratória discreta; eixo verticalizado.
14	LMS	31	Bradicardia sinusal; Repolarização precoce, hipertonia vagal.
15	LS	32	Ritmo sinusal; discreta arritmia respiratória; eixo verticalizado 90 ⁰ .
16	RMS	29	Bradicardia sinusal; SS†† em face supra-clavicular esquerda e bases de carótidas (fisiológico).
17	JJSB	39	Ritmo sinusal; discreta arritmia respiratória.
18	CMS	22	Ritmo sinusal.
19	EKVKS	21	Ritmo sinusal; eixo verticalizado; repolarização precoce; arritmia respiratória;
20	JOS	22	Vagotonia; arritmia respiratória.
21	MPV	21	Ritmo sinusal.
22	SA	46	Ritmo sinusal.
23	AAV	21	Ritmo sinusal; eixo verticalizado; P-R curto
24	GEM	35	Ritmo sinusal; discreta arritmia respiratória; retardo da condução átrio-ventricular pelo ramo direito.
25	DCN	24	Ritmo sinusal; retardo de condução pelo ramo direito.
26	MRC	24	Ritmo sinusal.
27	MÊS	34	Ritmo sinusal.
28	CAAC	26	Bradicardia sinusal; eixo verticalizado.
29	GLF	23	Ritmo sinusal.
30	FRD	30	Ritmo sinusal; arritmia respiratória.
31	LDMJ	30	Ritmo sinusal; P-R curto.

1.3 - CRITÉRIOS DE INCLUSÃO E/OU EXCLUSÃO DE INDIVÍDUOS E/OU REGISTROS

Os critérios de inclusão e/ou exclusão aqui determinados são de natureza variável, em função da necessidade de atender pressupostos clínico-funcionais e metodológicos, especialmente no que se refere análise da variabilidade dos intervalos R-R. Alguns dos critérios já foram citados previamente, contudo julga-se necessário um resumo em forma de tópicos para melhor esclarecimento (Quadro 1).

CRITÉRIO	LIMITE
Idade	Entre 20 e 50 anos
Condição Clínica	Compatível com a normalidade em exame clínico-cardiológico
Sexo	Masculino
Ritmo Cardíaco	Ritmo sinusal ao longo de todos os registros
Frequência Respiratória	Igual e/ou superior a 10 ciclos por minuto
Índice de massa corporal	Na faixa de normalidade

Quadro 1. Critérios de inclusão dos voluntários na amostra

Os critérios de exclusão são representados por características que não atendem aos critérios de inclusão, descritos no Quadro 1, somado a uma ou várias características que afetam o sucesso do seguimento dos procedimentos experimentais e da análise dos registros.

No Quadro 2 estão descritos o número de voluntários excluídos da amostra, bem como o motivo da exclusão dos voluntários que começaram o procedimento experimental e na sequência foram excluídos.

CRITÉRIOS DE EXCLUSÃO	MOTIVOS DA EXCLUSÃO	N ^o
Condição clínica não-normal e/ou com potencial interferência na análise da variabilidade dos intervalos R-R do ECG	Suspeita de prolapso da válvula mitral Suspeita de insuficiência coronariana	01
Limitações metodológicas para a análise da variabilidade dos intervalos R-R do ECG no domínio da frequência com as bandas de frequência fixas	Marca-passo mutável Frequência respiratória menor que 10 ciclos por minuto	02 02

Quadro 2. Critérios de exclusão dos voluntários na amostra

A exclusão de voluntários ocorreu por questões inerentes ao método da análise da variabilidade da frequência cardíaca e/ou a não normalidade clínica dos voluntários.

Foram excluídos os voluntários (n=2) que apresentaram a frequência respiratória inferior a 10irpm. Segundo SAYERS (1973) a FR inferior a 10 irpm pode afetar a interpretação da variabilidade da frequência cardíaca no domínio espectral, especialmente na sobreposição das bandas de alta e baixa frequência no domínio espectral, fenômeno conhecido como *overlapping*. O marca-passo cardíaco mutável foi o outro fator de exclusão entre os voluntários (n=2). Para a análise e interpretação correta da variabilidade da frequência cardíaca é necessário que o controle cronotrópico cardíaco seja derivado do nodo sinusal, ou seja, todos os participantes desta pesquisa apresentavam ritmo sinusal ao longo do traçado eletrocardiográfico (PUMPRLA e cols., 2002).Finalizando, apenas 1 voluntário foi excluído da amostra por suspeita de condição clínica não-normal e/ou potencial interferência na análise da variabilidade da frequência cardíaca.

1.4 – ASPECTOS METODOLÓGICOS GERAIS

Após o contato inicial com o voluntário, era agendado o dia da avaliação. Todos os voluntários eram orientados a não praticar atividade física 24 horas antes dos testes e a não consumir bebidas estimulantes por um período mínimo de 12 horas anteriores aos testes. Os voluntários foram orientados quanto ao sono, no qual era solicitado um período de sono de pelo menos 6 horas na noite anterior aos testes.

Com relação ao jejum os voluntários foram orientados a ingerir um café da manhã “leve” com no mínimo 1 hora de intervalo da hora agendada para o início do protocolo experimental.

As avaliações clínicas e o teste de função autonômica cardíaca na condição de repouso (basal) foram realizados no Laboratório Cardiovascular da Faculdade de Medicina da Universidade de Brasília. O registro do ECG e a gravação dos intervalos R-R eram realizados sempre no período matutino em um ambiente climatizado (21 a 24°C) sem interferência de sons e/ou ruídos externos. O registro foi sempre feito, entre 8 horas e 10 horas da manhã, durando cada sessão cerca de 60 minutos, compreendendo a anamnese, coleta das medidas antropométricas e funcionais, o registro do eletrocardiograma de repouso, avaliação clínica, e os testes de caracterização da função autonômica cardíaca na condição de repouso. Todos os testes autonômicos foram conduzidos por um único observador – o autor do presente estudo. O posterior processamento dos dados, bem como sua análise, foi supervisionado pelo Prof. Dr. Luiz Fernando Junqueira Jr, orientador do trabalho, com larga experiência nesta atividade.

Durante o procedimento de registro dos intervalos R-R na condição de repouso sobre uma maca acolchoada, os participantes recebiam orientações prévias para se manterem o mais relaxado possível, não dormirem, evitarem alterações conscientes no

ritmo respiratório (inspirações e/ou expirações profundas) e não falarem (exceção à situação em que eventualmente estivessem se sentindo mal por qualquer motivo).

O teste de esforço cardiopulmonar foi realizado no Laboratório de Fisiologia do Exercício da Faculdade de Educação Física da Universidade de Brasília. Após a coleta dos dados na condição de repouso (basal), os voluntários eram conduzidos ao Laboratório de Fisiologia do Exercício para então proceder ao teste cardiopulmonar máximo.

Os registros das variáveis cardiopulmonares, da frequência cardíaca, além dos intervalos R-R na condição de recuperação após o esforço (recuperação), eram realizados cerca de 40 minutos após o término da avaliação clínica e dos testes de FAC na condição de repouso (basal). O teste cardiopulmonar foi dividido em dois momentos funcionais distintos para a análise. O esforço máximo, propriamente dito e a recuperação imediatamente após o esforço. Este procedimento durava cerca de 40 a 60 minutos entre o início (chegada ao laboratório) e o término do procedimento (saída do laboratório). Os testes eram realizados em um ambiente climatizado (21 a 24°C) sem interferência de sons e/ou ruídos externos. Todos os testes cardiopulmonares foram conduzidos por um único observador - o autor do presente estudo. A análise posterior dos dados, bem como a sua avaliação, foi supervisionada pela Prof. Dra. Keila Elizabeth Fontana, especialista em fisiologia do exercício e coordenadora do Laboratório de Fisiologia do Exercício que tem larga experiência nesta atividade.

Antes de iniciar o procedimento de esforço os participantes recebiam orientações prévias quanto ao protocolo experimental. Os voluntários foram orientados quanto ao tempo total de esforço (entre 8 e 12 minutos), e que durante os procedimentos (esforço e recuperação) a comunicação seria por meio de sinais (previamente combinados) e por meio da escala subjetiva de esforço (BORG), além de

orientação para não falar durante o procedimento (exceção à situação em que eventualmente estivessem se sentindo mal por qualquer motivo).

A variabilidade da frequência cardíaca foi analisada por meio do registro dos intervalos R-R obtidos por meio do cardiômetro ou frequencímetro da marca Polar®, modelo RS800CX, fabricado pela Polar Electro Oy – Finlândia (Figura 1). A escolha para o registro das séries temporais dos intervalos R-R por meio deste frequencímetro se deu em razão de ser um instrumento anteriormente validado em nosso Laboratório Cardiovascular (PORTO e JUNQUEIRA, JR, 2009) como alternativa válida para este fim, além de sua facilidade de operação e potenciais desdobramentos de pesquisas futuras.



Figura 1: Ilustração do receptor/monitor Polar RS800CX® (www.polar.com.br)

Quanto à utilização do cardiômetro Polar®, alguns critérios foram adotados antes do início dos registros. O ajuste da correia elástica (Figura 2) - ao diâmetro do tórax de cada indivíduo, de forma que ficasse firme, sem causar qualquer incômodo e/ou eventual inibição ao movimento respiratório normal. A captação dos intervalos R-R do ECG foi realizada pelo dispositivo *Polar wearlink transmitter*®. Para evitar

problemas na transmissão do sinal, a correia (parte sensível do equipamento, que capta os intervalos R-R do ECG) era molhada em abundância antes de todos os registros (procedimentos), evitando assim, a ocorrência de interferências especialmente durante o esforço físico, conforme orientação do fabricante.



Figura 2: Ilustração da correia *WearLink*[®] e do transmissor que é fixada a correia e capta os intervalos R-R do ECG para o receptor, acoplada a uma correia elástica para a colocação do aparelho em volta do tórax (www.polar.com.br)

Após a obtenção das séries individuais de intervalos R-R, o processamento dos dados para a obtenção dos índices temporais, espectrais, tempo-frequenciais e de Poincaré da variabilidade da frequência cardíaca foi realizado tendo como base a série temporal de intervalos R-R obtida por meio do frequencímetro Polar[®].

Após a obtenção das séries temporais, o processamento digital foi realizado empregando-se o software próprio (*ECGLAB*), desenvolvido no Laboratório Cardiovascular da Faculdade de Medicina da Universidade de Brasília, em parceria com o departamento de Engenharia Elétrica da mesma instituição (CARVALHO *e cols.*, 2003; CARVALHO *e cols.*, 2002) conforme detalhamento a seguir.

Após completar todos os registros na condição basal, os participantes foram submetidos ao teste de esforço cardiopulmonar. O teste cardiopulmonar tinha como objetivo induzir o estresse cardiovascular máximo e avaliar a potência aeróbia máxima

dos participantes. Na seqüência, imediatamente após o esforço máximo iniciava-se a fase do protocolo experimental chamada de recuperação, que tinha como objetivo obter o registro do decremento da FC ao longo de 5 minutos de recuperação, bem como a obtenção dos intervalos R-R durante todo esse período.

1.5 - CARACTERIZAÇÃO DA FUNÇÃO AUTÔNOMICA CARDÍACA

No presente estudo, a caracterização da função autonômica cardíaca se deu por meio do método de análise da variabilidade da frequência cardíaca e/ou, de modo sinônimo, variabilidade dos intervalos R-R do eletrocardiograma (ECG). A avaliação ocorreu na condição basal de referência, repouso na posição supina, na posição ortostática após mudança postural ativa e na avaliação da recuperação após o exercício. Utilizou-se também, em nosso estudo, o método da frequência cardíaca de recuperação, que será detalhado a diante.

A modulação autonômica cardíaca foi avaliada com base nas análises temporal, espectral, tempo-frequencial e Poincaré da variabilidade da frequência cardíaca (ou dos intervalos R-R), com base nos registros de séries temporais de curto prazo (*short-term power spectral analysis*), conforme estabelecido no Laboratório Cardiovascular, da Faculdade de Medicina da Universidade de Brasília (VASCONCELOS & JUNQUEIRA JR, 2009).

A obtenção automática das séries temporais dos intervalos R-R foi realizada por meio do frequencímetro ou cardiotacômetro POLAR[®] RS800CX, conforme previamente padronizado em nosso laboratório (PORTO & JUNQUEIRA JR, 2009; (WALLEN *e cols.*, 2011).

Os registros das séries temporais para análise da VFC no repouso e durante a

recuperação após o teste cardiopulmonar foram coletados e transformados em arquivo de texto (.txt) pelo *software* próprio do cardiotacômetro Polar *Protrainer 5*. Na sequência os arquivos .txt (dados) foram processados e analisados por meio do aplicativo próprio ECGLAB para análise da função autonômica cardíaca (CARVALHO *e cols.*, 2003; CARVALHO *e cols.*, 2002).

A variabilidade da frequência cardíaca na condição de repouso supino e ortostático foi avaliada com base nos índices temporais, espectrais, tempo-frequenciais e Poincaré. Diferentemente, e por restrições metodológicas, durante a fase de recuperação após o esforço a variabilidade da frequência cardíaca foi avaliada somente com base nos índices tempo-frequenciais e Poincaré. Ambas as análises, nas duas condições funcionais, estão em conformidade com as recomendações da Sociedade Européia de Cardiologia e a Sociedade Norte Americana de Eletrofisiologia e Marcapasso que apontam a análise da VFC como um método fidedigno, válido e reproduzível (TASK FORCE, 1996). Contudo, vale destacar que as avaliações temporais e espectrais tem como pressuposto a estacionaridade do sinal enquanto que os índices tempo-frequenciais e de Poincaré não pressupõem esta estacionaridade, ou seja, podem ser aplicados em fenômenos de natureza dinâmica como o exercício físico.

Destaca-se a avaliação da VFC na condição de repouso e após o esforço (recuperação) no domínio tempo-frequencial como aspecto inovador do presente estudo, permitindo assim, entre outras questões, avaliar a FAC em condição não-estacionária, como é o caso da recuperação após-esforço físico.

Foram analisados, no domínio do tempo, os seguintes índices da VFC: média de todos os intervalos R-R, desvio padrão de todos os intervalos R-R normais do ECG (SDNN), coeficiente de variação dos intervalos R-R (desvio-padrão / média), raiz quadrada da média das diferenças sucessivas ao quadrado entre os intervalos R-R

adjacentes normais do ECG (r-MSSD) e porcentagem das diferenças sucessivas entre os intervalos R-R adjacentes normais maiores que 50 ms (pNN50), derivados e computados das séries temporais obtidas por meio do registro automático com o frequencímetro Polar RS800[®]. Os três primeiros índices traduzem a modulação autonômica simpato-vagal global e os dois últimos índices a modulação exclusivamente parassimpática.

A análise do domínio da frequência espectral é expressa por suas amplitudes (*power*) e por suas frequências, dentro de escalas do espectro de potências, com base no modelo matemático auto-regressivo, empregando janelamento de *Hanning*, com ordem de 16, taxa de amostragem do sinal de 4 e sinal HP interpolado com *splines*. Essas são as especificações técnicas definidas como as melhores, quando o desenvolvimento do aplicativo “ECGLAB” (CARVALHO *e cols.*, 2003; CARVALHO *e cols.*, 2002).

Os estudos da função autonômica cardíaca no domínio do espectro têm definido três faixas de atividade principais, relacionadas ao componente simpático e parassimpático. Contudo ainda existem controvérsias na literatura, principalmente em relação a algumas bandas ou faixas específicas, utilizou-se também uma divisão de espectro em três áreas, bandas ou faixas: a faixa de muito baixa frequência (MBF), de 0,01 – 0,04Hz, ainda sem clara definição de seu significado fisiológico nos registros de curta duração; uma segunda faixa, intermediária, de baixa frequência (BF), de 0,04 – 0,15Hz, relacionada à atividade barorreflexa basal e aceita como marcadora da atividade simpática, ainda que contenha influências vagais e, finalmente, uma terceira faixa, de alta frequência (AF), de 0,15 – 0,50Hz, caracterizando o componente parassimpático. A divisão das faixas segue as recomendações da força tarefa instituída em 1996 para a padronização dos estudos da variabilidade da frequência cardíaca (TASK FORCE, 1996).

Em nosso estudo, foram examinados os seguintes índices espectrais: área espectral total (*power total*), compreendendo todo o espectro de frequências, até o limite máximo de 0,50 Hz, que expressa a modulação autonômica global; área espectral absoluta das faixas de baixa (0,04 – 0,15) e alta (0,15 – 0,50 Hz) frequências espectrais, as quais expressam, respectivamente, a modulação simpática e vagal combinada e a modulação predominantemente parassimpática; razão entre as áreas absolutas das faixas de baixa e de alta frequências espectrais, que representa o balanço simpato-vagal; e área espectral relativa normalizada das faixas de frequências espectrais baixa e alta, que expressa a intensidade relativa das modulações simpática e parassimpática.

Dentro dessa análise, os indivíduos podem ser classificados quanto ao equilíbrio entre as porções simpática e parassimpática do sistema nervoso autônomo, de acordo com o valor obtido na razão entre as áreas absolutas das faixas de baixa e alta frequência espectrais, a saber:

Razão BF/AF > 1: indivíduo simpaticotônico (predomínio simpático)

Razão BF/AF = 1: indivíduo anfotônico (equilíbrio simpato-vagal)

Razão BF/AF < 1: indivíduo vagotônico (predomínio parassimpático)

Contudo, entendemos que essas classes são extremamente amplas e contemplam muitas vezes indivíduos com características funcionais extremamente distintas. Esta continua sendo uma preocupação do grupo de pesquisa em função autonômica cardíaca do Laboratório Cardiovascular, que busca melhor caracterização funcional, com possíveis subdivisões dos grupos de indivíduos simpaticotônicos e/ou vagotônicos.

Outra forma de análise, conforme previamente citado, o aspecto inovador dessa tese foi à utilização do domínio tempo-frequencial para a análise da variabilidade da frequência cardíaca.

As técnicas comumente aplicadas na análise da variabilidade da frequência cardíaca não são ferramentas que estão habilitadas para fornecer a informação de como está a mudança do balanço simpato-vagal através do tempo, ou seja, de forma dinâmica. Sendo assim, esta forma de análise (domínio tempo-frequencial) nos fornece um espectrograma que permite observar as mudanças da atividade simpática e parassimpática ao longo do tempo (CARVALHO *e cols.*, 2003).

A análise da variabilidade da frequência cardíaca pelo domínio tempo-frequencial tem como base para geração das variáveis de análise o domínio da frequência espectral, no qual, como citado anteriormente, é expressa por suas amplitudes (*power*) e por suas frequências, dentro de escalas do espectro de potências.

Os marcadores do domínio tempo-frequencial utilizados para a análise da variabilidade da frequência cardíaca são descritos aqui. A primeira variável foi chamada de “GRAU”, que foi derivada da área espectral total que compreende todo o espectro de frequências, até o limite máximo de 0,50 Hz. A área espectral total (o grau) expressa a magnitude da modulação autonômica global combinada, simpática e parassimpática, de forma dinâmica durante todo período de registro dos intervalos R-R.

A segunda variável foi chamada de “NATUREZA”, que é derivada da razão entre as áreas absolutas das faixas de baixa e de alta frequência espectrais, representando assim, o balanço relativo simpato-vagal ao longo de todo o tempo de registro dos intervalos R-R.

Dentro dessa análise, os indivíduos podem ser classificados quanto ao equilíbrio entre as porções simpática e parassimpática do sistema nervoso autônomo, de acordo com o valor obtido na razão entre as áreas absolutas das faixas de baixa e alta frequência espectrais, conforme previamente descrito na análise espectral.

A terceira variável foi chamada de “DISTRIBUIÇÃO DA FREQUÊNCIA NO TEMPO”, que expressa a simpatoexcitação, vagoexcitação ou anfotônia sobre o coração. Essa variável pode ser dividida em duas variáveis distintas chamadas de área > 1 e área < 1 . A variável, área >1 , expressa o tempo ou período em segundos (s) dos intervalos R-R em que ocorre a simpatoexcitação sobre o coração. Por outro lado, a variável área razão < 1 , expressa o tempo ou período em segundos (s) dos intervalos R-R em que ocorre a predominância da vagoexcitação sobre o coração.

Ainda no domínio tempo-frequencial utilizou-se da variável Coeficiente de Variação da Razão para expressar a variação global da variabilidade da frequência cardíaca ao longo do período de registro dos intervalos R-R.

Outra forma de análise da função autonômica cardíaca pelo método da variabilidade da frequência cardíaca é o mapa de Poincaré. O *Poincaré plot*, assim como o domínio tempo-frequencial, não necessita de sinal estacionário para as análises dos intervalos R-R, permitindo quantificar a variabilidade da frequência cardíaca em diversos pontos de vista como: a variabilidade dos intervalos R-R na condição basal de repouso, durante a aceleração da frequência cardíaca e/ou na desaceleração da frequência cardíaca, bem como o balanço simpato-vagal ao longo das medidas.

O mapa de Poincaré tem como base para a análise do sinal o desenvolvimento de um diagrama no qual cada intervalo R-R é plotado contra o intervalo R-R prévio. Para a extração dos dados obtidos pelo método em questão, foi utilizada como padrão de análise nesse estudo, a reta de identidade com o percentil em ± 10 ms, retirando assim, a marcação para a regressão. Nesta análise, foram empregados os índices “número de pontos”, centróide, desvio vertical (SD1), desvio horizontal (SD2), razão entre desvio vertical pelo horizontal (SD1/SD2), área da elipse (AE) e coeficiente de correlação (CC).

As variáveis, desvio horizontal (SD2), área da elipse (AE) e coeficiente de correlação (CC) expressam o grau de modulação global da variabilidade da frequência cardíaca. O desvio vertical, SD1, expressa a modulação vagal amostral. A razão entre desvio vertical pelo horizontal (SD1/SD2), expressa o balanço da função autonômica cardíaca durante o período de análise.

Na recuperação após o esforço (5 minutos) a função autonômica cardíaca também foi avaliada pelo método da variabilidade da frequência cardíaca. Esta avaliação ocorreu somente por meio das análises no domínio tempo-frequencial e pelo mapa de Poincaré. Nesses métodos, as variáveis utilizadas foram às mesmas utilizadas na condição basal de repouso supino e ortostático como descrito anteriormente.

1.6 - CARACTERIZAÇÃO DA CAPACIDADE FÍSICA POR MEIO DO TESTE CARDIOPULMONAR

Para induzir estas variações fisiológicas associadas ao esforço físico de forma controlada, optou-se por realizar o teste de esforço cardiopulmonar. O ergômetro utilizado foi uma esteira rolante (INBRASPORT - ATL), acoplada ao analisador de gases com análise metabólica dos gases expirados em circuito aberto, disponível no Laboratório de Fisiologia do Exercício da Faculdade de Educação Física da Universidade de Brasília.

Para a análise metabólica dos gases expirados em circuito aberto, foi utilizado um coletor de gases acoplado a máscara que envolvia a boca e o nariz do indivíduo testado, que por sua vez foi ligado ao analisador de gases (CORTEX – Metsoft- Biophysik, Leipzig, Germany) calorímetro indireto portátil. Todo o sistema estava sob o controle de um micro processador onde as informações foram repassadas respiração a respiração ao *software* para decodificação dos dados. A validade do calorímetro portátil foi

determinada nos estudos realizados tendo sido considerado o sistema produtor de dados válidos (MEYER *e cols.*, 2005). Após a adaptação do voluntário a máscara que envolvia a boca e o nariz e ao ergômetro, era realizado o registro das variáveis em repouso, na postura ortostática por dois minutos. Após os dois minutos em repouso, procedeu ao início do teste, que iniciava com a velocidade de 4 km/h e inclinação fixa de 2,5%. O incremento de carga (velocidade) foi de acordo com o método de rampa ou protocolo de Harbor, citado por WASSERMAN (1987), até atingir os critérios de interrupção de teste máximo, conforme rotina do Laboratório de Fisiologia do Exercício. A razão de incremento da velocidade durante o teste foi de 0,75 km/h por minuto. O teste de esforço máximo era interrompido quando o voluntário atingia pelo menos três dos critérios a seguir: quociente respiratório (QR) ≥ 1.1 , pontuação na escala de BORG ≥ 17 (amplitude 6 – 20), manutenção da frequência cardíaca com o aumento da carga de trabalho, o platô do consumo de oxigênio (VO₂) com o aumento da carga de trabalho e a ocorrência de fadiga voluntária (ACSM, 2010).

As variáveis cardiopulmonares como o consumo de oxigênio (VO₂), produção de dióxido de carbono (VCO₂) e quociente respiratório (QR) foram calculados pelas trocas gasosas e expressos em STPD (*Standard Temperature, Pressure and Dry*). A ventilação foi expressa em BTPS (*Body Temperature, ambient Pressure, Saturated*) onde o volume ventilatório foi obtido por medida transdutora, usada para medir o diferencial de pressão instantaneamente. Foi realizado o acompanhamento eletrocardiográfico contínuo (CM5) e registro contínuo da frequência cardíaca por meio do frequencímetro POLAR[®] RS800CX, conforme previamente padronizado (PORTO e JUNQUEIRA JR, 2009).

Dentre as diversas variáveis extraídas da análise cardiopulmonar durante o procedimento experimental, duas variáveis foram utilizadas para caracterizar a

amostra: o máximo consumo de oxigênio alcançado (VO_2pico) e o pulso de oxigênio máximo (VO_2/FC), obtidos durante a prova de esforço.

O pulso de oxigênio (VO_2/FC) era calculado pela divisão do VO_2 pela frequência cardíaca simultaneamente medida. Ela depende do volume de oxigênio (O_2) extraído pelos tecidos periféricos e do volume de O_2 absorvido pelo sangue pulmonar durante o período da batida do coração. Esta medida é útil porque ela iguala o produto do volume de ejeção e a diferença de O_2 arteriovenosa (WHIPP *et cols.*, 1984).

Ainda durante o teste cardiopulmonar, com vistas à caracterização amostral, foi obtido um importante índice fisiológico: o limiar anaeróbio. Wasserman e McIlroy, em seu estudo clássico no ano de 1964, determinam que o limiar anaeróbio ou primeiro limiar anaeróbio obtido durante o procedimento incremental deve levar em consideração a análise gráfica do combinado de três variáveis cardiopulmonares, a saber:

- Aumento do equivalente respiratório de oxigênio (VE/VO_2) sem concomitante aumento do equivalente de dióxido de carbono (VE/VCO_2) em função da intensidade de esforço;
- Aumento exponencial da ventilação minuto em função da carga de exercício - momento do ponto de inflexão da curva
- Aumento exponencial da produção de dióxido de carbono.

O limiar aqui determinado tinha como objetivo apenas compor a descrição das características amostrais do grupo de participantes desse estudo quanto à resposta fisiológica desencadeada agudamente durante esforço físico progressivo.

1.7- CARACTERIZAÇÃO DA FREQUÊNCIA CARDÍACA DE RECUPERAÇÃO

A frequência cardíaca de recuperação foi determinada após os voluntários atingirem os critérios de interrupção estabelecidos para o teste cardiopulmonar (ACSM, 2010). Após o término da primeira parte do protocolo experimental (prova de esforço incremental), se iniciava a segunda parte do protocolo, a recuperação propriamente dita. Conforme previamente citado, a recuperação era composta de um período total de tempo de 5 minutos, no qual era reduzida a velocidade da esteira rolante para 2,4km/h com a manutenção da inclinação em 2,5%, conforme o método descrito por COLE *e cols.*, 2000.

Durante toda a recuperação os participantes permaneciam na posição ortostática. A frequência cardíaca de recuperação (FCR) foi monitorada ao longo dos 5 minutos de recuperação, minuto a minuto. Para a obtenção da FCR utilizou-se da subtração do valor da FC no primeiro (FCR1), terceiro (FCR3) e quinto minuto (FCR5) de recuperação da FC máxima obtida no teste cardiopulmonar (EVRENGUL *e cols.*, 2006).

Para a realização dos registros da FCR foram adotados os registros dos valores absolutos e relativos do decremento cronotrópico durante a fase de recuperação. As medidas utilizadas no presente estudo demonstram boa reprodutibilidade após o teste de esforço máximo e submáximo (TULUMEN *e cols.*, 2011; BUCHHEIT *e cols.*, 2007).

1.8 - PROTOCOLO EXPERIMENTAL

O protocolo experimental utilizado no estudo foi dividido em três etapas. As etapas podem ser caracterizadas como: basal, esforço e recuperação após o esforço.

Desta forma, uma vez selecionados os voluntários, eles assinavam o termo de consentimento livre e esclarecido, e seguiam para proceder às 3 etapas do protocolo experimental detalhadas abaixo e ilustrada na FIGURA 3

Avaliação nº 1:

- Assinatura do termo de consentimento livre e esclarecido
- Anamnese clínica e histórico de estilo de vida
- Aplicação de questionário de estratificação de risco cardiovascular
- Eletrocardiograma de repouso
- Medida de massa corporal
- Medida de altura
- Caracterização das variáveis funcionais de repouso (FC, PA e FR)
- Realização dos testes de função autonômica cardíaca de repouso

Avaliação nº 2:

- Realização do teste cardiopulmonar
 - Caracterização das variáveis cardiopulmonares na condição de repouso
 - Caracterização do limiar anaeróbio

- Caracterização das variáveis cardiopulmonares na condição de esforço máximo

Avaliação nº 3:

- Realização da recuperação após teste cardiopulmonar
- Caracterização dos testes de função autonômica cardíaca durante a recuperação
- Caracterização da frequência cardíaca de recuperação após o esforço

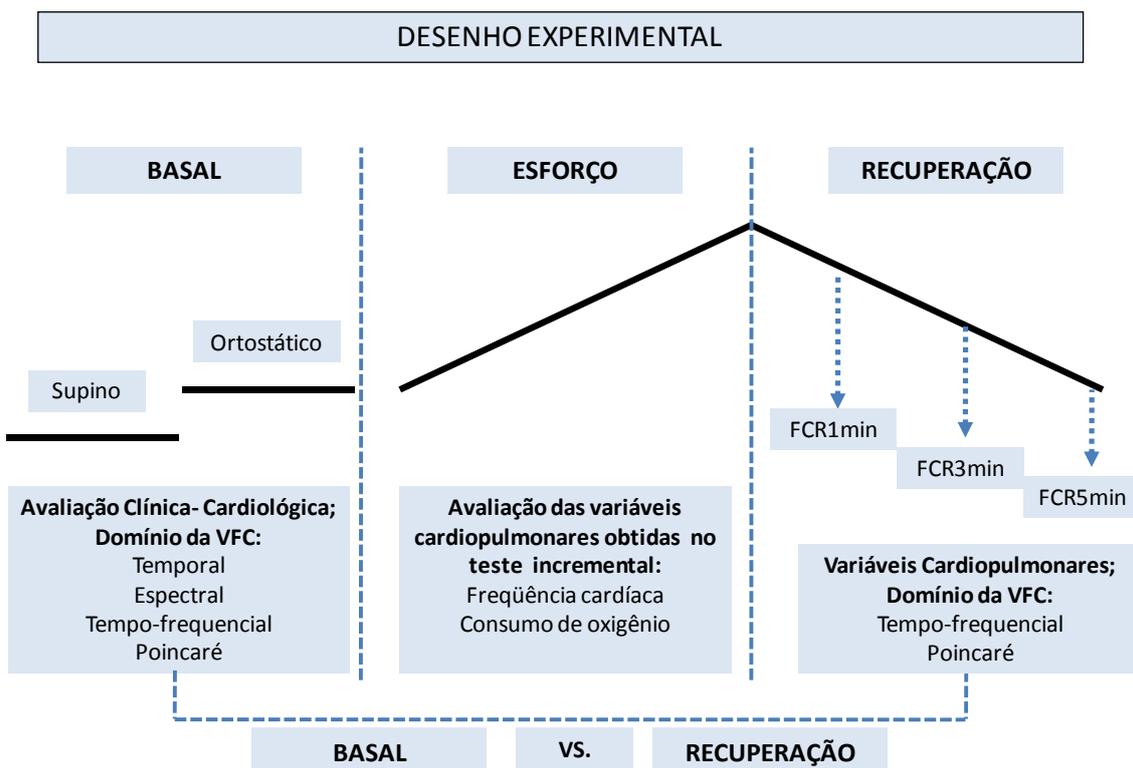


FIGURA 3: Esquema ilustrativo do desenho experimental

1.9 - PROCEDIMENTO ESTATÍSTICO

Previamente as variáveis foram testadas quanto à normalidade ou não da sua distribuição amostral por meio do teste de Kolmogorov-Smirnov e o de Shapiro-Wilk, tendo este último revelado um número maior de distribuições não-normais.

A estatística descritiva considerou a média, desvio padrão e extremos. Tendo em vista que a maioria dos dados demonstrou condição não normal, consideramos uniformemente para efeito de análise de interpretação dos dados a mediana e quartis.

Na abordagem inicial, onde se realizou a caracterização da FC, do consumo de Oxigênio e do *status* autonômico nas condições de repouso, durante o esforço e na recuperação ativa após o esforço de forma pareada, empregou-se o teste de Wilcoxon e o teste de Friedman, com teste *post hoc* de *Dunn*, quando aplicável. Empregou-se ainda a correlação de *Spearman* quanto da análise de associação entre as diferentes variáveis estudadas.

As diferenças entre as diversas comparações instituídas foram consideradas estatisticamente significativas quando as probabilidades bi-caudais das suas ocorrências devidas ao acaso (erro do tipo I) foram menores ou iguais a 5% ($p \leq 0,05$). Considerou ainda essas diferenças como tendência estatística ou significância marginal quando $0,05 < p < 0,10$. O processamento estatístico dos dados foi feito utilizando-se os programas *Microsoft Excel* e *Statistical Package Social Sciences (SPSS 13.0)* e *GraphPad Prism 7 for Windows*.

RESULTADOS

Os resultados serão apresentados em sete grandes blocos, conforme o tipo de variável e de análise instituídos.

Inicialmente serão apresentados os dados relativos às características amostrais da frequência cardíaca e do consumo de oxigênio em diferentes condições funcionais como o repouso (basal), previamente ao esforço, durante o esforço e na recuperação após o esforço. Nesse primeiro bloco serão considerados:

- Descrição amostral do comportamento da frequência cardíaca e do consumo de oxigênio na condição basal de repouso, previamente ao esforço e na recuperação pós-esforço

No segundo bloco serão apresentados os dados relativos às variáveis de caracterização da modulação autonômica cardíaca no repouso basal, na mudança postural ativa (posição supina para a posição ortostática) e na recuperação após o esforço. Ainda nesse bloco, foram realizadas as análises seriadas entre as diferentes condições funcionais observadas. Desta forma, nesse bloco serão considerados:

- Comportamento e análise comparativa da variabilidade da frequência cardíaca por meio dos índices temporais, espectrais, tempo-frequenciais e Poincaré durante 5 minutos na posição supina e na posição ortostática
- Análise comparativa da variabilidade da frequência cardíaca por meio dos índices tempo-frequenciais e Poincaré durante 5 minutos na posição ortostática e na recuperação após o esforço (posição ortostática)

No terceiro bloco da série de dados serão apresentados os valores derivados das correlações entre a modulação autonômica cardíaca basal nas posturas supina e ortostática com a frequência cardíaca e o consumo de oxigênio em diferentes condições funcionais. Desta forma, nesse bloco serão considerados:

- Correlação entre a variável frequência cardíaca e consumo de oxigênio durante o repouso, durante o esforço e no pico do esforço, com as variáveis da variabilidade da frequência cardíaca obtida pelos métodos temporal, espectral, tempo-frequencial e Poincaré, nas posições supina e ortostática.

No quarto bloco serão apresentados os valores derivados das correlações entre a frequência cardíaca de recuperação absoluta e relativa (decremento cronotrópico) após o esforço, com o variável consumo de oxigênio e frequência cardíaca na condição basal e durante o esforço e no pico do esforço. Desta forma, nesse bloco serão considerados:

- Correlação entre a variável frequência cardíaca e consumo de oxigênio durante o repouso, durante o esforço e no pico do esforço, com a frequência cardíaca de recuperação, absoluta e relativa

No quinto bloco serão descritos a dinâmica da relação (correlação) entre a frequência cardíaca de recuperação (decremento cronotrópico após o esforço) com a modulação autonômica cardíaca na condição basal de repouso em ambas as posições (supina e ortostática). Desta forma, nesse bloco serão considerados:

- Correlação entre a frequência cardíaca de recuperação (grau de decremento cronotrópico) absoluta e relativa após o esforço, com a variabilidade da frequência cardíaca obtida pelos métodos temporal, espectral, tempo-frequencial e Poincaré, na posição supina e ortostática

No sexto bloco serão apresentados os resultados da dinâmica da relação (correlação) entre a frequência cardíaca de recuperação (decremento cronotrópico após o esforço) absoluta e relativa, com a variação absoluta e relativa da variabilidade da frequência cardíaca na mudança de decúbito da posição supina para a posição ortostática, obtidas na condição basal. Desta forma, nesse bloco serão considerados:

- Correlação entre a frequência cardíaca de recuperação (grau de decremento cronotrópico) absoluta e relativa após o esforço com a variação da posição supina para a ortostática da variabilidade da frequência cardíaca obtidas pelo método temporal, espectral, tempo-frequencial e Poincaré.

Finalmente, no sétimo e último bloco dos resultados serão apresentados as correlações entre a frequência cardíaca de recuperação (decremento cronotrópico após o esforço) com a modulação autonômica cardíaca durante o período de recuperação. Aqui serão apresentados os dados de:

- Correlação entre os diversos índices tempo-frequenciais e do mapa de Poincaré obtidos durante a recuperação após o esforço com a frequência cardíaca de recuperação (decremento cronotrópico) absoluta e relativa após o esforço

Em todos os dados a serem apresentados empregou-se indicação textual dos valores de medida de centro, valores medianos e medidas de dispersão como: valores extremos inferiores (Mín) – superiores (Máx) e quartis inferiores (Qtl Inf) – superiores (Qtl Sup), com a complementação da estatística descritiva expressa em tabelas (TABELA 3 a 42). Nas tabelas constam demais medidas de tendência central e dispersão, como média e desvio padrão, bem como o nível de significância das comparações instituídas.

Nas análises de associação (correlação) empregou-se indicação textual dos valores obtidos na correlação, bem como o nível de significância das correlações. Nos casos onde se julgou necessário qualquer tipo de destaque, será apresentado gráfico e/ou figura específica. A figura abaixo ilustra a seqüência de apresentação dos resultados.

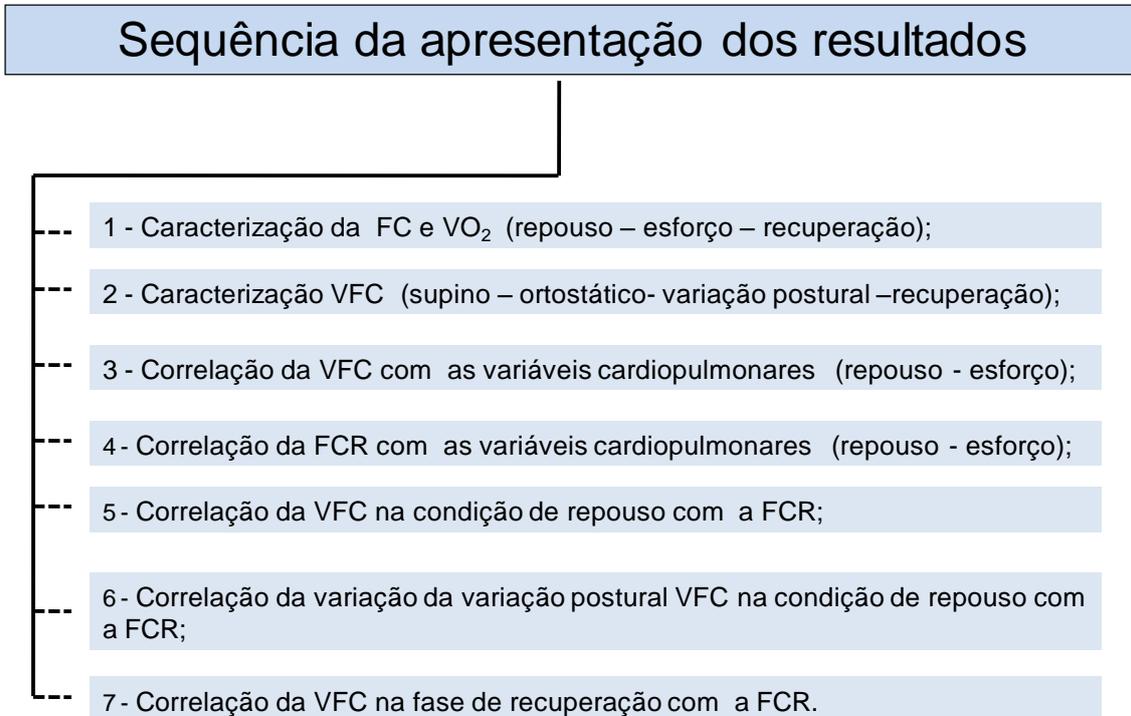


FIGURA 4: Esquematização da apresentação dos resultados

1. Frequência cardíaca, decremento cronotrópico e consumo de oxigênio em diferentes condições funcionais.

1.1. Frequência cardíaca previamente ao esforço e nas posições supina e ortostática e durante o esforço

Na Tabela 3, estão descritos os valores amostrais da frequência cardíaca (FC) na condição basal de repouso supino e ortostático, previamente ao teste cardiopulmonar, no limiar anaeróbio (LV1), e no pico do esforço. Por fim, durante os cinco minutos da fase de recuperação após o teste cardiopulmonar.

Verificou-se diferença significativa ($p=0,0001$) da FC basal na posição supina comparativamente a FC basal na posição ortostática. O valor mediano e o espaço interquartil observado no supino foi 58 (52 - 65) bpm enquanto que durante a posição ortostática foi de 75 (72 - 82) bpm.

Na sequência, ao proceder ao teste cardiopulmonar, observa-se o valor mediano da FC registrado no início do teste de 78 (68 - 87) bpm. Ao proceder ao teste incremental observou-se o aumento da resposta cronotrópica em função da demanda metabólica. Verificaram-se diferenças significativas entre a FC inicial com a FC obtida no LV1 ($p<0,01$), FC inicial com a FC pico ($p<0,01$) e entre a FC obtida no LV1 com a FC pico ($p<0,01$).

1.2 - Decremento cronotrópico durante a recuperação após o teste de esforço físico

Como observado na Tabela 3, o registro do decremento cronotrópico em relação à FC pico obtida no teste cardiopulmonar ocorreu a cada minuto de recuperação. Não foram encontradas diferenças do decremento da FC R1 com a FC R2 e FC R2 com a FC R3 ($P>0,05$). Entretanto, para as demais combinações, entre os diversos registros dos decrementos da FC foram observadas diferenças significativas ($P<0,01$) e para o decremento da FC R3 com a FC R4 ao nível de 5%.

1.3- Consumo de oxigênio previamente, durante e após o teste de esforço físico.

Na Tabela 4, estão descritos os valores amostrais do consumo do oxigênio nas condições: inicial, no limiar anaeróbio (LV1), no pico do esforço e por fim, na recuperação após o teste cardiopulmonar.

Como observado na Tabela 4 comparativamente a Tabela 3 a dinâmica do comportamento do consumo de oxigênio comportou-se de forma semelhante a dinâmica da FC nas diferentes condições funcionais durante todo o procedimento de esforço.

Na Tabela 4, verificou elevado consumo de oxigênio no LV1 e no pico do esforço, compatível com a condição clínica dos voluntários. Os registros foram 29,7 (25,9 - 32,5) ml/kg.min^{-1} e 54,5 (49,2 - 59,7) ml/kg.min^{-1} , respectivamente.

Ao proceder à análise comparativa entre os momentos funcionais durante o teste de esforço, verificou-se que houve diferença do consumo de oxigênio medido no início de teste comparativamente ao consumo medido no limiar anaeróbio1 ($P<0,01$) e do consumo medido no início do teste comparativamente ao obtido no pico do esforço

($P < 0,01$). Verificou-se, também a diferença significativa ($P < 0,01$) do limiar anaeróbio 1 comparativa ao pico do esforço.

Durante a recuperação não foi observada diferença entre o consumo de oxigênio registrado no primeiro minuto com o segundo minuto de recuperação ($p > 0,05$). Contudo, para as demais análises combinatórias do consumo de oxigênio, nos diferentes minutos de recuperação, verificou diferença significativa ($p < 0,05$) conforme descrito na TABELA 4.

Nas figuras 5 e 6 estão descritos o comportamento da FC e do consumo de oxigênio em todos os momentos funcionais durante o procedimento experimental. Observam-se o similar comportamento da FC e consumo de oxigênio com destaque para a recuperação de ambas as variáveis. Como demonstrado, tanto a variável FC quanto a variável consumo de oxigênio apresentaram queda rápida dos seus valores até o terceiro minuto de recuperação. Após o terceiro minuto de recuperação, observa-se estabilização da FC e do consumo de oxigênio acima dos valores registrados no repouso.

TABELA 3. Estatística descritiva amostral (n=31 indivíduos) da frequência cardíaca (FC) na condição basal de repouso, previamente ao esforço e durante e após o esforço na recuperação ativa.

	FC Basal		FC Durante o Esforço			FC na Recuperação Ativa				
	SUP	ORT	I	LV1	Pico	R1	R2	R3	R4	R5
Média	58,6	76,7	78,4	130,6	191,1	165,2	142	130,8	125,1	123,2
DP	8,6	10,1	10,6	13,9	6,9	11	11	12	11,4	11,1
Máx	86	102	99	168	203	185	168	154	148	149
Qtl Sup	65	82	87	138	197	173	151	138	133	132
Mediana	58	75	78	130	191	168	143	130	124	124
Qtl Inf	52	72	68	120	186	156	132	123	119	116
Mín	43	82	61	114	180	140	115	107	99	101
p*	0,0001									
p**			0,0001			0,0001				
p***			I vs LV1: p<0,01 I vs Pico: p<0,01 LV1 vs Pico: p<0,01			R1 vs R3: p<0,01 R1 vs R4: p<0,01 R1 vs R5: p<0,01 R2 vs R4: p<0,01 R2 vs R5: p<0,01 R3 vs R4: p<0,05 R3 vs R5: p<0,01				

DP: Desvio padrão; Máx: Valor amostral máximo; Qtl Sup: Quartil superior; Qtl Inf: Quartil inferior; Mín: valor amostral mínimo; SUP: Supino; ORT: Ortostático; I: imediatamente antes do esforço na posição ortostática; LV1: primeiro limiar anaeróbio; Pico: esforço máximo; R1 a R5: recuperação no primeiro ao quinto minuto; p : teste de Wilcoxon; p**: teste de Friedman; p***: *post hoc* Dunn

TABELA 4. Estatística descritiva amostral (n=31 indivíduos) do consumo de oxigênio (VO₂), previamente ao esforço e durante e após o esforço na recuperação ativa

	VO ₂ Durante o Esforço			VO ₂ na Recuperação Ativa				
	I	LV1	Pico	R1	R2	R3	R4	R5
Média	7,15	29,8	54,7	38,1	24,5	20,5	19	18,9
DP	2,2	5,41	6,2	5,3	3,54	2,9	2,4	2,4
Máx	11,5	43,8	68,8	48,5	33,3	25,5	23,3	24,5
Qlt Sup	8,9	32,5	59,7	43,1	27,6	22,1	21	20,1
Mediana	7	29,7	54,5	37,3	24	20,5	19,1	18,6
Qlt Inf	5,9	25,9	49,2	34,1	21,6	18,2	17,1	17,2
Mín	3,6	20,7	46,3	29,8	18,9	14,3	14,9	13
p*	0,0001			0,0001				
p**	I vs LV1: p<0,01 I vs Max: p<0,01 LV1 vs Max: p<0,01			R1 vs R3: p<0,01 R1 vs R4: p<0,01 R1 vs R5: p<0,01 R2 vs R3: p<0,05 R2 vs R4: p<0,01 R2 vs R5: P<0,01 R3 vs R5: P<0,01				

I: consumo de oxigênio obtido previamente ao esforço na posição ortostático, Demais abreviaturas como na TABELA 1-A p*: teste de Friedman; p**: *post hoc* Dunn

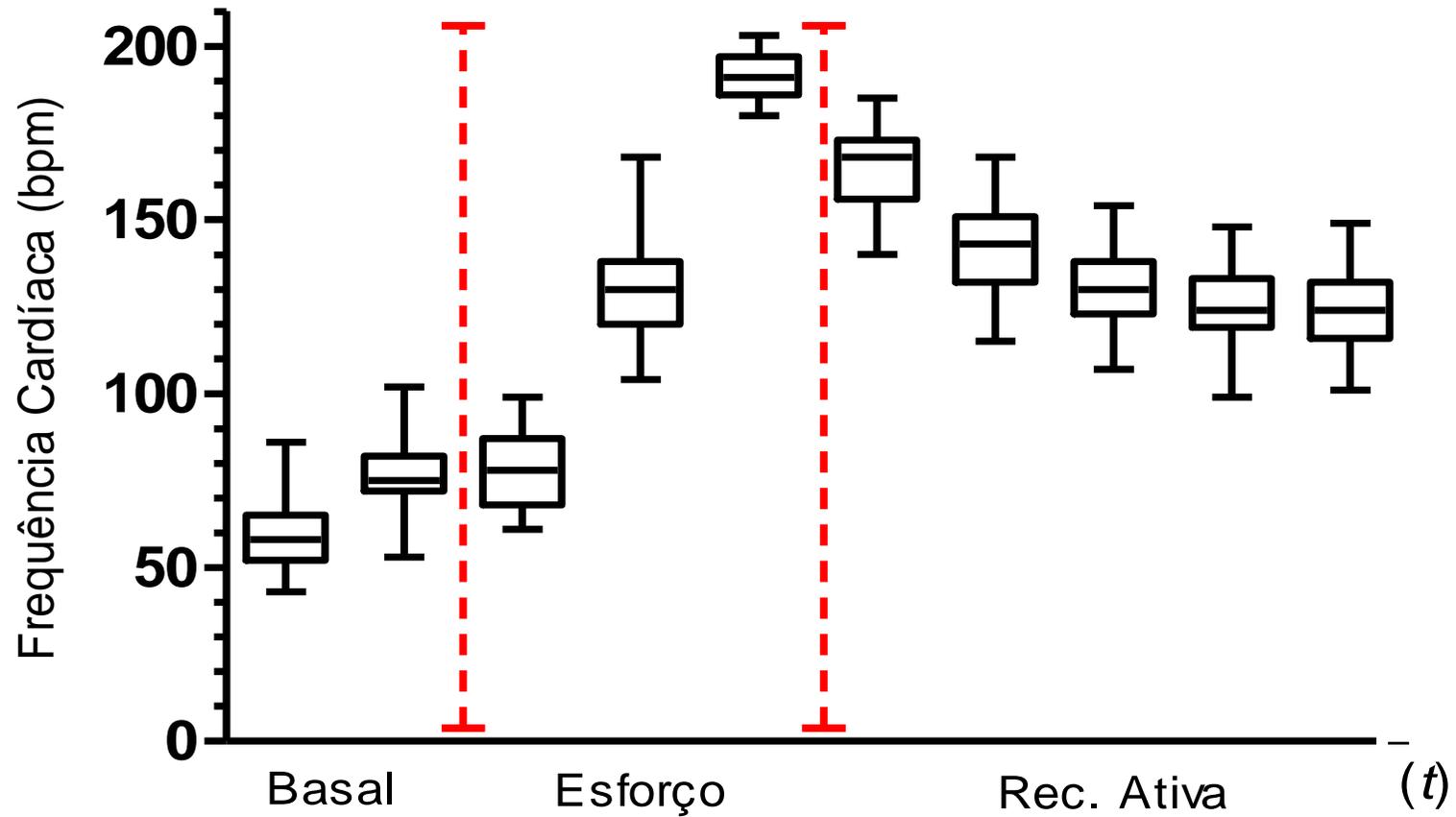


FIGURA 5 - Comportamento da frequência cardíaca (FC) na condição basal de repouso, durante o esforço e na recuperação (n=31 indivíduos), estão indicados a mediana, quartis superior e inferior, e os valores extremos, A comparação estatística está indicada na Tabela 3

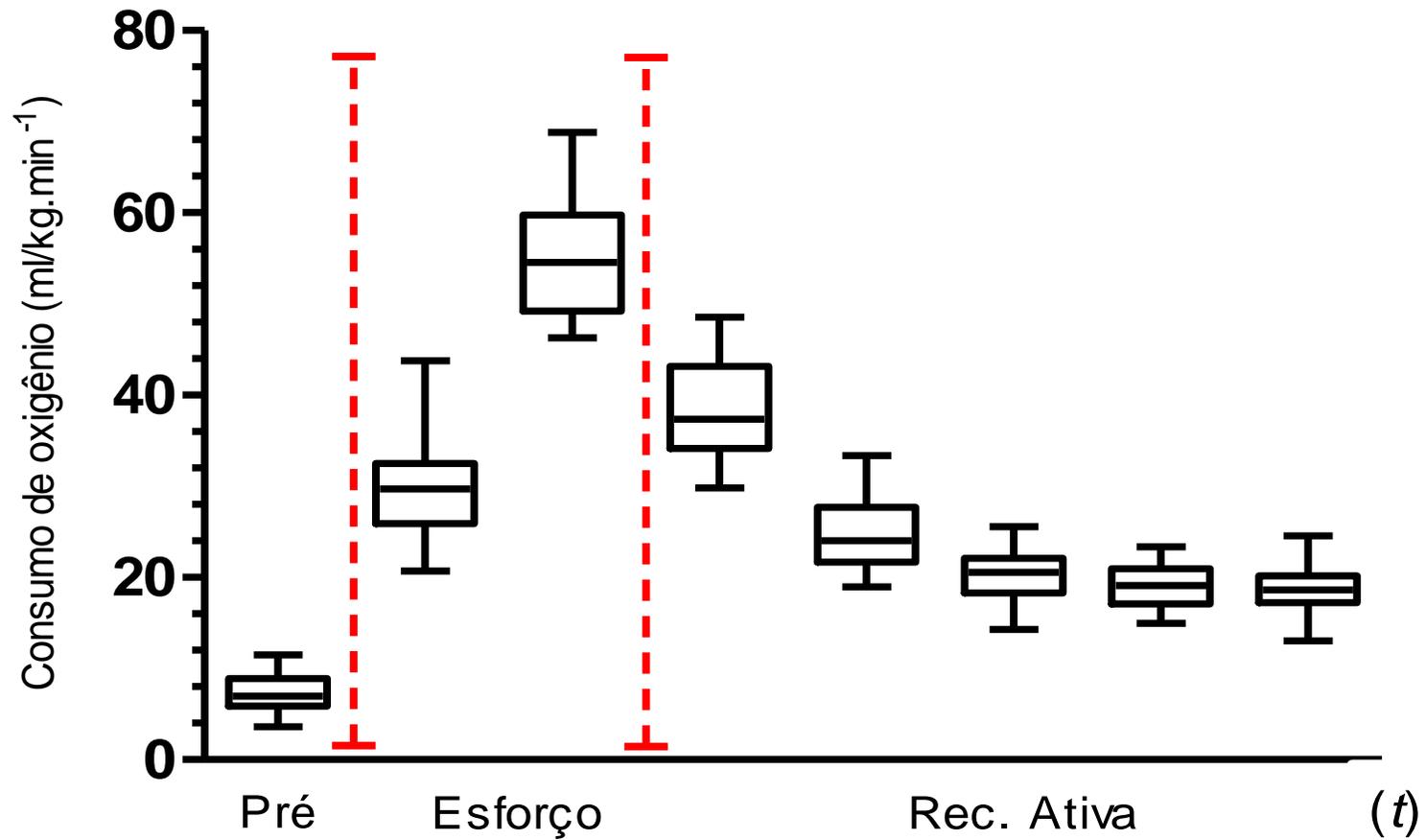


FIGURA 6 Comportamento do consumo de oxigênio (VO₂), na condição basal, durante o esforço e na recuperação (n=31 indivíduos), estão indicados a mediana, quartis superior e inferior, e os valores extremos, A comparação estatística está indicada na Tabela 4

2. Modulação autonômica cardíaca no repouso e durante o período de recuperação após o exercício

2.1. Variabilidade basal da frequência cardíaca no domínio do tempo, nas condições de repouso supino e ortostático

Na Tabela 5 estão descritos os valores amostrais dos índices temporais da variabilidade da frequência cardíaca durante 5 minutos nas posições supina e ortostática no período basal, previamente ao esforço.

As descrições a seguir, traduzem os ajustes autonômicos por meio da variabilidade da frequência cardíaca em dois momentos funcionais diferentes, na posição supina e no estresse ortostático.

Verificou-se que o número de intervalos iRR, média dos intervalos iRR, desvio padrão, coeficiente de variação, pNN50 e o rMSSD apresentaram diferenças significativas entre as posições supina e ortostática ($P < 0,03 - 0,000$).

Na postura ortostática a média dos iRR mostrou redução percentual e o coeficiente de variação elevação percentual.

A média dos iRR após a mudança de posição, apresentou taquicardia na postura ortostática 785 (744,8 – 868,5) ms. A variação percentual da mudança de decúbito para o desvio padrão foi -11,6 (-22,7 – 0,7) ms.

Por outro lado, os marcadores da atividade vagal no domínio do tempo mostram redução com a mudança de postural. Observou-se, redução mediana de -93,2 (-96,2; -67,2) % do pNN50 e -52 (-65,8; -41,7) ms do rMSSD, ambas as reduções foram significativas ($p=0,000$).

2.2. Variabilidade basal da frequência cardíaca no domínio espectral, nas condições de repouso supino e ortostático

Nas Tabelas 6-A e 6-B estão descritas as diversas variáveis da variabilidade da frequência cardíaca no domínio espectral, nas condições de repouso supino e ortostático.

Observa-se que a área total da amostra durante a posição supina registrou valores medianos de 357 (251,7 – 601,1) ms². Após a mudança de decúbito, posição supina para a posição ortostática, verificou-se redução mediana da área total em -9,9 (-44,4; -13,4) %, sendo significativa a mudança de decúbito (p=0,000) na amostra.

Os marcadores da modulação parassimpática no domínio espectral comportaram-se semelhante à área total. As áreas absoluta, relativa e normalizada de alta frequência reduziram suas modulações durante o estresse ortostático. As reduções medianas foram: -73,1 (-86,9; -29,3) % para a área absoluta, -64,4 (-75,6; -52,7) % para a área relativa e -59,3 (-67,7; -36,7) % para a área normalizada de alta frequência.

Por outro lado, o marcador da atividade simpato-vagal no domínio espectral, como a área de baixa frequência, comportou-se diferentemente das variáveis acima citadas. Verificou-se o aumento absoluto e relativo das áreas de baixa frequência. A área absoluta de baixa frequência, após a mudança de decúbito, apresentou o aumento mediano de 56,6 (-23,4 – 111,8) ms², apesar de não apresentar diferença significativa (p=0.378) na modulação. Entretanto, as áreas relativa e normalizada de baixa frequência apresentaram o aumento significativo (P < 0,002 – 0,000). O valor mediano registrado foi 28,6 (-16,4 – 73,1) % e 40 (23,8 – 117,1) na mudança de decúbito, para as áreas relativa e normalizada de baixa frequência, respectivamente.

O balanço autonômico cardíaco amostral durante a posição supina foi compatível com a predominância da vagotônica, os valores medianos registrados foram 0.70 (0,46 – 1,6), contudo destaca-se a tendência da amostral a um estado de modulação anfetônica.

Durante o estresse ortostático, houve a inversão do balanço autonômico cardíaco. Verificou-se o aumento mediano de 217,7 (110,1 – 886,1) do balanço autonômico ($p=0,000$), passando de vagotônica e/ou anfetônia para a predominância da simpaticotônia nessa condição funcional. (Tabela 5-B).

2.3. Variabilidade basal da frequência cardíaca no domínio tempo-frequencial nas condições de repouso supino e ortostático e no período de recuperação ativa na postura ortostática

Na Tabela 7, estão descritos os valores amostrais dos índices tempo-frequenciais da variabilidade da frequência cardíaca durante o registro de 5 minutos.

As descrições a seguir, traduzem os ajustes autonômicos por meio da variabilidade da frequência cardíaca em dois momentos funcionais diferentes, na posição supina, no estresse ortostático.

A variável Grau, que expressa a magnitude da modulação autonomia cardíaca global apresentou redução significativa ($P<0,03$) na mudança da posição supina para a ortostática. Verificou-se redução mediana de 25,3 (-41,9; 16,3) ms^2 .

Por outro lado, observou-se o aumento mediano de 575 (178,1 – 1060) % da variável natureza em função da mudança de decúbito. No mesmo sentido, a área razão >1 , variável que demonstra a atividade simpática, aumentou em valores medianos de 1325,8 (330,3 – 3795,4) s o tempo de atividade simpática durante o estresse ortostático

($p=0,001$). Em outra direção, a variável área razão <1 que demonstra a atividade vagal ao longo do tempo, apresentou redução percentual significativa ($p=0,000$) no ortostatismo após o esforço com valores medianos registrados de $-95,5$ ($-100; -69,5$) %.

Na Tabela 8, ao analisar o comportamento da variável Grau nos dois momentos funcionais diferentes, posição ortostática previamente ao esforço e posição ortostática após o esforço, verificou-se a diferença entre os dois momentos funcionais ($p=0,01$) com o aumento mediano da magnitude de modulação da função autonômica em 88 ($-179; 166,1$) %.

O sentido desta comparação foi verificar se o *status* autonômico cardíaco durante o esforço mostra-se diferente da condição basal, ambos na postura ortostática.

Nessa condição funcional, verificou-se o aumento dos marcadores do balanço autonômico cardíaco e da atividade simpática. Os registros medianos foram: $464,7$ ($148 - 839$) para o balanço autonômico e $336,8$ ($183,5 - 1471$) s para o marcador da atividade simpática ao longo do tempo.

Com relação ao marcador vagal, verificou-se redução ($p=0,0001$) na comparação dos dois momentos funcionais, os valor mediano registrado foi -100 ($-100; -100$) s.

Por outro lado, o coeficiente de variação não apresentou diferença significativa ($p=0,83$) entre os dois momentos funcionais avaliados $-0,4$ ($-14,9; 30$) %.

2.4. Variabilidade basal da frequência cardíaca no mapa de Poincaré nas condições de repouso supino e ortostático e no período de recuperação ativa na postura ortostática

Nas Tabelas 9 e 10 estão descritos os diversos índices da variabilidade da frequência cardíaca no mapa de Poincaré, nas condições de repouso supino e estresse ortostático previamente ao esforço e na recuperação após o esforço.

Durante o estresse ortostático basal, os marcadores da atividade vagal, do balanço autonômico e da magnitude de modulação global reduziram significativamente ($P < 0,00$) em relação à posição supina. Verificou redução mediana do SD1 em -52 (-65,8; -41,7), redução mediana SD1/SD2 em -54,1 (-64,2; -45,1) e da área da elipse em -109,7 (-294,8; -48,2) ms^2 .

Na tabela 10, estão descritos os ajustes autonômicos por meio da variabilidade da frequência cardíaca na condição ortostática basal comparativamente a posição ortostática na fase de recuperação após o exercício.

Observa-se que a comparação entre os dois momentos funcionais, o marcador SD2, marcador da atividade global, apresentaram o aumento relativo significativo ($p = 0,0001$) de 53,3 (10,8 – 83,5) %, apesar da redução da variável centróide na postura ortostática durante a fase de recuperação em relação a postura ortostática na condição basal -45 (-51,1; -40,7) ms.

Ao final da apresentação dos dados deste subitem, incluíram-se as **Figuras 7 a 10** que ilustram as séries temporais, espectrais, tempo-frequenciais e o mapa de Poincaré obtidos por meio do aplicativo ECGLAB. São demonstrados os comportamentos de um voluntário (FRD) nas três situações de análise da VFC, repouso supino e ortostático e após o esforço na fase de recuperação.

TABELA 5. Estatística descritiva amostral (n=31 indivíduos) dos índices temporais da variabilidade da frequência cardíaca durante 5 minutos na posição supina basal e na posição ortostática, no período previamente ao esforço

	Número de IRR			Média (ms)			DP (ms)			CV (%)			pNN50 (%)			rMSSD (ms)		
	SUP	ORT	Δ%	SUP	ORT	Δ%	SUP	ORT	Δ%	SUP	ORT	Δ%	SUP	ORT	Δ%	SUP	ORT	Δ%
Média	284,3	379,3	34,1	1040,9	802	-24,4	49	43,6	-6,2	4,7	5,6	24,4	26,2	4,9	-75,4	45,8	21,1	-50,3
DP	33,8	48,8	15,4	141,1	92,9	7,8	14,9	12,9	31,3	1,4	1,7	42,3	19,4	7,8	41,3	19,4	9,8	22
Máx	352	510	57,9	1427	1062,4	-9	89,5	86,1	85,6	9,2	11,5	130,5	63,8	28,8	100	96,7	46,4	12,5
Qtl Sup	308	403	43,8	1162,2	868,5	-19,1	56,1	49,8	0,7	5,4	6,1	38,1	40,5	5,1	-67,2	59,8	25,3	-41,7
Mediana	286	380	36,7	1012,7	785	-25,1	49,9	43,7	-11,6	4,6	5,5	16,1	23,3	1,6	-93,2	44,4	20	-52
Qtl Inf	257	348	24	923	744,8	-27,9	39,4	17	-22,7	3,6	4,5	-1,6	10,2	0,5	-96,2	32,7	14,3	-65,8
Mín	211	279	-10,2	862,8	678,8	-38,1	24,7	30,6	-66,2	2,6	2,6	-47,8	0,3	0,00	-100	16,1	4,53	-84,5
P*	0,000			0,000			0,03			0,005			0,000			0,000		

DP = Desvio padrão; Máx = Valor amostral máximo; Qtl = Quartil; Sup = superior; Inf = Quartil inferior; Mín = valor amostral mínimo; Δ% = diferenças percentuais entre a postura ortostática e supina; * = teste de Wilcoxon;

TABELA 6 – A. Estatística descritiva amostral (n=31 indivíduos) dos índices espectrais da variabilidade da frequência cardíaca durante 5 minutos na posição supina e ortostática ambas no período basal, previamente ao esforço

	Área Total (ms ²)			Área Abs BF (ms ²)			Área Abs AF (ms ²)			Razão BF / AF		
	SUP	ORT	Δ%	SUP	ORT	Δ%	SUP	ORT	Δ%	SUP	ORT	Δ%
Média	451,8	373,7	-1,07	159,5	162,8	76,2	167,8	43,1	-55,9	1,4	6,2	565,6
DP	295,3	239,4	60,9	222,6	124,4	134,1	125,9	49,5	40,9	2,3	4,5	807,8
Máx	1576	1225,2	180,4	1299,4	554,4	437,7	471,6	243,6	74,6	13,1	20,9	3417,2
Qtl Sup	601,1	423,7	13,4	177,5	204,7	111,8	189,4	47,6	-29,3	1,6	9,6	886,1
Mediana	357	322,3	-9,9	103,2	134,9	56,6	124,3	27,5	-73,1	0,7	5,3	217,7
Qtl Inf	251,7	247,9	-44,4	58,8	78,1	-23,4	93,6	13,4	-86,9	0,46	2,3	110,1
Mín	123,7	51,1	-87,1	35,3	6,5	-73,7	15,8	1,51	-92,1	0,10	0,55	16
P*	0,000			0,378			0,000			0,000		

Abs : absoluta; BF : baixa frequência; AF : alta frequência; DP : Desvio padrão; Máx : Valor amostral máximo; Qtl : Quartil; Sup : superior; Inf : inferior; Mín : valor amostral mínimo; Δ% : diferenças percentuais entre a postura ortostática e supina; * teste de Wilcoxon

TABELA 6 - B. Estatística descritiva amostral (n=31 indivíduos) dos índices espectrais da variabilidade da frequência cardíaca durante 5 minutos na posição supina e ortostática ambas no período basal, previamente ao esforço

	Área Rel BF (%)			Área Rel AF (%)			Área Nor BF			Área Nor AF		
	SUP	ORT	Δ%	SUP	ORT	Δ%	SUP	ORT	Δ%	SUP	ORT	Δ%
Média	32,3	43,2	56,3	38,5	10,8	-61,7	0,46	0,79	103,7	0,52	0,2	-54,9
DP	15,2	15,8	99,7	18	8,1	21,2	0,2	0,13	148,4	0,21	0,13	20,1
Máx	82,5	78,3	343,8	80,3	34,2	-22,2	0,93	0,95	600	0,91	0,65	-12,1
Qtl Sup	40,7	52,2	73,1	49,1	15,8	-52,7	0,62	0,9	117,1	0,68	0,31	-36,7
Mediana	32,9	42,8	28,6	42,1	7,7	-64,4	0,41	0,84	40	0,55	0,16	-59,3
Qtl Inf	21,1	33,5	-16,4	22,4	4,5	-75,6	0,32	0,69	23,8	0,33	0,10	-67,7
Mín	8,1	12,7	-42,3	6,3	2,5	-93,3	0,09	0,35	0,00	0,08	0,04	-89,6
P*	0,002			0,000			0,000			0,000		

Rel: relativo; BF: baixa frequência; AF: alta frequência; Nor: normalizada; DP: Desvio padrão; Máx: Valor amostral máximo; Qtl: Quartil; Sup: superior; Inf: inferior; Mín: valor amostral mínimo; Δ%: diferenças percentuais entre a postura ortostática e supina; * teste de Wilcoxon;

TABELA 7. Estatística descritiva amostral (n=31 indivíduos) dos índices tempo-frequenciais da variabilidade da frequência cardíaca durante 5 minutos na posição supina e ortostática ambas no período basal, previamente ao esforço

	GRAU			NATUREZA			Distribuição do Tempo						Variabilidade no tempo		
	(área espectral total. ms ²)			(razão BF/AF. mediana)			Área >1 (seg)			Área <1 (seg)			(CV da razão BF/AF. %)		
	SUP	ORT	Δ%	SUP	ORT	Δ%	SUP	ORT	Δ%	SUP	ORT	Δ%	SUP	ORT	Δ%
Média	398	318,4	-7,4	1,3	6,2	778	296,9	2134,0	12259,1	83,5	9,2	-80,5	88,6	96,9	10,4
DP	259,3	228,7	61,3	1,7	3,8	906,8	647,8	1523,3	47116,2	63,6	13,2	28,5	25,2	20	35,8
Máx	1334,6	1221,8	151,8	9,1	14,3	4855,2	3549,8	5338,0	261566,6	218,4	48,2	5,85	161,2	136,2	65,0
Qtl Sup	476,6	423,4	16,3	1,4	9,9	1060	260,7	3608,9	3795,4	119,6	16,1	-69,4	101,5	110,4	44,5
Mediana	340,9	250	-25,3	0,84	5,9	575	109,5	2101,6	1325,8	72,5	1,2	-95,5	82	95,3	7,2
Qtl Inf	213,1	178,1	-41,9	0,44	3	178,1	43,6	715,1	330,3	31,6	0,00	-100,0	71,2	82,3	-16,7
Mín	117,4	27,5	-84,4	0,17	.89	-16,0	0,00	97,7	-14,5	0,00	0,00	-100,0	57,8	78,9	-48,2
P*	0,034			0,000			0,000			0,000			0,04		

DP: Desvio padrão; Máx : Valor amostral máximo; Qtl : Quartil; Sup : superior; Inf : inferior; Mín : valor amostral mínimo; Δ% : diferenças percentuais entre a postura ortostática e supina; CV : coeficiente de variação; * : teste de Wilcoxon;

TABELA 8. Estatística descritiva amostral (n=31 indivíduos) dos índices tempo-frequenciais da variabilidade da frequência cardíaca durante 5 minutos nas posições ortostática basal e ortostática durante a recuperação ativa

	GRAU			NATUREZA			Distribuição do Tempo						Variabilidade no tempo		
	(área espectral total. ms ²)			(razão BF/AF. mediana)			Área >1 (seg)			Área <1 (seg)			(CV da razão BF/AF. %)		
	ORT _B	ORT _{RA}	Δ%	ORT _B	ORT _{RA}	Δ%	ORT _B	ORT _{RA}	Δ%	ORT _B	ORT _{RA}	Δ%	ORT _B	ORT _{RA}	Δ%
Média	318,4	457,8	158	6,2	30,1	681	2134,0	11214	1073	9,2	0,11	-72	96,9	99,9	7,53
DP	228,7	221,2	331,4	3,8	16	733,4	1523,3	6592	1401	13,2	0,40	44,1	20	24,2	34,2
Máx	1221,8	1006	1681,6	14,3	74,7	3340	5338,0	32682	6188	48,2	1,6	0	136,2	173,4	91,5
Qtl Sup	423,4	587,1	166,1	9,9	34,3	839	3608,9	14897	1471	16,1	0,00	0	110,4	108,1	30
Mediana	250	441,7	88	5,9	28,3	464,7	2101,6	10423	336,8	1,2	0,00	-100	95,3	94,7	-0,4
Qtl Inf	178,1	302,7	-179	3	18,2	148	715,1	6526	183,5	0,00	0,00	-100	82,3	83,9	-14,9
Mín	27,5	102,3	-83	0,89	6,1	-27	97,7	1298	-47,2	0,00	0,00	-100	78,9	64,6	-39,2
P*	0,01			0,0001			0,0001			0,0001			0,83		

ORT_B : ortostático basal; ORT_{RA} : ortostático recuperação ativa; DP : Desvio padrão; Máx : Valor amostral máximo; Qtl : Quartil; Sup : superior; Inf : inferior; Mín : valor amostral mínimo; Δ% : diferenças percentuais entre a postura ortostática e supina; CV : coeficiente de variação; ; teste de Wilcoxon;

TABELA 9. Estatística descritiva amostral (n=31 indivíduos) dos índices do Poincaré da variabilidade da frequência cardíaca durante 5 minutos na posição supina basal e na posição ortostática, no período previamente ao esforço

	Número de Pontos			Centróide (ms)			SD1			SD2			SD1/SD2			AE (ms ²)			CC		
	SUP	ORT	Δ%	SUP	ORT	Δ%	SUP	ORT	Δ%	SUP	ORT	Δ%	SUP	ORT	Δ%	SUP	ORT	Δ%	SUP	ORT	Δ%
Média	279,1	379,5	37,3	1040,7	782,3	-24	32,9	14,9	-50,6	60,9	59,7	4,6	0,54	0,26	-47,1	6795	2950	-750,8	0,53	0,87	189,9
DP	36,3	47,65	19,3	141,1	94,4	7,3	14,4	6,9	22	19,4	17,7	38,4	0,20	0,14	34,7	4697	2094	3054,4	0,24	0,08	472,2
Máx	328	509	110,2	1427	1062	-9,0	68,5	32,9	12,4	118,9	119,6	101	1,0	0,9	113	21304	8812	55,7	0,91	0,96	2433,
Qtl Sup	307	402	50,9	1162	831,3	-19,	42,3	17,9	-41,7	71,9	67,6	9,24	0,63	0,29	-45,1	8324	3740	-48,2	0,71	0,93	113,3
Mediana	285	379	36,8	1012	769,5	-25	31,4	14,2	-52	60,5	58,2	-5,8	0,51	0,22	-54,1	5536	2693	-109,7	0,58	0,90	50,8
Qtl Inf	255	352	24,1	922,8	729,9	-28	23,6	10,1	-65,8	45,6	51,2	-16	0,40	0,17	-64,2	3593	1483	-294,8	0,42	0,84	21
Mín	187	278	7,9	862,7	589,8	-38	11,4	3,2	-84,5	31	23,9	-65	0,20	1,00	-83	1554	26,3	-1714	0,01	0,54	-10
P*	0,00			0,00			0,00			0,36			0,00			0,00			0,00		

AE: área da elipse; CC: coeficiente de correlação; DP = Desvio padrão; Máx = Valor amostral máximo; Qtl = Quartil; Sup = superior; Inf = inferior; Mín = valor amostral mínimo; Δ% = diferenças percentuais entre a postura ortostática e supina; = teste de Wilcoxon;

TABELA 10. Estatística descritiva amostral (n=31 indivíduos) dos índices tempo-frequenciais da variabilidade da frequência cardíaca durante 5 minutos na posição ortostática basal e ortostática na recuperação ativa

	Número de Pontos			Centróide (ms)			SD1			SD2			Razão SD1/SD2			ÁE (ms ²)			CC		
	ORT _B	ORT _{RA}	Δ%	ORT _B	ORT _{RA}	Δ%	ORT _B	ORT _{RA}	Δ%												
Média	379	677,7	80,4	782	423,3	-45,3	14,9	3,3	-70,8	59,7	85,1	58,6	0,26	0,03	-83,6	2950	918,8	-187	0,87	0,99	15
DP	47,6	98,5	30,8	94,4	32,6	6,17	6,9	1,4	26,8	17,7	19,3	71,2	0,14	0,01	8,85	2094	496,2	1271,3	0,08	0,00	15,2
Máx	509	818	146,4	1062	494	-31,9	32,9	8,8	57,6	119	121,5	300,6	0,9	0,10	-61,5	8812	2301	7011,3	0,96	0,99	83,3
Qtl Sup	402	735	102,2	831	444,4	-40,7	17,9	3,8	-66,2	67,6	95,8	83,5	0,29	0,04	-76,5	3740	1097	-38,5	0,93	0,99	17,8
Mediana	379	686	84,1	769	416	-45	14,2	3,0	-76,4	58,2	85,9	53,3	0,22	0,03	-85,7	2693	791,9	-68,6	0,90	0,99	10
Qtl Inf	352	630	63,3	730	401,8	-51,1	10,1	2,31	-83,3	51,2	72,1	10,8	0,17	0,03	-90	1483	618,7	-79,8	0,84	0,99	6,4
Mín	278	297	-13,9	590	363,5	-58,3	3,2	1,6	-94,8	23,9	49,4	-55,3	1,0	0,02	-97,6	26,3	276,6	-94,8	0,54	0,97	3,13
P*	0,0001			0,0001			0,0001			0,0002			0,0001			0,0001			0,0001		

ORT_B : ortostático basal; ORT_{RA} : ortostático recuperação ativa; AE: área da elipse; CC: coeficiente de correlação DP : Desvio padrão; Máx : Valor amostral máximo; Qtl : Quartil; Sup : superior; Inf : inferior; Mín : valor amostral mínimo; Δ% : diferenças percentuais entre a postura ortostática e supina; CV : coeficiente de variação; * teste de Wilcoxon

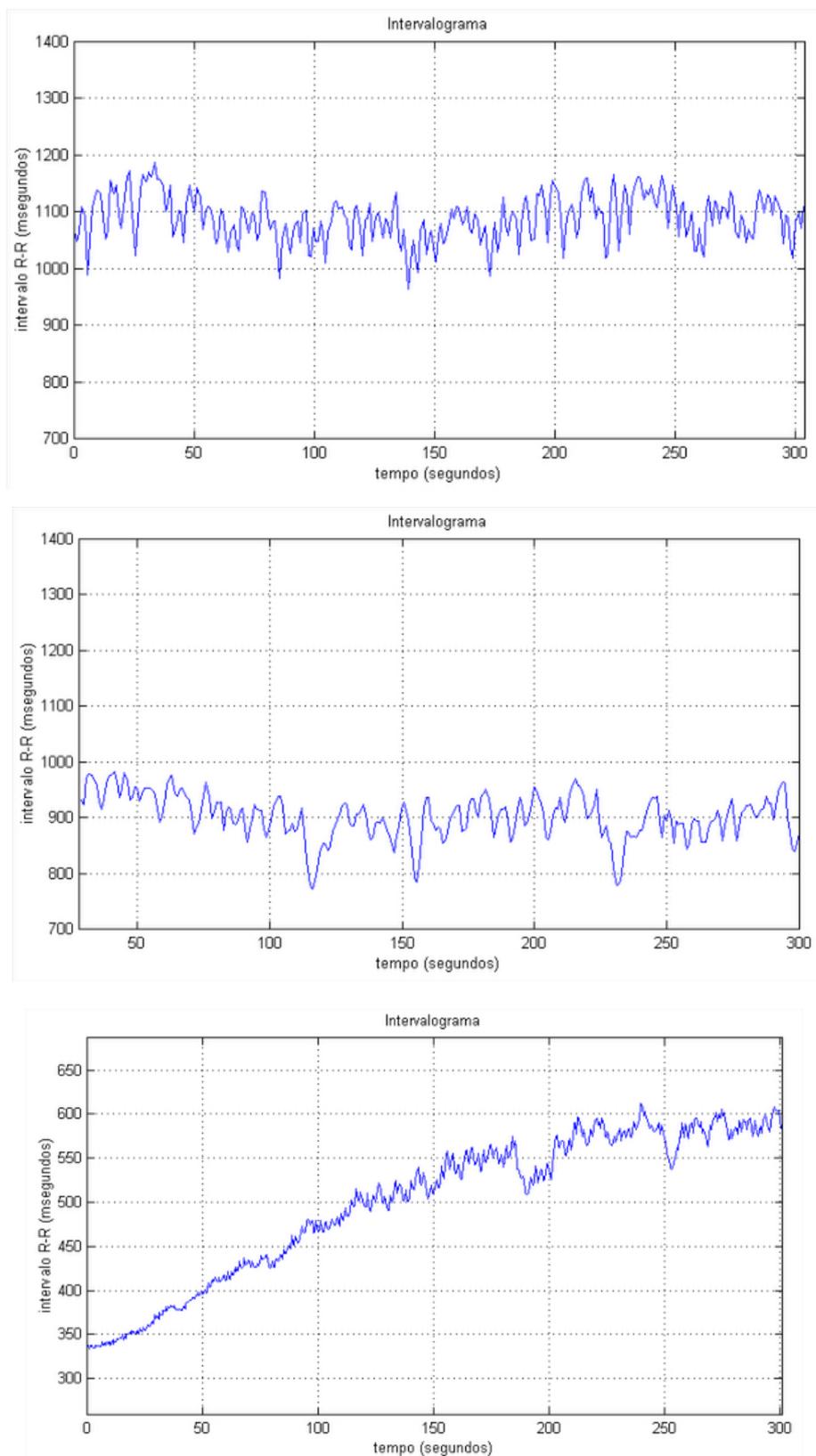


FIGURA 7. Exemplo representativo de periodograma da série de 5 min de intervalo R-R obtida pelo frequencímetro Polar[®], no repouso supino (acima) no repouso ortostático (meio), e na fase de recuperação após o esforço (abaixo), o processamento foi realizado pelo aplicativo ECGLAB, descrito no método. As escalas não correspondem, e se equivalem aos limites mostrados pelas variáveis nas respectivas situações.

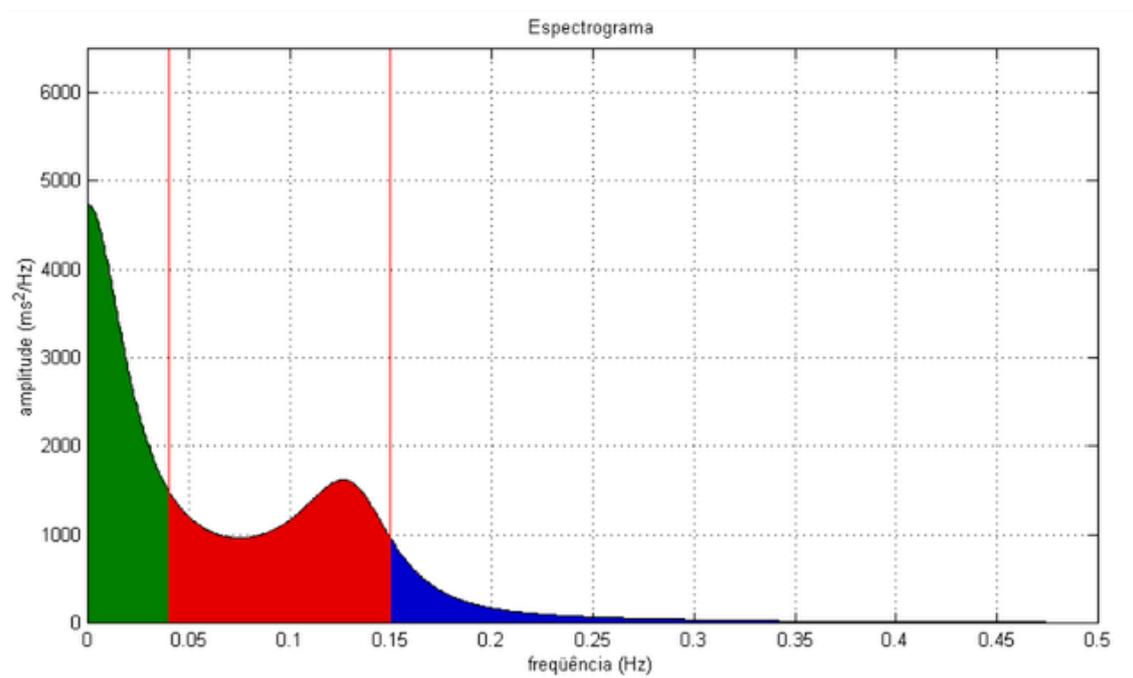
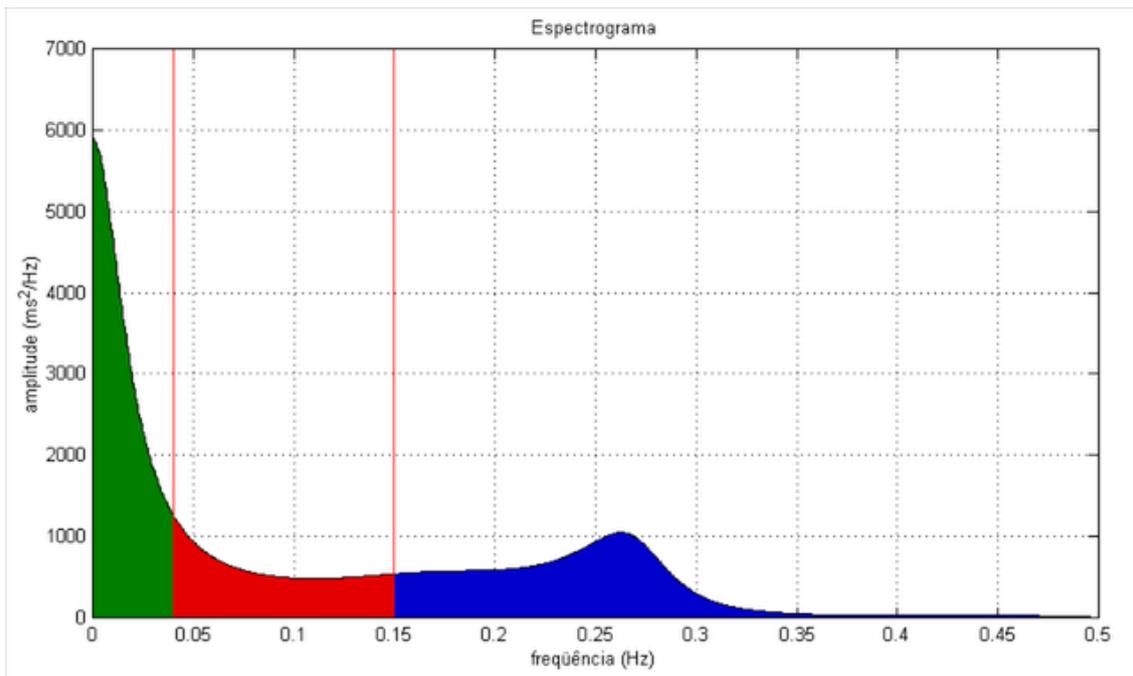


FIGURA 8 : Exemplo representativo de espectrograma da série de 5min de intervalos R-R obtidas pelo frequencímetro Polar[®], no repouso supino (acima) e no repouso ortostático (abaixo), o processamento foi realizado pelo aplicativo ECGLAB, descrito no método.

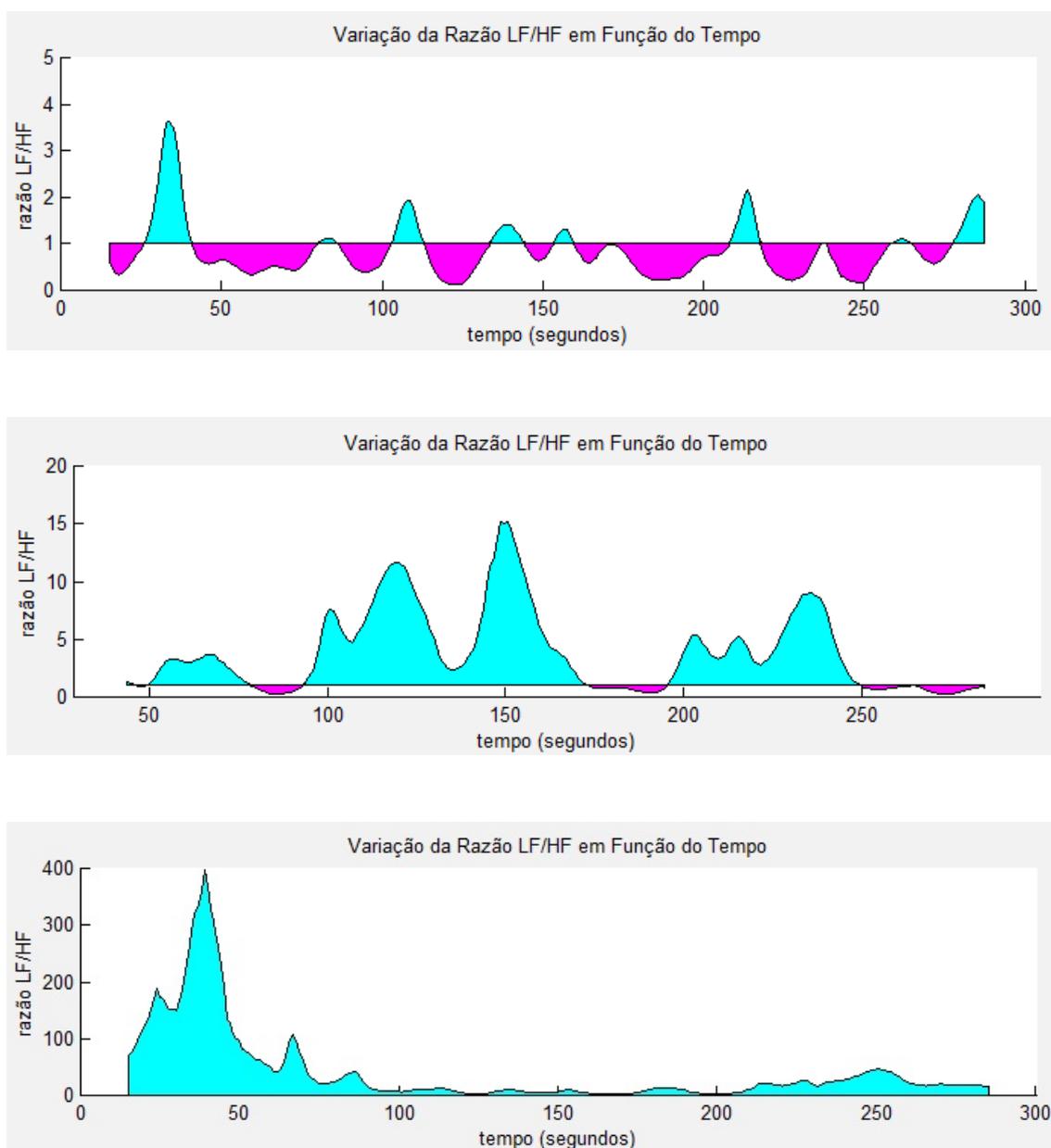


FIGURA 9. Exemplo representativo de espectrograma da série de 5 min de intervalo R-R obtida pelo frequencímetro Polar[®], no repouso supino (acima) no repouso ortostático (meio), e na fase de recuperação após o esforço (abaixo), o processamento foi realizado pelo aplicativo ECGLAB, descrito no método. As escalas não correspondem, e se equivalem aos limites mostrados pelas variáveis nas respectivas situações.

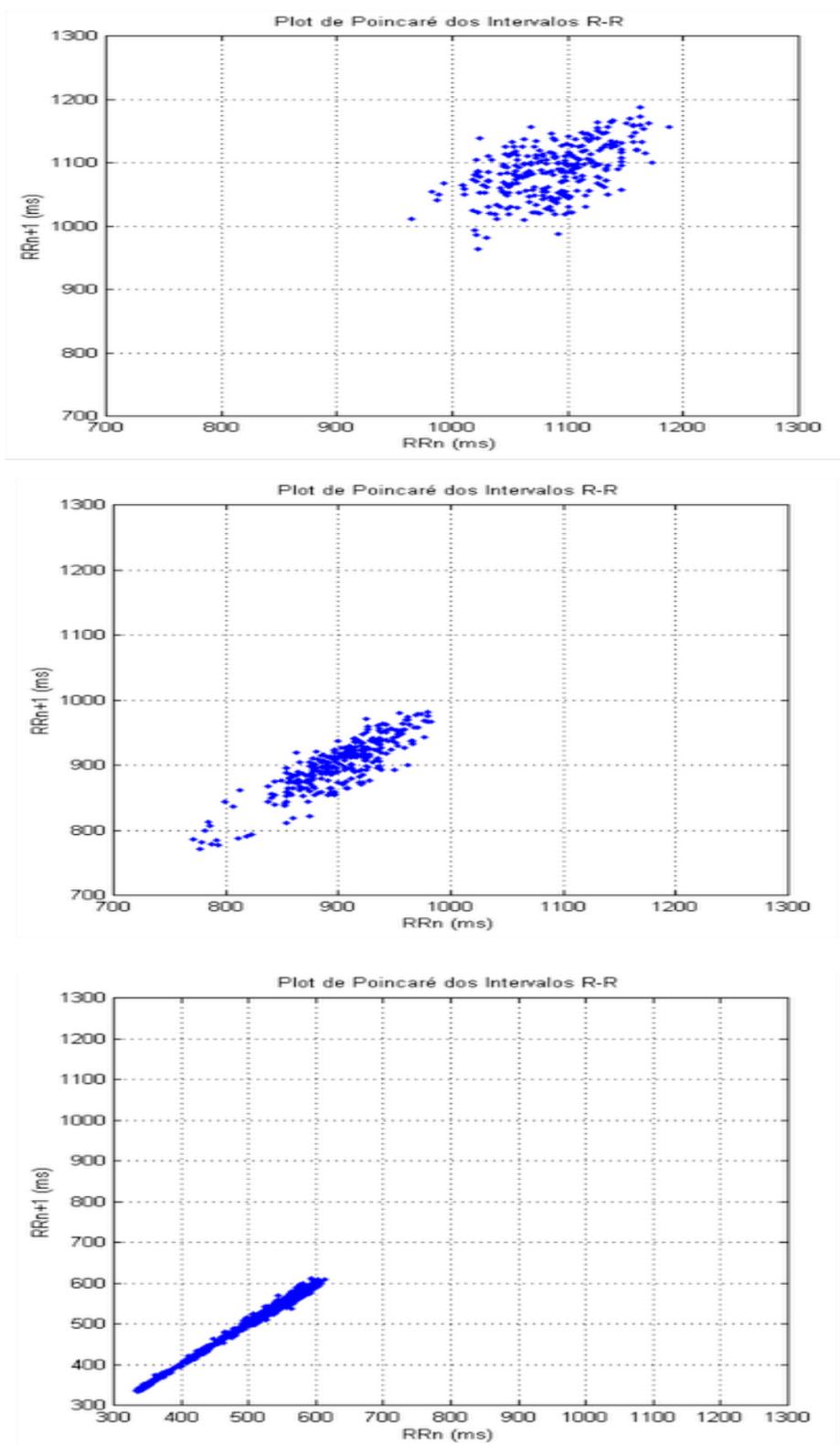


FIGURA 10. Exemplo representativo do mapa de Poincaré da série de 5 min de intervalo R-R obtida pelo frequencímetro Polar[®], no repouso supino (acima) no repouso ortostático (meio), e na fase de recuperação após o esforço (abaixo), o processamento foi realizado pelo aplicativo ECGLAB, descrito no método. As escalas não correspondem, e se equivalem aos limites mostrados pelas variáveis nas respectivas situações.

3. Correlação entre a modulação autonômica cardíaca basal, e a frequência cardíaca e o consumo de oxigênio em diferentes condições funcionais

3.1. Correlação da variabilidade da frequência cardíaca basal no domínio do tempo com a frequência cardíaca e o consumo de oxigênio na condição basal de repouso supino e ortostático, limiar anaeróbico e pico do esforço

Nas Tabelas 11 e 12 demonstram a correlação da variabilidade da frequência cardíaca basal no domínio do tempo com a frequência cardíaca e o consumo de oxigênio na condição basal de repouso supino e ortostático, limiar anaeróbico e pico do esforço.

Desta forma, procedeu a análise por meio da correlação de *Sperman*, (Tabela 11) no qual demonstrou correlação negativa da FCBSup com os índices temporais pNN50 ($r_s = -0,71$; $p=0,00$) e rMSSD ($r_s = -0,71$; $p=0,00$). Verificou-se correlação negativa do pNN50 e rMSSD com a FCBort ($r_s = -0,42$; $p=0,01$ e $r_s = -0,38$; $p=0,03$), respectivamente.

Foi demonstrado tendência de significância estatística da correlação entre a frequência cardíaca pico com os índices pNN50 e rMSSD na posição supina, ($r_s = -0,34$; $p=0,06$) e ($-0,32$; $p=0,08$) respectivamente. Por outro lado, o consumo de oxigênio máximo correlacionou-se positivamente com o pNN50 na posição supina ($r_s = 0,35$; $p=0,05$) e demonstrou tendência de significância estatística com o rMSSD ($r_s = 0,33$; $p=0,06$).

Ainda na posição supina, os marcadores vagais pNN50 e rMSSD correlacionaram positivamente com o pulso de oxigênio ($r_s = 0,40$; $p=0,02$) e ($0,36$; $p=0,04$) respectivamente.

Na Tabela 12, observou correlação das variáveis pNN50 e rMSSD na posição ortostática, com a FCBSup ($r_s = -0,64$; $p=0,00$) e ($-0,57$; $p=0,00$) e FCBort ($r_s = -0,64$; $p=0,00$) e ($-0,68$; $p=0,00$) respectivamente. Não foram observadas correlações com as outras variáveis.

3.2. Correlação da variabilidade da frequência cardíaca basal no domínio espectral com a frequência cardíaca e o consumo de oxigênio na condição basal de repouso supino e ortostático, limiar anaeróbio e pico do esforço

Na Tabela 13 e 14 demonstram a correlação da variabilidade da frequência cardíaca basal no domínio espectral com a frequência cardíaca e o consumo de oxigênio na condição basal de repouso supino e ortostático, limiar anaeróbio e pico do esforço.

Na Tabela 13, verificou associação de todas as variáveis no domínio espectral com a FCBSup. O marcador de modulação global, Área total e o marcador de atividade vagal, Área Nor AF, correlacionaram-se negativamente com a FCBSup. Os coeficientes de *Spearman* foram $r_s = -0,39$ para a Área total, $r_s = -0,57$ para a Área Nor AF ($P < 0,02 - 0,0008$). Por outro lado, o marcador de atividade simpáto-vagal, Área Nor BF e o de balanço autonômico cardíaco, Razão BF/AF, correlacionaram-se positivamente com a FCBSup. Os coeficientes foram $r_s = 0,48$; $p=0,005$ para a Área Nor BF e $r_s = 0,48$; $p=0,005$ para a Razão BF/AF.

Constatou-se associação positiva da variável Área total com o consumo de oxigênio máximo e pulso de oxigênio. As correlações foram $r_s = 0,34$; $p=0,05$ e $r_s = 0,34$; $p=0,04$, respectivamente.

Na Tabela 14, observou correlação negativa da variável Área total $r_s = -0,50$; $p=0,003$ com a FCBSup. Verificou-se, também, associação de todas as variáveis no domínio espectral com a FCBort. A variável, Área total e Área Nor AF, correlacionaram-se negativamente com a FCBort. Os coeficientes de *Spearman* foram $r_s = -0,35$; $p=0,05$ para a Área total e $r_s = -0,48$; $p=0,001$ para a Área Nor AF. Por outro lado, a variável Área Nor BF e a Razão BF/AF, correlacionaram-se positivamente com a FCBort. Os coeficientes de *Spearman* obtidos foram $r_s = 0,49$; $p=0,001$ para a Área Nor BF e $r_s = 0,50$; $p=0,001$ para a Razão BF/AF.

Constatou-se associação negativa da Área Nor AF ($r_s = -0,38$; $p=0,03$) e positiva da Área Nor BF ($r_s = 0,36$; $p=0,04$) e Razão da BF/AF ($r_s = 0,38$; $p=0,03$) com a FCLA.

Por fim, na Tabela 14, verificou correlação da Área total com a FCpico ($r_s = -0,34$; $p=0,05$).

3.3. Correlação da variabilidade da frequência cardíaca basal no domínio tempo frequencial com a frequência cardíaca e o consumo de oxigênio na condição basal de repouso supino e ortostático, limiar anaeróbio e pico do esforço

Nas Tabelas 15 e 16 demonstram a correlação da variabilidade da frequência cardíaca basal no domínio tempo-frequencial com a frequência cardíaca e o consumo de oxigênio na condição basal de repouso supino e ortostático, limiar anaeróbio e pico do esforço.

Na Tabela 15, verificou-se correlação negativa das variáveis Grau e Área Razão <1 com a FCBSup. As magnitudes das correlações foram: $r_s = -0,30$; $p=0,02$ para Grau e $r_s = -0,48$; $p=0,005$ para a Área Razão <1 . Em outro sentido, verificou-se correlação positiva das variáveis Natureza e Área Razão >1 com a FCBSup. Os coeficientes de *Spearman* foram: $r_s = 0,48$; $p=0,005$ para Natureza e $r_s = 0,45$; $p=0,009$ para a Área Razão >1 .

Observou-se tendência de significância estatística da associação entre a variável grau de modulação autonômica cardíaca (GRAU) com o consumo de oxigênio pico ($r_s = 0,33$; $p=0,06$).

Por fim, na Tabela 15, o pulso de oxigênio, correlacionou-se positivamente com a variável, Grau. O coeficiente de *Spearman* obtido foi $r_s = 0,35$; $p=0,04$.

Na Tabela 16, observou-se que o grau de modulação global (variável grau) apresentou correlação negativa com a FCBSup ($r_s = -0,52$; $p=0,002$) e tendência de significância estatística com a FCBort ($r_s = -0,32$; $p=0,07$).

Na posição ortostática, a Área Razão <1 , correlacionou-se negativamente com a FCBort $r_s = -0,48$; $p=0,000$. Por outro lado, as variáveis Natureza e Área Razão >1 correlacionaram-se positivamente com a FCBort $r_s = 0,51$; $p=0,000$ e $r_s = 0,51$; $p=0,000$, respectivamente.

3.4. Correlação da variabilidade da frequência cardíaca basal no domínio de Poincaré com a frequência cardíaca e o consumo de oxigênio na condição basal de repouso supino e ortostático, limiar anaeróbio e pico do esforço

Nas Tabelas 17 e 18 demonstram a correlação da variabilidade da frequência cardíaca basal nos diversos índices do Poincaré com a frequência cardíaca e o consumo

de oxigênio na condição basal de repouso supino e ortostático, limiar anaeróbio e pico do esforço.

Na Tabela 17, os marcadores de atividade vagal e de modulação global correlacionaram-se negativamente com a FCBSup ($P < 0,00$). Ainda observou correlação positiva da variável coeficiente de Correlação com a FCBSup ($r_s = 0,64$; $p = 0,00$).

A variável Centróide e SD1 demonstraram a mesma direção quando correlacionadas com a FCBort. O grau das correlações foi: centróide, $r_s = -0,54$; $p = 0,00$ e SD, $r_s = -0,54$; $p = 0,03$.

A FCpico correlacionou negativamente com a variável Centróide $r_s = -0,42$; $p = 0,01$ e tendência de significância estatística com o SD1 $r_s = -0,33$; $p = 0,07$, ambas na posição supina, conforme a Tabela 17.

Verificou-se correlação da Área da Elipse e Coeficiente de Correlação com o pulso de oxigênio. A primeira, correlacionou-se positivamente ($r_s = 0,35$; $p = 0,05$) e a segunda, correlacionou-se negativamente ($r_s = -0,34$; $p = 0,05$).

Na postura ortostática, Tabela 18 verificou-se correlação do Centróide com a FCBSup, FCBort, FCLA e FCpico ($r_s = -0,42$; $p = 0,01$, $r_s = -0,80$; $p = 0,00$, $r_s = -0,35$; $p = 0,04$ e $r_s = -0,45$; $p = 0,01$), respectivamente.

O SD1 correlacionou com a FCBSup e FCBort ($r_s = -0,57$; $p = 0,00$, $r_s = -0,68$; $p = 0,00$), a Área da elipse apresentou o mesmo comportamento, correlacionando com a FCBSup e FCBort ($r_s = -0,57$; $p = 0,00$, $r_s = -0,43$; $p = 0,00$).

Por outro lado, o SD2 correlacionou-se apenas com FCBSup ($r_s = -0,54$; $p = 0,00$), enquanto a variável coeficiente de correlação, correlacionou positivamente com a FCBort ($r_s = 0,65$; $p = 0,00$). Finalizando, na Tabela 19 estão descritos, o resumos das correlações entre a modulação autonômica cardíaca na condição de repouso e as variáveis cardiopulmonares.

TABELA 11. Correlação (n=31) entre os diversos **índices temporais** das séries de intervalo RR na **posição supina com a frequência cardíaca e o consumo de oxigênio na condição basal de repouso, durante o esforço e no pico do esforço**

	FCBsup		FCBort		FCLA		FCpico		VO ₂ inicial		VO ₂ LA		VO ₂ pico		VO ₂ /FC	
	r _s	p	r _s	p	r _s	p	r _s	p	r _s	p	r _s	P	r _s	p	r _s	p
CV (%)	-0,04	0,79	-0,04	0,81	0,17	0,36	-0,04	0,80	0,03	0,83	0,12	0,50	0,18	0,32	0,14	0,44
pNN50 (%)	-0,73*	0,0001	-0,42*	0,01	-0,06	0,73	-0,34*	0,06	-0,09	0,60	0,22	0,22	0,35*	0,05	0,40*	0,02
r-MSSD (ms)	-0,71*	0,0001	-0,38*	0,03	-0,05	0,75	-0,32*	0,08	-0,07	0,70	0,26	0,14	0,33*	0,06	0,37*	0,04

CV: coeficiente de variação; pNN50 : percentual de diferença de intervalos R-R sucessivos maiores que 50ms; r-MSSD = raiz quadrada da média das diferenças sucessivas ao quadrado entre os intervalos RR adjacentes normais; FCBsup : frequência cardíaca basal na posição supina; FCBort : frequência cardíaca basal na posição ortostática; VO₂inicial : consumo de oxigênio obtido no repouso previamente ao esforço; VO₂max : maior consumo de oxigênio obtido durante o esforço; VO₂/ FC:pulso de oxigênio; r_s = Coeficiente de correlação de Spearman; p = nível de significância

TABELA 12. Correlação (n=31) entre os diversos **índices temporais** das séries de intervalo RR na **posição ortostática com a frequência cardíaca e o consumo de oxigênio na condição basal de repouso, durante o esforço e no pico do esforço**

	FCBsup		FCBort		FCLA		FCpico		VO ₂ inicial		VO ₂ LA		VO ₂ pico		VO ₂ /FC	
	r _s	p	r _s	p	r _s	p	r _s	p	r _s	p	r _s	P	r _s	p	r _s	p
CV (%)	-0,38*	0,03	-0,03	0,84	0,08	0,63	-0,05	0,75	-0,02	0,87	0,10	0,55	0,12	0,50	0,14	0,44
pNN50 (%)	-0,64*	0,0001	-0,64*	0,0001	-0,02	0,89	-0,24	0,18	-0,19	0,30	0,28	0,12	0,07	0,68	0,17	0,36
r-MSSD (ms)	-0,57*	0,0007	-0,68*	0,0001	-0,01	0,95	-0,27	0,13	-0,16	0,36	0,29*	0,10	0,02	0,87	0,14	0,44

r_s = Coeficiente de correlação de Spearman; p = nível de significância; Demais abreviaturas como na TABELA 11

TABELA 13. Correlação (n=31) entre os diversos **índices espectrais** das séries de intervalo RR na **posição supina com a frequência cardíaca e o consumo de oxigênio na condição basal de repouso, durante o esforço e no pico do esforço**

	FCBsup		FCBort		FCLA		FCpico		VO ₂ inicial		VO ₂ LA		VO ₂ pico		VO ₂ /FC	
	r _s	p	r _s	p	r _s	p	r _s	p	r _s	p	r _s	P	r _s	p	r _s	p
Área Total (ms)	-0,39*	0,02	-0,26	0,14	0,07	0,67	-0,29	0,11	0,00	0,98	0,27	0,14	0,34*	0,05	0,36*	0,04
Área Nor BF	0,48*	0,005	0,08	0,67	0,21	0,25	0,13	0,47	0,00	0,96	-0,14	0,42	-0,10	0,57	-0,15	0,41
Área Nor AF	-0,57*	0,0008	-0,16	0,36	-0,24	0,18	-0,16	0,38	0,05	0,76	0,22	0,22	0,24	0,19	0,27	0,13
Razão BF/AF	0,48*	0,006	0,07	0,68	0,20	0,26	0,12	0,52	-0,00	0,96	-0,14	0,43	-0,10	0,58	-0,14	0,43

ABF: área de baixa frequência; AAF = área de alta frequência; Nor: normalizada; r_s = Coeficiente de correlação de Spearman; p = nível de significância; Demais abreviaturas como na TABELA 11

TABELA 14. Correlação (n=31) entre os diversos **índices espectrais** das séries de intervalo RR na **posição ortostática com a frequência cardíaca e o consumo de oxigênio na condição basal de repouso, durante o esforço e no pico do esforço**

	FCBsup		FCBort		FCLA		FCpico		VO ₂ inicial		VO ₂ LA		VO ₂ pico		VO ₂ /FC	
	r _s	p	r _s	p	r _s	p	r _s	p	r _s	p	r _s	P	r _s	p	r _s	p
Área Total (ms)	-0,50*	0,003	-0,35*	0,05	0,04	0,81	-0,34*	0,05	-0,12	0,51	0,25	0,16	0,20	0,27	0,29	0,11
Área Nor BF	0,20	0,27	0,50*	0,004	0,36*	0,04	0,09	0,62	0,09	0,59	-0,06	0,74	0,15	0,41	0,06	0,74
Área Nor AF	-0,20	0,27	-0,48*	0,006	-0,38*	0,03	-0,07	0,68	-0,08	0,65	0,04	0,80	-0,15	0,39	-0,07	0,70
Razão BF/AF	0,22	0,23	0,50*	0,004	0,38*	0,03	0,10	0,58	0,11	0,52	-0,05	0,75	0,16	0,38	0,06	0,72

ABF: área de baixa frequência; AAF = área de alta frequência; Nor: normalizada; r_s = Coeficiente de correlação de Spearman; p = nível de significância; Demais abreviaturas como na TABELA 11

TABELA 15. Correlação (n=31) entre os diversos **índices tempo-frequenciais** das séries de intervalo RR na **posição supina com a frequência cardíaca e o consumo de oxigênio na condição basal de repouso, durante o esforço e no pico do esforço**

	FCBsup		FCBort		FCLA		FCpico		VO ₂ inicial		VO ₂ LA		VO ₂ pico		VO ₂ /FC	
	r _s	p	r _s	p	r _s	p	r _s	p	r _s	p	r _s	P	r _s	p	r _s	p
Grau (m ²)	-0,39*	0,02	-0,26	0,14	0,12	0,50	-0,25	0,17	0,01	0,92	0,29	0,11	0,33*	0,06	0,35*	0,04
Natureza	0,48*	0,006	0,06	0,73	0,25	0,16	0,19	0,28	0,02	0,88	-0,13	0,47	-0,22	0,23	-0,26	0,15
Área Razão >1 (s)	0,45*	0,009	0,11	0,54	0,21	0,24	0,15	0,42	-0,05	0,75	-0,12	0,50	-0,16	0,36	-0,21	0,23
Área Razão < 1 (s)	-0,48*	0,006	-0,05	0,76	-0,25	0,16	-0,22	0,22	-0,08	0,76	0,12	0,50	0,19	0,29	0,24	0,18
CV da Razão (%)	0,08	0,66	0,31*	0,08	0,04	0,80	-0,09	0,62	-0,02	0,87	0,20	0,27	0,24	0,17	0,20	0,27

CV: Coeficiente de variação; r_s = Coeficiente de correlação de Spearman; p = nível de significância; Demais abreviaturas como na TABELA 11

TABELA 16. Correlação (n=31) entre os diversos **índices tempo-frequenciais** das séries de intervalo RR na **posição ortostática com a frequência cardíaca e do consumo de oxigênio na condição basal de repouso, durante o esforço e no pico do esforço**

	FCBsup		FCBort		FCLA		FCpico		VO ₂ inicial		VO ₂ LA		VO ₂ pico		VO ₂ /FC	
	r _s	p	r _s	p	r _s	p	r _s	p	r _s	p	r _s	P	r _s	p	r _s	p
Grau (m ²)	-0,52*	0,002	-0,32*	0,07	0,09	0,59	-0,23	0,20	-0,21	0,24	0,20	0,28	0,12	0,50	0,17	0,33
Natureza	0,12	0,50	0,51*	0,003	0,20	0,25	0,16	0,38	0,14	0,43	-0,15	0,39	0,14	0,45	0,04	0,82
Área Razão >1 (s)	0,11	0,52	0,51*	0,003	0,21	0,24	0,16	0,36	0,09	0,62	-0,13	0,46	0,07	0,67	-0,02	0,91
Área Razão < 1 (s)	-0,29*	0,10	-0,48*	0,005	-0,14	0,44	-0,26	0,15	-0,05	0,75	0,21	0,24	0,01	0,92	0,19	0,28
CV da Razão (%)	0,05	0,77	0,20	0,26	-0,04	0,79	0,23	0,21	-0,05	0,76	0,01	0,94	-0,08	0,64	-0,17	0,34

CV: Coeficiente de variação; r_s = Coeficiente de correlação de Spearman; p = nível de significância; Demais abreviaturas como na TABELA 11

TABELA 17. Correlação (n=31) entre os diversos **índices do Poincaré** das séries de intervalo RR na **posição supina com a frequência cardíaca e o consumo de oxigênio na condição basal de repouso, durante o esforço e no pico do esforço**

	FCBsup		FCBort		FCLA		FCpico		VO ₂ inicial		VO ₂ LA		VO ₂ pico		VO ₂ /FC	
	r _s	p	r _s	p	r _s	p	r _s	p	r _s	p	r _s	P	r _s	p	r _s	p
Nº de pontos	0,60*	0,00	0,57*	0,00	-0,03	0,83	0,20	0,26	0,09	0,61	0,28	0,11	0,00	0,97	-0,08	0,63
Centróide (ms)	-0,82*	0,00	-0,54*	0,00	0,16	0,37	-0,42*	0,01	-0,19	0,28	-0,29	0,10	0,23	0,20	0,33	0,06
SD1	-0,71*	0,0001	-0,37*	0,03	-0,06	0,74	-0,33	0,07	-0,06	0,71	0,28	0,12	0,34*	0,05	0,38*	0,03
SD2	-0,21	0,24	-0,15	0,42	0,09	0,62	-0,13	0,47	0,00	0,98	0,14	0,44	0,26	0,14	0,23	0,19
Razão SD1/SD2	0,07	0,71	-0,27	0,13	-0,12	0,50	-0,10	0,57	0,00	0,97	0,13	0,47	0,22	0,23	0,22	0,22
AE (ms ²)	-0,52*	0,002	-0,28	0,12	0,03	0,86	-0,29	0,11	-0,06	0,73	0,26	0,14	0,33*	0,06	0,35*	0,05
Coefficiente de Correlação	0,64*	0,00	0,26	0,15	-0,19	0,30	0,24	0,18	0,00	0,99	0,21	0,25	-0,29	0,10	-0,34*	0,05

AE: área da eplise; CV: Coeficiente de variação; r_s = Coeficiente de correlação de Spearman; p = nível de significância; Demais abreviaturas como na TABELA 11

TABELA 18. Correlação (n=31) entre os diversos **índices do Poincaré** das séries de intervalo RR na **posição ortostática com a frequência cardíaca e do consumo de oxigênio na condição basal de repouso, durante o esforço e no pico do esforço**

	FCBsup		FCBort		FCLA		FCpico		VO ₂ inicial		VO ₂ LA		VO ₂ pico		VO ₂ /FC	
	r _s	p	r _s	p	r _s	p	r _s	p	r _s	p	r _s	P	r _s	p	r _s	p
Nº de pontos	0,29	0,11	0,73*	0,00	0,40*	0,02	0,38*	0,03	0,24	0,18	-0,08	0,64	0,1	0,59	-0,05	0,76
Centróide (ms)	-0,42*	0,01	-0,80*	0,00	-0,35*	0,04	-0,45*	0,01	-0,28	0,12	0,07	0,67	-0,08	0,64	0,08	0,64
SD1	-0,57*	0,0007	-0,68*	0,0001	-0,01	0,93	-0,28	0,12	-0,17	0,36	0,30*	0,10	0,03	0,85	0,14	0,42
SD2	-0,54*	0,0001	-0,28	0,11	0,02	0,89	-0,23	0,20	-0,13	0,46	0,16	0,38	0,17	0,34	0,23	0,20
Razão SD1/SD2	-0,26	0,14	-0,63*	0,0001	-0,03	0,83	-0,21	0,24	-0,13	0,46	0,20	0,25	-0,08	0,64	0,00	0,96
AE (ms ²)	-0,57*	0,0007	-0,43*	0,008	-0,05	0,77	-0,16	0,36	-0,21	0,23	0,16	0,37	0,05	0,78	0,09	0,60
Coefficiente de Correlação	0,33	0,06	0,65*	0,00	0,10	0,56	0,27	0,14	0,13	0,48	-0,23	0,20	0,07	0,70	-0,04	0,81

AE: área da eplise; CV: Coeficiente de variação; r_s = Coeficiente de correlação de Spearman; p = nível de significância; Demais abreviaturas como na TABELA 11

TABELA 19. Resumo das correlações entre a modulação autonômica cardíaca na condição de repouso e as variáveis cardiopulmonares: frequência cardíaca (FC) na posição supina e ortostática, no limiar anaeróbio, na FC pico, no consumo de oxigênio (VO₂) inicial e máximo e no pulso de oxigênio (VO₂/FC) obtido durante o teste de esforço. **Acima:** modulação vagal e simpática na posição supina; **Centro:** modulação vagal e simpática na posição ortostática; **Abaixo:** modulação global na posição supina e ortostática

Modulação Repouso	FCBsup	FCBort	FCLA	FCpico	VO ₂ inicial	VO ₂ LA	VO ₂ pico	VO ₂ /FC
Modulação Vagal Supino	T - NEG	T - NEG	#	T - NEG	#	#	T - NEG	T - NEG
	E - NEG	E - NEG	#	#	#	#	#	#
	TF - NEG	TF - NEG	#	#	#	#	#	#
	P - NEG	P - NEG	#	#	#	#	#	#
Modulação Simpática Supino	#	#	#	#	#	#	#	#
	E - POS	#	#	#	#	#	#	#
	TF - POS	#	#	#	#	#	#	#
	#	#	#	#	#	#	#	#
Modulação Repouso	FCBsup	FCBort	FCLA	FCpico	VO ₂ inicial	VO ₂ LA	VO ₂ pico	VO ₂ /FC
Modulação Vagal Ortostático	T - NEG	T - NEG	#	#	#	#	#	#
	#	E - NEG	E - NEG	#	#	#	#	#
	TF - NEG	TF - NEG	#	#	#	#	#	#
	P - NEG	P - NEG	#	#	#	#	#	#
Modulação Simpática Ortostática	#	#	#	#	#	#	#	#
	#	E - POS	#	#	#	#	#	#
	#	TF - POS	#	#	#	#	#	#
	#	#	#	#	#	#	#	#
Modulação Repouso	FCBsup	FCBort	FCLA	FCpico	VO ₂ inicial	VO ₂ LA	VO ₂ pico	VO ₂ /FC
Modulação Global Supino	#	#	#	#	#	#	#	#
	E - NEG	#	#	#	#	#	E - POS	E - POS
	TF - NEG	#	#	#	#	#	#	TF - POS
	P - NEG	#	#	#	#	#	#	#
Modulação Global ortostático	T - NEG	#	#	#	#	#	#	#
	E - NEG	E - NEG	#	E - NEG	#	#	#	#
	TF - NEG	TF - NEG	#	#	#	#	#	#
	P - NEG	P - NEG	#	#	#	#	#	#

T: temporal; E: espectral; TF: tempo-frequencial; P: poincaré; NEG: negativo; POS: positivo

4. Correlação entre o decremento cronotrópico no período de recuperação após o esforço e as variáveis cardiopulmonares no repouso e no exercício

4.1. Correlação entre os decrementos cronotrópicos absolutos e relativos na recuperação com as variáveis cardiopulmonares no repouso e exercício.

Nas Tabelas 20 e 21 estão descritas as correlações entre o grau de decremento cronotrópico absoluto e relativo no período de recuperação ativa com as variáveis cardiopulmonares.

Não foram observadas associações entre o grau de decremento cronotrópico na recuperação absoluta e relativa, com as variáveis cardiopulmonares quantificadas durante o repouso e exercício.

TABELA 20. Correlação (n=31) entre o grau de **decremento cronotrópico absoluto** no período de **recuperação pós-esforço** com a frequência cardíaca e o consumo de oxigênio na condição basal de repouso, durante o esforço e no pico do esforço

	FCBsup		FCBort		FCLA		FCpico		VO ₂ inicial		VO ₂ LA		VO ₂ pico		VO ₂ /FC	
	r _s	p	r _s	p	r _s	p	r _s	p	r _s	p						
R 1	-0,07	0,70	0,05	0,78	-0,04	0,80	-0,01	0,91	0,04	0,81	-0,02	0,89	-0,20	0,25	-0,18	0,31
R 3	0,19	0,29	0,20	0,27	0,04	0,79	-0,07	0,70	0,16	0,39	-0,10	0,56	0,07	0,69	0,09	0,59
R 5	0,26	0,14	0,28	0,12	0,04	0,79	0,04	0,82	0,19	0,29	-0,15	0,39	0,07	0,67	0,04	0,79

R1. R3. R5: Decremento da frequência cardíaca no primeiro, terceiro e quinto minuto de recuperação; r_s = Coeficiente de correlação de Spearman; p = nível de significância; Demais abreviaturas como na TABELA 11

TABELA 21. Correlação (n=31) entre o grau de **decremento cronotrópico percentual** no período de **recuperação pós-esforço** com a frequência cardíaca e o consumo de oxigênio na condição basal de repouso, durante o esforço e no pico do esforço

	FCBsup		FCBort		FCLA		FCpico		VO ₂ inicial		VO ₂ LA		VO ₂ pico		VO ₂ /FC	
	r _s	p	r _s	p	r _s	p	r _s	p	r _s	p						
RΔ% 1	-0,08	0,66	0,02	0,87	-0,03	0,87	-0,01	0,57	0,05	0,76	0,03	0,86	-0,17	0,36	-0,12	0,5
RΔ% 3	0,12	0,49	0,13	0,46	0,03	0,84	-0,32	0,08	0,05	0,77	-0,02	0,90	0,15	0,40	0,23	0,20
RΔ% 5	0,12	0,49	0,18	0,33	0,04	0,82	-0,25	0,16	0,15	0,39	0,08	0,96	0,21	0,23	0,25	0,16

RΔ% 1. RΔ% 3. RΔ% 5: decremento da frequência cardíaca percentual no primeiro, terceiro e quinto minuto de recuperação r_s = Coeficiente de correlação de Spearman; p = nível de significância; Demais abreviaturas como na TABELA 11

5. Correlação entre o decremento cronotrópico no período de recuperação após-esforço e a modulação autonômica cardíaca na condição basal de repouso supino e ortostático

5.1. Correlação entre o grau de decremento cronotrópico e a variabilidade da frequência cardíaca no domínio do tempo, na posição supina e ortostática.

Com a intenção de responder se há correlação entre o decremento cronotrópico na recuperação ativa pós-esforço com a modulação autonômica cardíaca basal de repouso, foi realizado a análise quanto ao decremento da FC de forma absoluta e relativa.

Nas tabelas 22 e 23 estão descritos os diversos índices temporais das séries dos intervalos RR na posição supina e ortostática respectivamente.

Na posição supina verificou-se a correlação da média dos intervalos RR com o decremento absoluto no terceiro e quinto minuto de recuperação ($r_s = -0.35$; $p=0,05$ e $r_s = -0.39$; $p=0.03$), respectivamente.

Por outro lado, para as demais variáveis, não foram verificadas correlações entre os índices temporais basais na posição supina com o decremento cronotrópico nos três momentos de análise (Tabela 22) Entretanto, na posição ortostática (tabela 23) observou associação negativa dos marcadores autonômicos vagais no repouso, pNN50 e r-MSSD, com o decremento absoluto e relativo da FC, no terceiro e quinto minutos de recuperação. Em ambos os minutos de recuperação a magnitude das correlações

absoluta (ΔabsFC) e relativa ($\Delta\%\text{FC}$) observadas entre o pNN50 com o terceiro minuto foram ($r_s = -0.48; p=0,00$ e $r_s = -0.42, p=0,01$) e ($r_s = -0.55; p=0.00$ e $r_s = -0.41; p=0.01$) com o quinto minuto de recuperação, respectivamente.

Similar comportamento foi observado para a variável r-MSSD, no qual observa-se correlação de $r_s = -0.39; p=0.02$ com a (ΔabsFC3) e $r_s = -0.47; p=0.05$ com a ($\Delta\%\text{FC3}$) e $r_s = -0.56; p=0.00$ com a (ΔabsFC5) e $r_s = -0.41; p=0.01$ com a ($\Delta\%\text{FC5}$).

O desvio padrão dos intervalos RR (SDNN) demonstra o grau de modulação global da função autonômica cardíaca. Nesta análise, foi encontrada correlação negativa do SDNN com o decremento absoluto da FC no terceiro minuto além de correlação negativa absoluta e relativa no quinto minuto de recuperação. Conforme acima descrito, as correlações foram $r_s = -0.45; p=0.01$ para (ΔabsFC3) e $r_s = -0.50; p=0.00$ e $r_s = -0.35; p=0.05$ para (ΔabsFC5) e ($\Delta\%\text{FC5}$), respectivamente.

Observou-se, ainda, uma tendência significativa da correlação do SDNN basal durante o ortostatismo com o decremento relativo da FC no terceiro minuto $r_s = -0.33; p=0.07$.

Por fim, não foram verificadas correlações entre os demais índices temporais basais na posição ortostática com o decremento cronotrópico nos três momentos de análise (Tabela 23). Os diagramas de dispersão e as respectivas correlações estão descritas nas Figuras 11 a 12.

5.2. Correlação entre o grau de decremento cronotrópico e a variabilidade da frequência cardíaca no domínio espectral, na posição supina e ortostática

Nas tabelas 25 e 26 estão descritos os diversos índices espectrais das séries dos intervalos RR na posição supina e ortostática.

Na posição supina, verificou-se correlação positiva do decremento da FC com os marcadores de balanço autonômico cardíaco (Razão BF/AF) e atividade simpato-vagal (área Nor BF) no terceiro e quinto minutos de recuperação ativa pós-esforço.

O grau de correlação observada entre o decremento absoluto da FC com a variável razão BF/AF no terceiro e quinto minutos de recuperação foram: $r_s = 0.35$; $p=0.05$ e $r_s = 0.40$; $p=0.02$, respectivamente. A área Nor BF, apresentou semelhante comportamento quando associada aos mesmos períodos de recuperação. As correlações foram $r_s = 0.35$; $p=0.05$ para (Δ_{absFC3}) e $r_s = 0.41$; $p=0.02$ para (Δ_{absFC5}). Observou-se forte tendência de significância estatística da correlação entre as variáveis, razão BF/AF e área Nor BF com o decremento relativo da FC no terceiro, $r_s = 0.34$; $p=0.06$ e $r_s = 0.34$; $p=0.06$ e quinto minuto $r_s = 0.33$; $p=0.07$ e $r_s = 0.33$; $p=0.06$, respectivamente.

Ainda, foi verificado tendência de significância estatística da correlação entre a área Nor AF com o decremento absoluto da FC no quinto minuto, o coeficiente de *Spearman* registrado foi $r_s = -0.30$; $p=0.09$.

As demais variáveis espectrais obtidas na posição supina, não se correlacionaram com o decremento da FC nos três períodos de análise.

Na tabela 25 estão descritos os diversos índices espectrais das series dos intervalos RR na posição ortostática.

Durante a posição ortostática foi verificada a correlação de todos os índices espectrais com o decremento da FC no quinto minuto de recuperação. O marcador de atividade vagal (Área Nor AF) correlacionou-se negativamente com o decremento absoluto e relativo da FC, neste período de análise, onde as correlações registradas foram: $r_s = -0.37$; $p=0.04$ para (Δ_{absFC5}) e $r_s = -0.38$; $p=0.03$ para ($\Delta\%FC5$).

No mesmo sentido, a variável área total, que quantifica o grau de modulação autonômica cardíaca global também se correlacionou negativamente com o quinto

minuto do decremento da FC. Foi verificada correlação de $r_s = -0.52$; $p=0.00$ para (ΔabsFC5) e forte tendência para a ($\Delta\%\text{FC5}$) $r_s = -0.33$; $p=0.07$.

Ainda, no quinto minuto de decremento da FC, os marcadores de balanço autonômico cardíaco (Razão BF/AF) e atividade simpato-vagal (área Nor BF) correlacionaram-se positivamente com o mesmo período de análise. Para ambas as variáveis foi observada similar correlação na ΔabsFC5 ($r_s = 0.38$; $p=0.03$) e $\Delta\%\text{FC5}$ $r_s = 0.38$; $p=0.03$.

No terceiro minuto de decremento da FC, verificou-se correlação negativa da área total com a variação absoluta da FC. O coeficiente de *Spearman* obtido foi $r_s = -0.41$; $p=0.02$.

A variável razão BF/AF e a área Nor BF demonstraram tendência de significância estatística da correlação entre o decremento da FC no terceiro minuto na forma absoluta e relativa de análise. Os valores obtidos para a razão BF/AF foram $r_s = 0.29$; $p=0.10$ (ΔabsFC3) e $r_s = 0.31$; $p=0.08$ ($\Delta\%\text{FC3}$) e para a área Nor BF foram $r_s = 0.30$; $p=0.10$ (ΔabsFC3) e $r_s = 0.32$; $p=0.07$ ($\Delta\%\text{FC3}$).

Não foi observado nenhum grau de associação entre as variáveis de modulação autonômica cardíaca com o decremento da FC no primeiro minuto de recuperação. Os diagramas de dispersão e as respectivas correlações estão descritas nas Figuras 13 a 14.

5.3. Correlação entre o grau de decremento cronotrópico e a variabilidade da frequência cardíaca no domínio tempo-frequencial, na posição supina e ortostática.

Nas Tabelas 27 e 28 estão descritos as correlações entre os diversos índices tempo-frequenciais das séries de intervalo RR na posição supina e ortostática com o

decremento absoluto e relativo da FC na recuperação ativa pós-esforço. Na tabela 26, foi observada a correlação da variável natureza com o decremento absoluto da FC no quinto minuto de recuperação ($r_s = 0.34$; $p=0.05$). A mesma variável obteve forte tendência de significância estatística de correlacionar-se com o decremento absoluto da FC no terceiro minuto de recuperação ($r_s = 0.32$; $p=0.07$).

A Área razão >1 , variável que quantifica a atividade simpática, obteve tendência de significância estatística na correlação com o decremento absoluto da FC no primeiro e quinto minuto de recuperação ($r_s = 0.29$; $p=0.10$ e $r_s = 0.33$; $p=0.07$), respectivamente. Em outra direção, a Área razão <1 , apresentou tendência de significância estatística da correlação com o decremento absoluto no quinto minuto de recuperação ($r_s = -0.30$; $p=0.09$). As demais variáveis na posição supina não obtiveram correlação com o decremento da FC nos três períodos de análise.

Na Tabela 27 estão descritos os diversos índices tempo-frequenciais das series de intervalos RR na posição ortostática com o decremento absoluto e relativo da FC na recuperação ativa após-esforço.

Verificou-se correlação da Área razão <1 com o decremento absoluto e relativo da FC nos três períodos de análise. As correlações verificadas foram $r_s = -0.51$; $p=0.00$ (ΔabsFC1) e $r_s = -0.47$; $p=0.00$ ($\Delta\%\text{FC1}$), $r_s = -0.44$; $p=0.01$ (ΔabsFC3) e $r_s = -0.40$; $p=0.02$ ($\Delta\%\text{FC3}$) e $r_s = -0.51$; $p=0.00$ (ΔabsFC5) e $r_s = -0.41$; $p=0.02$ ($\Delta\%\text{FC5}$).

A variável natureza analisada durante a posição ortostática correlacionou-se positivamente com o decremento absoluto e relativo da FC no terceiro minuto de recuperação $r_s = 0.43$; $p=0.01$ e $r_s = 0.42$; $p=0.01$ e no quinto minuto de recuperação $r_s = 0.45$; $p=0.00$ e $r_s = 0.41$; $p=0.02$. Ainda, obteve-se tendência de significância estatística da correlação entre a natureza e o decremento da FC no primeiro minuto absoluto e relativo de recuperação ($r_s = 0.33$; $p=0.06$ e $r_s = 0.30$; $p=0.09$).

O Grau correlacionou-se com o decremento no terceiro e quinto minuto de decremento da FC durante a posição ortostática. Os coeficientes de *Spearman* obtidos foram $r_s = -0.41$; $p=0.02$ (ΔabsFC3) e $r_s = -0.48$; $p=0.00$ (ΔabsFC5) e $r_s = -0.25$; $p=0.05$ ($\Delta\%FC5$). No terceiro minuto ($\Delta\%FC3$) verificou-se tendência de significância estatística de correlacionar-se ($r_s = -0.29$; $p=0.10$).

O marcador simpático, Área Razão >1 , correlacionou-se positivamente com o quinto minuto de decremento absoluto, $r_s = 0.38$; $p=0.03$, de recuperação. Verificou-se tendência de significância estatística de correlação entre o marcador simpático e o terceiro minuto de decremento absoluto e relativo ($r_s = 0.34$; $p=0.06$ e $r_s = 0.34$; $p=0.06$) além do quinto minuto relativo $r_s = 0.32$; $p=0.07$).

Por fim, na posição ortostática, o Coeficiente de Variação da Razão apresentou tendência de significância estatística na correlação com o decremento relativo da FC no primeiro 1 $r_s = -0.33$; $p=0.07$, absoluta e relativa no terceiro minuto $r_s = -0.31$; $p=0.08$ e $r_s = -0.32$; $p=0.08$, e relativa no quinto minuto de recuperação, $r_s = -0.31$; $p=0.08$.

Os diagramas de dispersão e as respectivas correlações estão descritas nas Figuras 15 a 16.

5.4. Correlação entre o grau de decremento cronotrópico e a variabilidade da frequência cardíaca no mapa de Poincaré, na posição supina e ortostática.

Nas Tabelas 28 e 29 estão descritos as correlações entre os diversos índices do Poincaré das séries de intervalo RR na posição supina e ortostática com o decremento absoluto e relativo da FC na recuperação ativa após-esforço.

Na Tabela 28, estão descritos os diversos índices do Poincaré das series de intervalos RR na posição supina com o decremento absoluto e relativo da FC na recuperação ativa após-esforço.

A maioria das variáveis dos diversos índices do Poincaré nas series de intervalos RR no supino não se correlacionaram com o decremento da FC após-esforço.

Somente a variável número de pontos e o centróide correlacionaram com o decremento da FC. O primeiro, correlacionou-se com o quinto minuto absoluto de recuperação $r_s = -0.38$; $p=0.03$ e observou-se tendência de significância estatística com o quinto minuto relativo $r_s = -0.31$; $p=0.08$, de recuperação. O segundo correlacionou-se negativamente e absolutamente com o terceiro e quinto minutos de recuperação ($r_s = -0.35$; $p=0.05$ e $r_s = -0.38$; $p=0.03$).

Na Tabela 29 estão descritos os diversos índices do Poincaré das series de intervalos RR na posição ortostática com o decremento absoluto e relativo da FC na recuperação ativa após-esforço.

Neste caso, os resultados apresentados demonstram que as variáveis que descrevem a atividade de modulação global e os marcadores de modulação vagal se correlacionaram negativamente com o decremento da FC após-esforço a partir do terceiro minuto de recuperação.

A Área da Elipse em associação com o decremento da FC apresentou forte correlação absoluta e relativa com o terceiro e quinto minuto de recuperação. Os coeficientes de *Spearman* foram $r_s = -0.53$; $p=0.00$ (ΔabsFC3) e $r_s = -0.45$; $p=0.01$ ($\Delta\%\text{FC3}$). e $r_s = -0.63$; $p=0.00$ (ΔabsFC5) e $r_s = -0.51$; $p=0.01$ ($\Delta\%\text{FC5}$).

O SD1, apresentou semelhante comportamento de correlação comparativamente a variável Área da Elipse. Verificou-se correlação negativa no terceiro minuto $r_s = -0.45$; $p=0.00$ (ΔabsFC3) e $r_s = -0.39$; $p=0.02$ ($\Delta\%\text{FC3}$) e no quinto minuto $r_s = -0.54$; $p=0.00$ (ΔabsFC5) e $r_s = -0.40$; $p=0.02$ ($\Delta\%\text{FC5}$).

O SD2, marcador de modulação global da variabilidade da frequência cardíaca, como observado, apresentou o mesmo comportamento de correlação com o decremento

da FC. No terceiro minuto observou correlação negativa com o decremento absoluto $r_s = -0.40$; $p=0.02$ e no quinto minuto, correlação negativa com o decremento absoluto $r_s = -0.45$; $p=0.01$. Ainda, observa-se tendência de significância estatística da correlação do SD2 com o terceiro minuto de recuperação $r_s = -0.20$; $p=0.10$ ($\Delta\%FC3$) e no quinto minuto de correlação $r_s = -0.31$; $p=0.08$ ($\Delta\%FC5$).

O coeficiente de correlação na posição ortostática obteve correlação com o decremento cronotrópico no quinto minuto de recuperação. O coeficiente de *Spearman* registrado foi $r_s = 0.38$; $p=0.03$. Verificou-se ainda tendência de significância estatística desta variável com o terceiro minuto de recuperação. As correlações foram $r_s = 0.33$; $p=0.06$ ($\Delta absFC3$) e $r_s = 0.30$; $p=0.09$ ($\Delta\%FC3$).

Ao final da apresentação dos dados deste subitem, incluíram-se as **Figuras 19 a 22** que resumem os principais achados deste capítulo. Desta forma ao proceder à análise da correlação entre o decremento cronotrópico no primeiro, terceiro e quinto minutos de recuperação com os diversos métodos da análise da VFC, verificamos que na distribuição dos intervalos agrupados segundo os índices da VFC, que os marcadores da atividade parassimpática no repouso, posição ortostática, correlacionam - se negativamente com o decremento da FC no primeiro, terceiro e quinto minutos de recuperação após o esforço. No sentido oposto desta análise, os dados demonstram que os marcadores do tônus simpático no período de repouso na posição ortostática correlacionaram-se positivamente com o decremento da FC no primeiro, terceiro e quinto minutos de recuperação após o esforço.

Destaca-se o fato de que a magnitude da correlação dos marcadores parassimpáticos e simpáticos aumenta em função do tempo de recuperação. Os diagramas de dispersão e as respectivas correlações estão descritas nas Figuras 17 a 18.

TABELA 22. Correlação (n=31) entre os diversos **índices temporais** das séries de intervalo RR na **posição supina** previamente ao esforço com o **decremento absoluto e percentual** das frequências cardíacas obtidas no período de **recuperação ativa após o esforço**

	ΔabsFC1		$\Delta\%FC1$		ΔabsFC3		$\Delta\%FC3$		ΔabsFC5		$\Delta\%FC5$	
	r_s	p	r_s	p	r_s	p	r_s	p	r_s	p	r_s	p
iRR	-0,05	0,75	-0,06	0,73	0,24	0,19	0,18	0,33	0,37*	0,04	0,26	0,14
Média (ms)	-0,03	0,87	-0,01	0,94	-0,35*	0,05	-0,24	0,18	-0,39*	0,03	-0,22	0,21
Desvio Padrão (ms)	0,06	0,74	0,07	0,67	-0,12	0,50	-0,06	0,73	-0,09	0,63	0,05	0,78
Coefficiente de Variação (%)	0,11	0,54	0,12	0,50	0,03	0,82	0,10	0,56	0,12	0,48	0,20	0,26
pNN50 (%)	-0,02	0,88	-0,01	0,93	-0,19	0,30	-0,09	0,62	-0,22	0,22	-0,04	0,82
r-MSSD (ms)	-0,01	0,93	-0,00	0,99	-0,20	0,26	-0,10	0,56	-0,23	0,20	-0,05	0,78

ΔabsFC1 . ΔabsFC3 . ΔabsFC5 :decremento da frequência cardíaca no primeiro. terceiro e quinto minuto; $\Delta\%FC1$. $\Delta\%FC3$. $\Delta\%FC5$: decremento percentual da frequência cardíaca no primeiro. terceiro e quinto minuto; r_s = Coeficiente de correlação de Spearman; p = nível de significância

TABELA 23. Correlação (n=31) entre os diversos **índices temporais** das séries de intervalo RR na **posição ortostática** previamente ao esforço com o **decremento absoluto e percentual** das frequências cardíacas obtidas no período de **recuperação ativa após o esforço**

	ΔabsFC1		$\Delta\%FC1$		ΔabsFC3		$\Delta\%FC3$		ΔabsFC5		$\Delta\%FC5$	
	r_s	p	r_s	p	r_s	p	r_s	p	r_s	p	r_s	p
iRR	0,08	0,66	0,06	0,73	0,09	0,59	0,05	0,79	0,20	0,27	0,14	0,45
Média (ms)	-0,04	0,82	-0,01	0,94	-0,20	0,27	-0,11	0,52	-0,30	0,10	-0,19	0,30
Desvio Padrão (ms)	-0,15	0,40	-0,14	0,44	-0,45*	0,01	-0,33	0,07	-0,50*	0,00	-0,35*	0,05
Coefficiente de Variação (%)	-0,12	0,50	-0,12	0,51	-0,29*	0,10	-0,23	0,19	-0,33*	0,06	-0,24	0,19
pNN50 (%)	-0,28	0,12	-0,27	0,13	-0,48*	0,006	-0,42*	0,01	-0,55*	0,001	-0,41*	0,01
r-MSSD (ms)	-0,25	0,16	-0,23	0,20	-0,45*	0,009	-0,39*	0,03	-0,55*	0,001	-0,41*	0,02

r_s = Coeficiente de correlação de Spearman; p = nível de significância; Demais abreviaturas como na TABELA 21

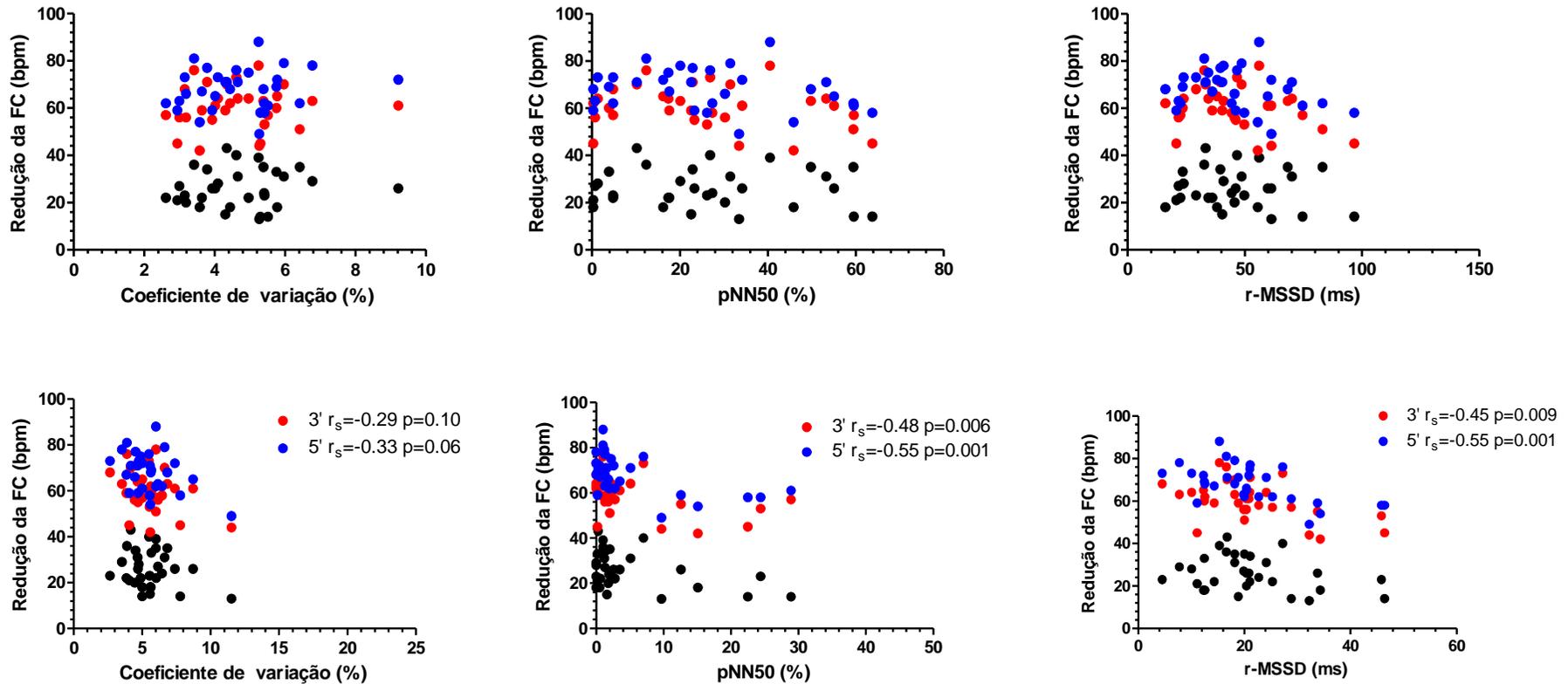


FIGURA 11. Correlação entre a redução absoluta da frequência cardíaca (FC) no 1º (círculo preto), 3º (círculo vermelho) e 5º (círculo azul) minutos de recuperação pós-esforço em esteira na postura ortostática e os **índices temporais da variabilidade da frequência cardíaca** nas posturas supina (gráficos acima) e ortostática (gráficos abaixo) no repouso basal previamente ao esforço. Os coeficientes de correlação de *Spearman* e seus respectivos valores de *p* nas posturas supina e ortostática no 1º, 3º e 5º minutos pós-esforço, quando não mostraram-se significativos encontram-se nas **TABELAS 21 e 22**.

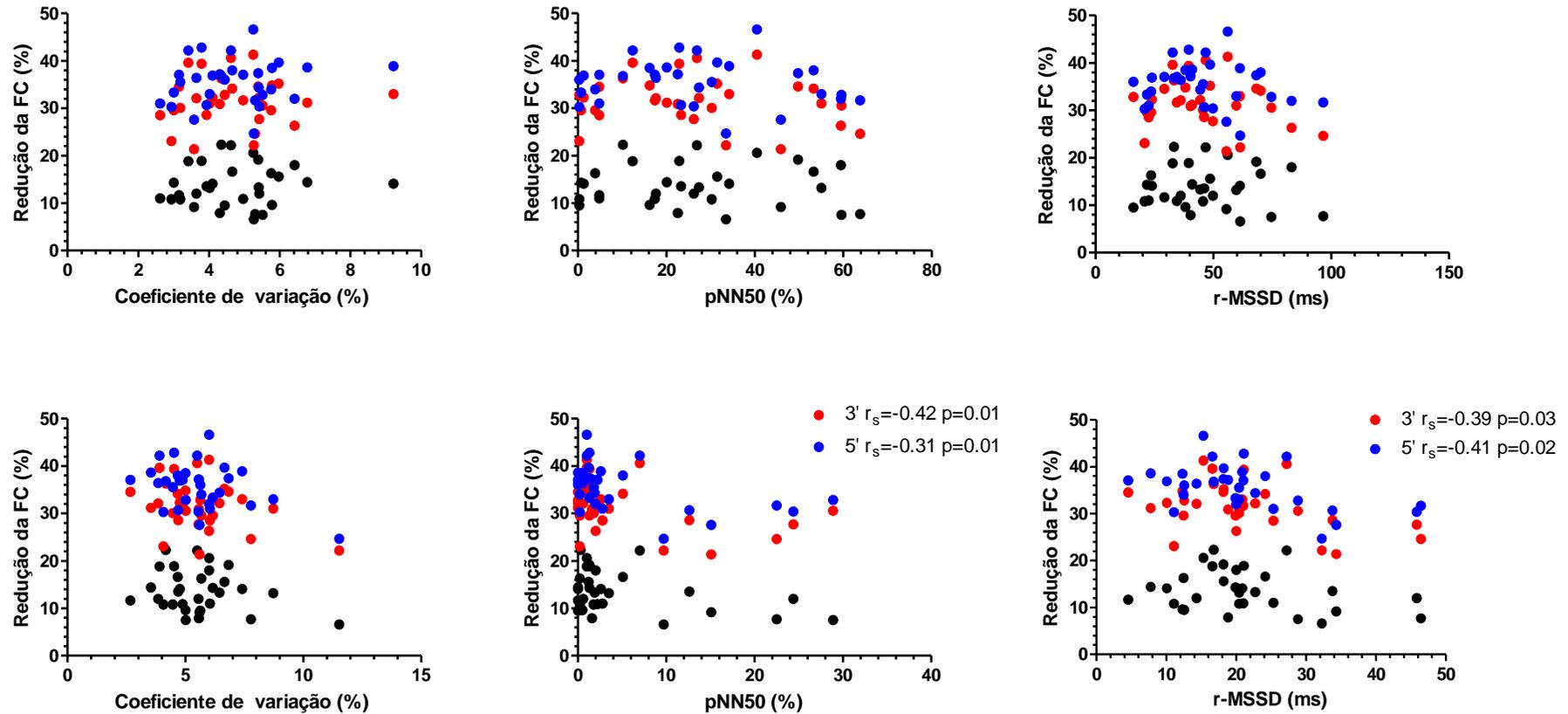


FIGURA 12. Correlação entre a redução relativa da frequência cardíaca (FC) no 1º (círculo preto), 3º (círculo vermelho) e 5º (círculo azul) minutos de recuperação pós-esforço em esteira na postura ortostática e os **índices temporais da variabilidade da frequência cardíaca** nas posturas supina (gráficos acima) e ortostática (gráficos abaixo) no repouso basal previamente ao esforço. Os coeficientes de correlação de *Spearman* e seus respectivos valores de *p* nas posturas supina e ortostática no 1º, 3º e 5º minutos pós-esforço, quando não mostraram-se significativos encontram-se nas **TABELAS 22 e 23**.

TABELA 24. Correlação (n=31) entre os diversos **índices espectrais** das séries de intervalo RR na **posição supina** previamente ao esforço com o **decremento absoluto e percentual** das frequências cardíacas obtidas no período de **recuperação após o esforço**

	ΔabsFC1		$\Delta\%FC1$		ΔabsFC3		$\Delta\%FC3$		ΔabsFC5		$\Delta\%FC5$	
	r_s	p	r_s	p	r_s	p	r_s	p	r_s	p	r_s	p
Área Total (ms ²)	0,06	0,72	0,08	0,63	-0,05	0,78	0,04	0,82	-0,04	0,83	0,13	0,47
Razão BF/AF	0,23	0,20	0,23	0,21	0,35*	0,05	0,34*	0,06	0,40*	0,02	0,33*	0,07
Área Nor BF	0,24	0,20	0,24	0,19	0,36*	0,04	0,34*	0,06	0,41*	0,02	0,33*	0,06
Área Nor AF	-0,18	0,33	-0,17	0,35	-0,24	0,19	-0,22	0,23	-0,30*	0,09	-0,21	0,325

Abs: absoluto; Rel: relativo; Nor: normalizada; BF: baixa frequência; AF = alta frequência; ΔabsFC1 . ΔabsFC3 . ΔabsFC5 :decremento da frequência cardíaca no primeiro. terceiro e quinto minuto; $\Delta\%FC1$. $\Delta\%FC3$. $\Delta\%FC5$: decremento percentual da frequência cardíaca no primeiro. terceiro e quinto minuto; r_s = Coeficiente de correlação de Spearman; **p** = nível de significância;

TABELA 25. Correlação (n=31) entre os diversos **índices espectrais** das séries de intervalo RR na **posição ortostática** previamente ao esforço com o **decremento absoluto e percentual** das frequências cardíacas obtidas no período de **recuperação após o esforço**

	ΔabsFC1		$\Delta\%FC1$		ΔabsFC3		$\Delta\%FC3$		ΔabsFC5		$\Delta\%FC5$	
	r_s	p	r_s	p	r_s	p	r_s	p	r_s	p	r_s	p
Área Total (ms ²)	-0,18	0,31	-0,16	0,40	-0,41*	0,02	-0,27	0,13	-0,52*	0,003	-0,33	0,07
Razão BF/AF	0,17	0,34	0,15	0,41	0,29	0,11	0,31	0,08	0,38*	0,03	0,38*	0,03
Área Nor BF	0,17	0,34	0,16	0,38	0,30*	0,10	0,32*	0,07	0,38*	0,03	0,38*	0,03
Área Nor AF	-0,16	0,38	-0,15	0,41	-0,28	0,11	-0,31*	0,08	-0,37*	0,04	-0,38*	0,03

r_s = Coeficiente de correlação de Spearman; **p** = nível de significância; Demais abreviaturas como na TABELA 23

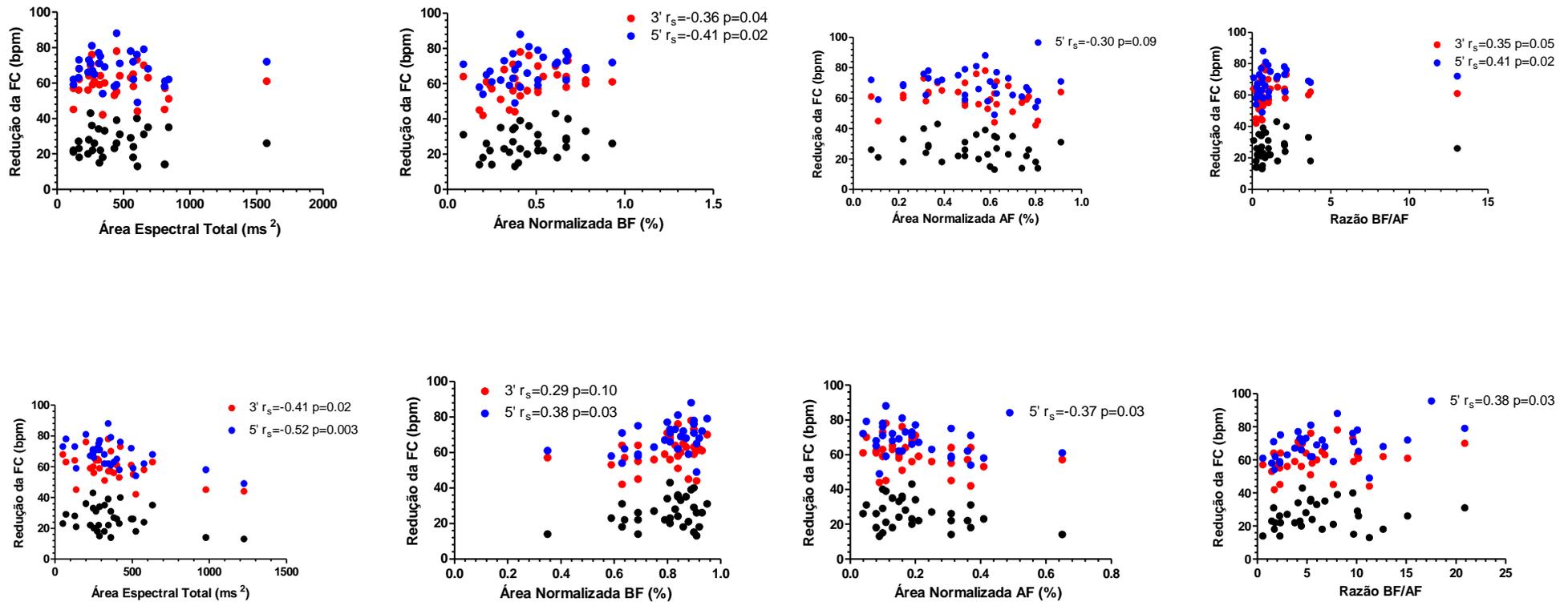


FIGURA 13. Correlação entre a redução absoluta da frequência cardíaca (FC) no 1º (círculo preto), 3º (círculo vermelho) e 5º (círculo azul) minutos de recuperação pós-esforço em esteira na postura ortostática e os **índices espectrais da variabilidade da frequência cardíaca** nas posturas supina (gráficos acima) e ortostática (gráficos abaixo) no repouso basal previamente ao esforço. Os coeficientes de correlação de *Spearman* e seus respectivos valores de *p* nas posturas supina e ortostática no 1º, 3º e 5º minutos pós-esforço, quando não mostraram-se significativos encontram-se nas **TABELAS 23 e 24**.

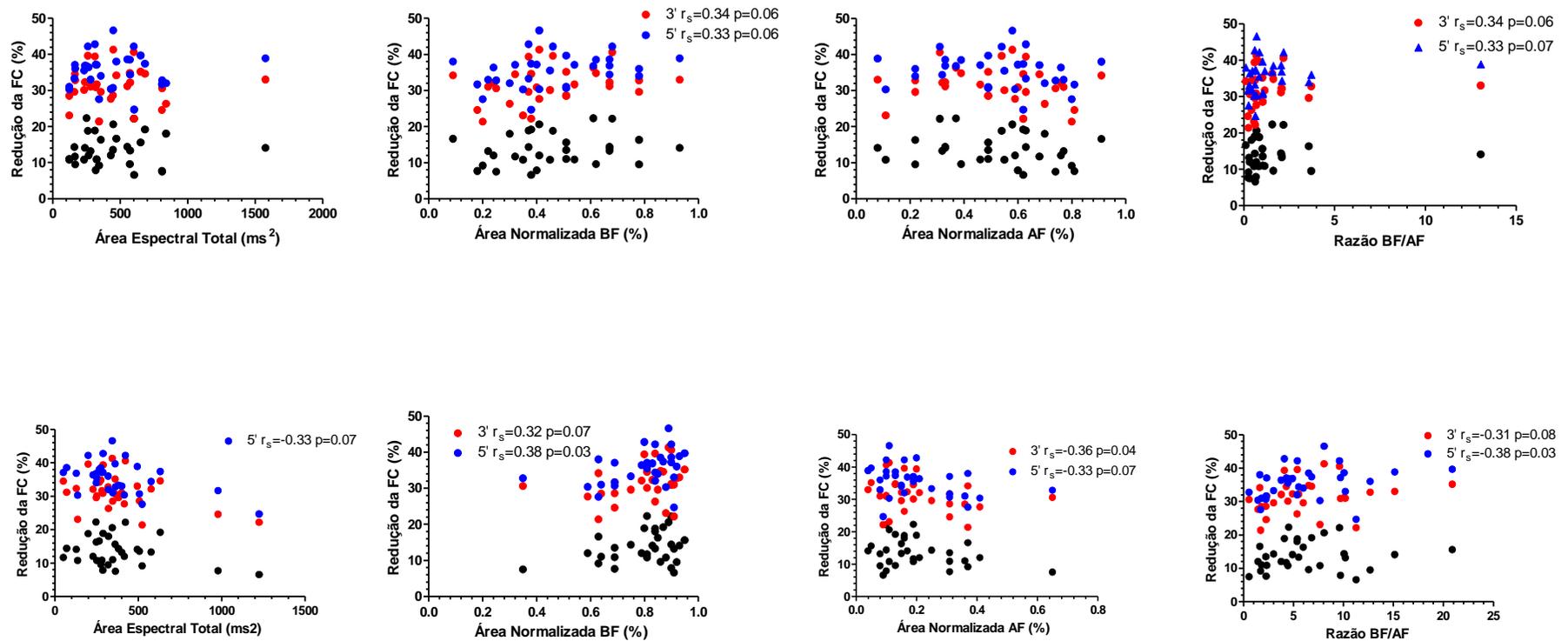


FIGURA 14. Correlação entre a redução relativa da frequência cardíaca (FC) no 1º (círculo preto), 3º (círculo vermelho) e 5º (círculo azul) minutos de recuperação pós-esforço em esteira na postura ortostática e os **índices espectrais da variabilidade da frequência cardíaca** nas posturas supina (gráficos acima) e ortostática (gráficos abaixo) no repouso basal previamente ao esforço. Os coeficientes de correlação de *Spearman* e seus respectivos valores de *p* nas posturas supina e ortostática no 1º, 3º e 5º minutos pós-esforço, quando não mostraram-se significativos encontram-se nas **TABELAS 23 e 24**.

TABELA 26. Correlação (n=31) entre os diversos **índices tempo-frequenciais** das séries de intervalo RR na **posição supina** previamente ao esforço com o **decremento absoluto e percentual** das frequências cardíacas obtida durante o período de **recuperação após o esforço**

	ΔabsFC1		$\Delta\text{FC1 \%}$		ΔabsFC3		$\Delta\text{FC3 \%}$		ΔabsFC5		$\Delta\text{FC5 \%}$	
	r_s	p										
Grau	0,06	0,73	0,08	0,63	-0,04	0,80	0,03	0,87	-0,04	0,80	0,11	0,55
Natureza	0,23	0,20	0,23	0,20	0,32*	0,07	0,28	0,11	0,34*	0,05	0,25	0,17
Área Razão > 1 (s)	0,29*	0,10	0,29	0,11	0,28	0,12	0,26	0,16	0,33*	0,07	0,25	0,17
Área Razão < 1 (s)	-0,19	0,30	-0,18	0,31	-0,28	0,12	-0,24	0,19	-0,31*	0,09	-0,20	0,26
CV da Razão (%)	0,10	0,56	0,11	0,55	-0,10	0,59	-0,07	0,67	0,06	0,74	0,09	0,62

CV: Coeficiente de Variação; ΔabsFC1 . ΔabsFC3 . ΔabsFC5 :decremento da frequência cardíaca no primeiro. terceiro e quinto minuto; $\Delta\%\text{FC1}$. $\Delta\%\text{FC3}$. $\Delta\%\text{FC5}$: decremento percentual da frequência cardíaca no primeiro. terceiro e quinto minuto; r_s = Coeficiente de correlação de Spearman; p = nível de significância;

TABELA 27. Correlação (n=31) entre os diversos **índices tempo-frequenciais** das séries de intervalo RR na **posição ortostática** previamente ao esforço com o **decremento absoluto e percentual** das frequências cardíacas obtidas durante o período de **recuperação após o esforço**

	ΔabsFC1		$\Delta\text{FC1 \%}$		ΔabsFC3		$\Delta\text{FC3 \%}$		ΔabsFC5		$\Delta\text{FC5 \%}$	
	r_s	p										
Grau	-0,10	0,58	-0,09	0,62	-0,41*	0,02	-0,29	0,11	-0,48*	0,005	-0,35*	0,05
Natureza	0,33*	0,06	0,30*	0,09	0,43*	0,01	0,42*	0,01	0,45*	0,009	0,41*	0,02
Área Razão > 1 (s)	0,29	0,11	0,25	0,17	0,34*	0,06	0,34*	0,06	0,38*	0,03	0,32*	0,07
Área Razão < 1 (s)	-0,44*	0,01	-0,41*	0,02	-0,45*	0,01	-0,42*	0,01	-0,50*	0,004	-0,41*	0,02
CV da Razão (%)	-0,27	0,12	-0,33*	0,07	-0,31*	0,09	-0,32*	0,08	-0,26	0,14	-0,31*	0,08

r_s = Coeficiente de correlação de Spearman; p = nível de significância; Demais abreviaturas como na TABELA 25

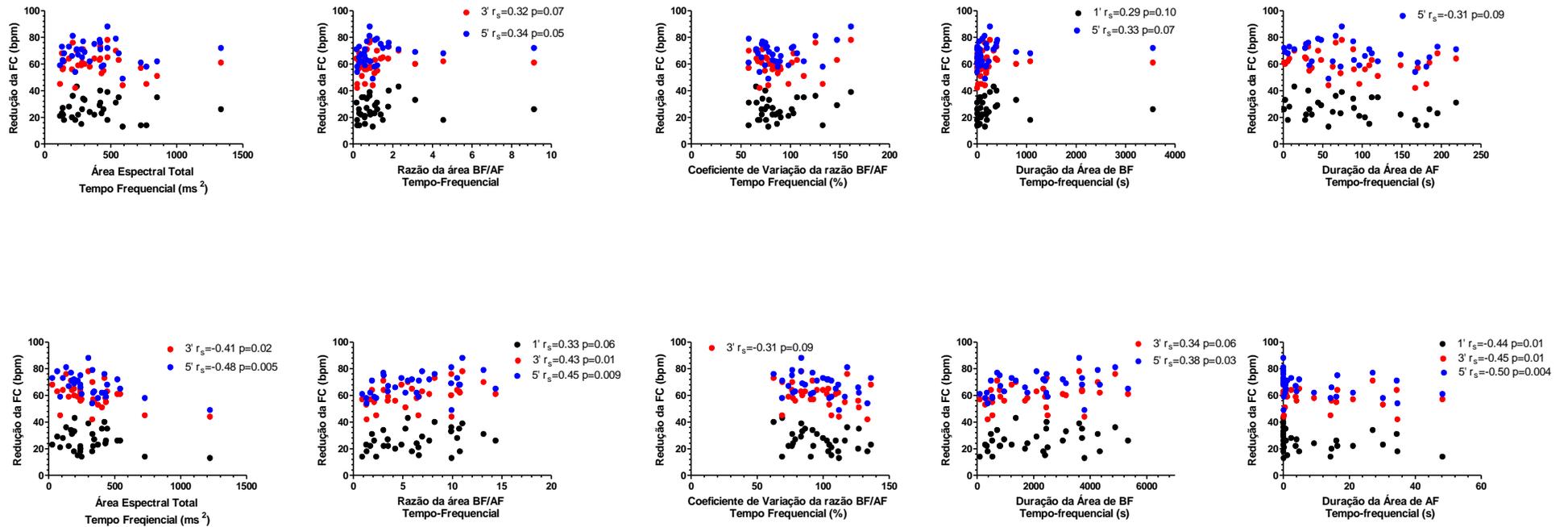


FIGURA 15. Correlação entre a redução absoluta da frequência cardíaca (FC) no 1º (círculo preto), 3º (círculo vermelho) e 5º (círculo azul) minutos de recuperação pós-esforço em esteira na postura ortostática e os **índices tempo-freqüenciais da variabilidade da frequência cardíaca** nas posturas supina (gráficos acima) e ortostática (gráficos abaixo) no repouso basal previamente ao esforço. Os coeficientes de correlação de *Spearman* e seus respectivos valores de *p* nas posturas supina e ortostática no 1º, 3º e 5º minutos pós-esforço, quando não mostraram-se significativos encontram-se nas **TABELAS 25 e 26**.

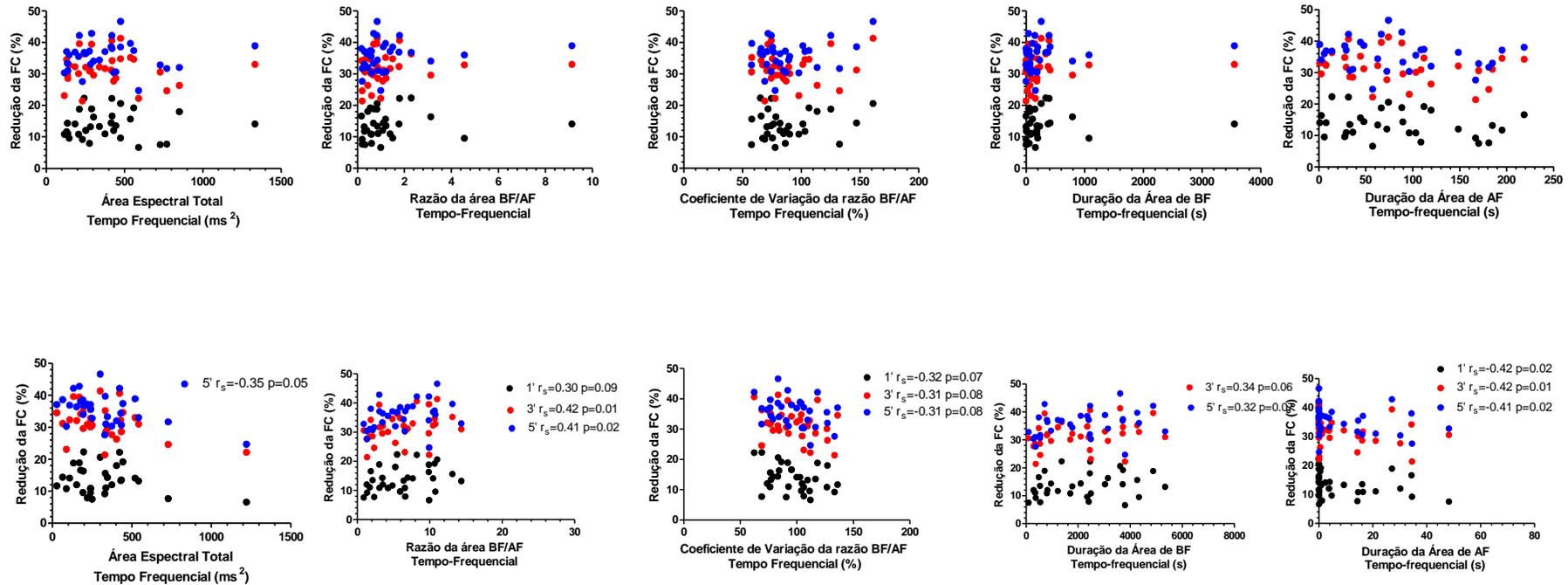


FIGURA 16. Correlação entre a redução absoluta da frequência cardíaca (FC) no 1º (círculo preto), 3º (círculo vermelho) e 5º (círculo azul) minutos de recuperação pós-esforço em esteira na postura ortostática e os **índices tempo-frequenciais da variabilidade da frequência cardíaca** nas posturas supina (gráficos acima) e ortostática (gráficos abaixo) no repouso basal previamente ao esforço. Os coeficientes de correlação de *Spearman* e seus respectivos valores de *p* nas posturas supina e ortostática no 1º, 3º e 5º minutos pós-esforço, quando não mostraram-se significativos encontram-se nas **TABELAS 25 e 26**.

TABELA 28. Correlação (n=31) entre os diversos **índices do Poincare** das séries de intervalo RR na **posição supina** previamente ao esforço com o **decremento absoluto e percentual** das frequências cardíacas obtida durante o período de **recuperação após o esforço**

	ΔabsFC1		$\Delta\text{FC1 \%}$		ΔabsFC3		$\Delta\text{FC3 \%}$		ΔabsFC5		$\Delta\text{FC5 \%}$	
	r_s	p										
Nº de pontos	-0,02	0,90	-0,02	0,89	0,25	0,17	0,21	0,24	0,38	0,03	0,31	0,08
Centróide (ms)	-0,02	0,89	0,00	0,96	-0,35	0,05	-0,24	0,18	-0,38	0,03	-0,22	0,22
SD1	-0,01	0,92	-0,00	0,98	-0,20	0,27	-0,10	0,58	-0,23	0,20	-0,04	0,81
SD2	0,07	0,67	0,09	0,61	-0,08	0,66	-0,02	0,88	-0,01	0,93	0,09	0,63
Razão SD1/SD2	-0,17	0,35	-0,13	0,46	-0,17	0,35	-0,12	0,51	-0,20	0,27	-0,15	0,41
AE (ms ²)	0,04	0,81	0,06	0,73	-0,12	0,50	-0,02	0,88	-0,11	0,52	0,06	0,75
Coefficiente de Correlação	0,14	0,42	0,15	0,41	0,20	0,26	0,14	0,43	0,29	0,10	0,17	0,35

AE: área da elipse; ΔabsFC1 . ΔabsFC3 . ΔabsFC5 :decremento da frequência cardíaca no primeiro, terceiro e quinto minuto; $\Delta\%FC1$. $\Delta\%FC3$. $\Delta\%FC5$: decremento percentual da frequência cardíaca no primeiro, terceiro e quinto minuto; r_s = Coeficiente de correlação de Spearman; p = nível de significância;

TABELA 29. Correlação (n=31) entre os diversos **índices do Poincaré** das séries de intervalo RR na **posição ortostática** previamente ao esforço com o **decremento absoluto e percentual** das frequências cardíacas obtidas durante o período de **recuperação após o esforço**

	ΔabsFC1		$\Delta\text{FC1 \%}$		ΔabsFC3		$\Delta\text{FC3 \%}$		ΔabsFC5		$\Delta\text{FC5 \%}$	
	r_s	p										
Nº de pontos	0,07	0,67	0,05	0,75	0,12	0,50	0,06	0,72	0,22	0,22	0,15	0,41
Centróide (ms)	-0,04	0,82	-0,01	0,94	-0,20	0,27	-0,11	0,52	-0,30	0,09	-0,19	0,30
SD1	-0,25	0,16	-0,23	0,19	-0,45*	0,009	-0,39*	0,02	-0,54*	0,001	-0,40*	0,02
SD2	-0,13	0,45	-0,12	0,50	-0,40*	0,02	-0,29	0,11	-0,45*	0,01	-0,31	0,08
Razão SD1/SD2	-0,14	0,43	-0,13	0,48	-0,26	0,14	-0,25	0,16	-0,31*	0,09	-0,23	0,21
AE (ms ²)	-0,25	0,17	-0,25	0,17	-0,53*	0,002	-0,45*	0,01	-0,63*	0,001	-0,51*	0,003
Coefficiente de Correlação	0,14	0,44	0,12	0,51	0,33	0,06	0,30	0,09	0,38*	0,03	0,28	0,11

r_s = Coeficiente de correlação de Spearman; p = nível de significância; Demais abreviaturas como na TABELA 27

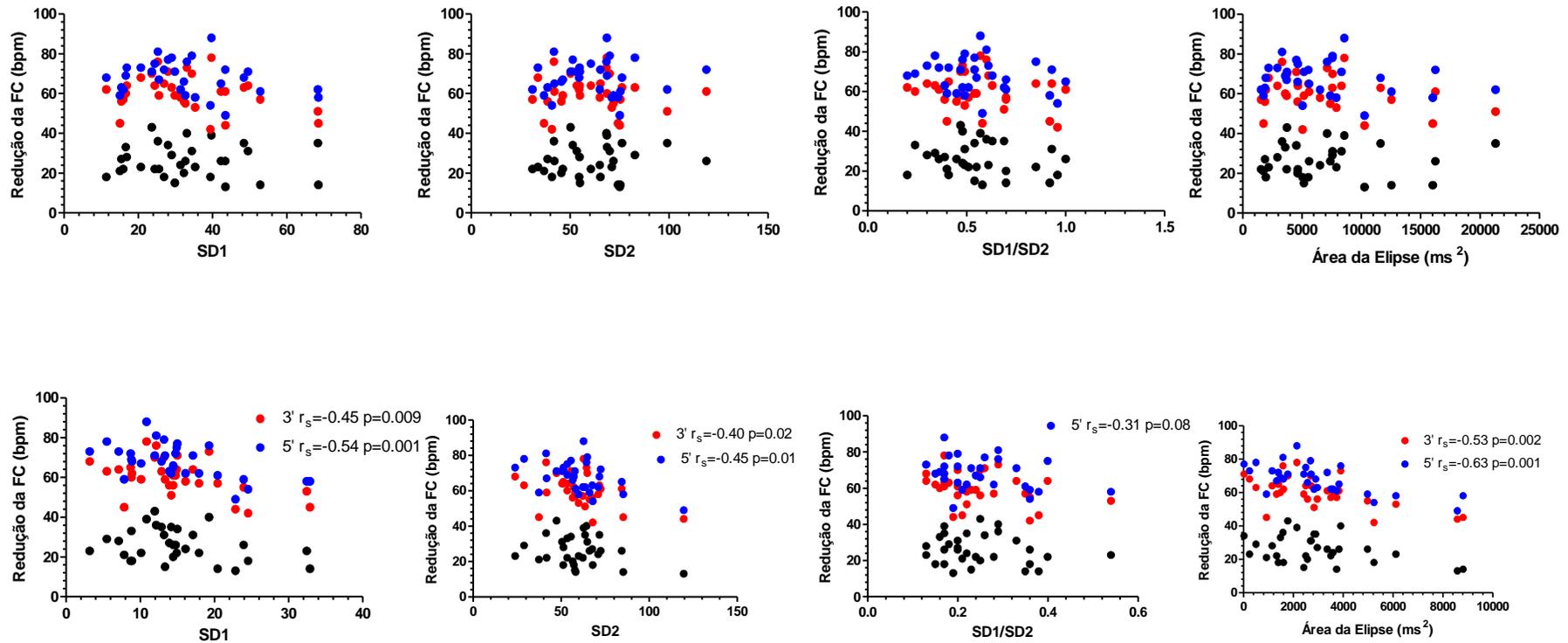


FIGURA 17. Correlação entre a redução absoluta da frequência cardíaca (FC) no 1º (círculo preto), 3º (círculo vermelho) e 5º (círculo azul) minutos de recuperação pós-esforço em esteira na postura ortostática e os **índices de Poincaré da variabilidade da frequência cardíaca** nas posturas supina (gráficos acima) e ortostática (gráficos abaixo) no repouso basal previamente ao esforço. Os coeficientes de correlação de *Spearman* e seus respectivos valores de *p* nas posturas supina e ortostática no 1º, 3º e 5º minutos pós-esforço, quando não mostraram-se significativos encontram-se nas **TABELAS 27 e 28**.

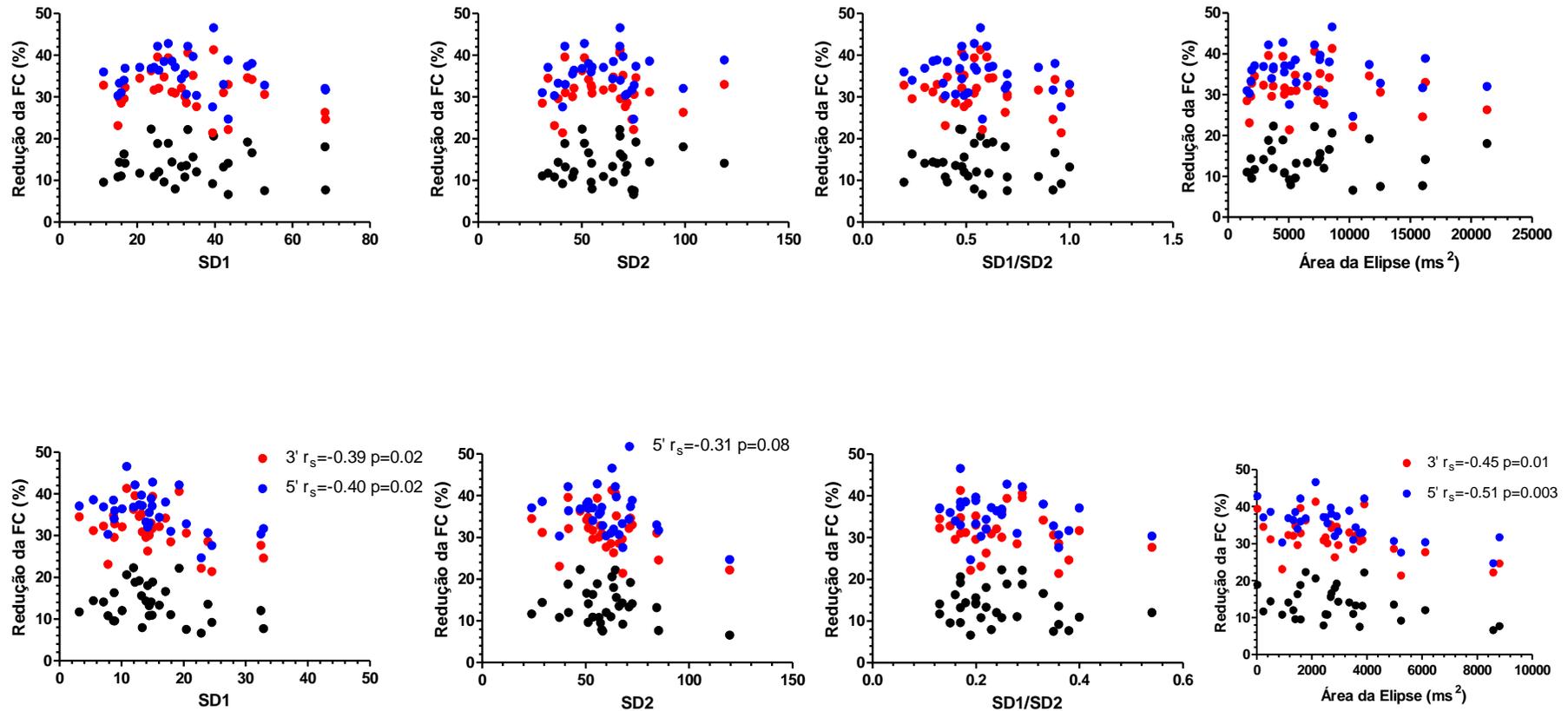


FIGURA 18. Correlação entre a redução relativa da frequência cardíaca (FC) no 1º (círculo preto), 3º (círculo vermelho) e 5º (círculo azul) minutos de recuperação pós-esforço em esteira na postura ortostática e os **índices de Poincaré da variabilidade da frequência cardíaca** nas posturas supina (gráficos acima) e ortostática (gráficos abaixo) no repouso basal previamente ao esforço. Os coeficientes de correlação de *Spearman* e seus respectivos valores de *p* nas posturas supina e ortostática no 1º, 3º e 5º minutos pós-esforço, quando não mostraram-se significativos encontram-se nas **TABELAS 27 e 28**.

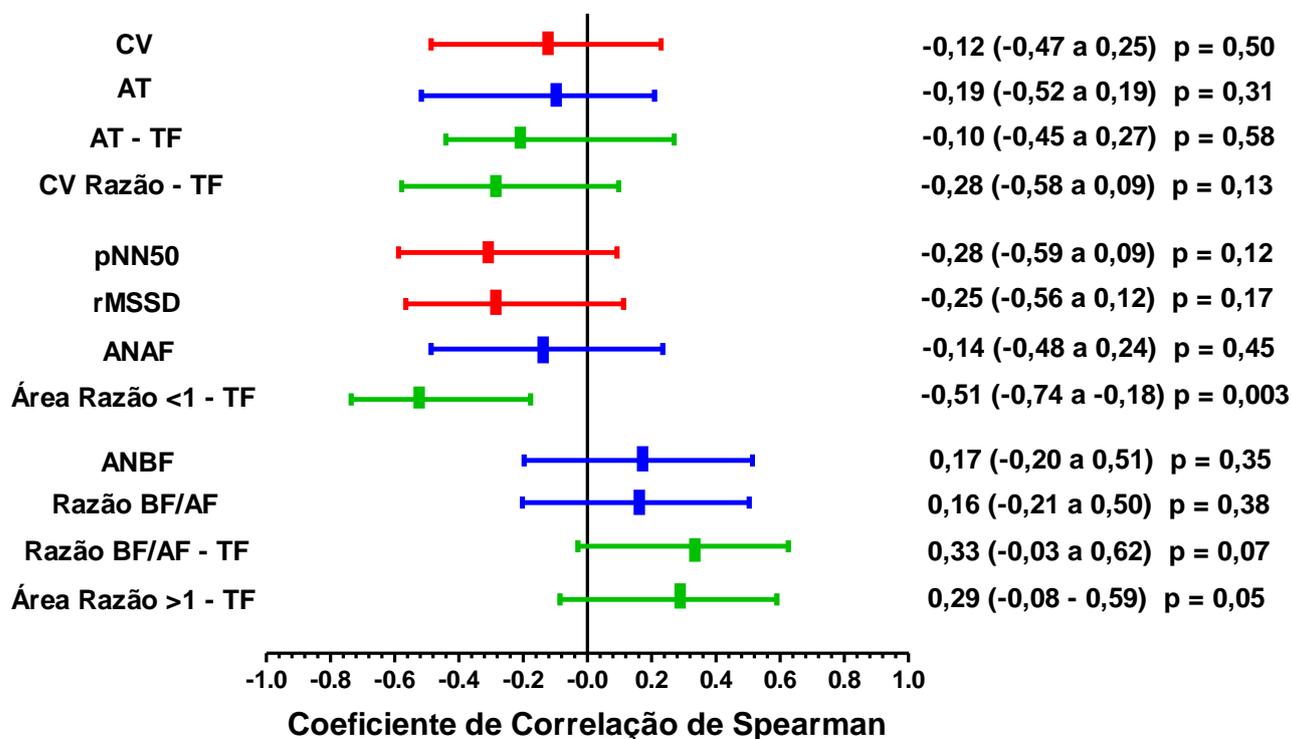


FIGURA 19. Intervalo de confiança (95%) do coeficiente de correlação de *Spearman* entre o decremento absoluto da frequência cardíaca **no 1º minuto** de recuperação ativa após-esforço em esteira e os índices temporais, espectrais e tempo-frequenciais da variabilidade da frequência cardíaca durante 5 minutos no repouso basal, na postura ortostática. À *esquerda*: distribuição dos intervalos agrupados segundo os índices indicadores da natureza da modulação autonômica cardíaca (modulação global, modulação parassimpática e modulação simpática). À *direita*: coeficientes de correlação com seus intervalos de confiança. *Acima*: distribuição dos intervalos agrupados segundo os índices de variabilidade da frequência cardíaca (temporais, espectrais, tempo-frequenciais e Poincaré).

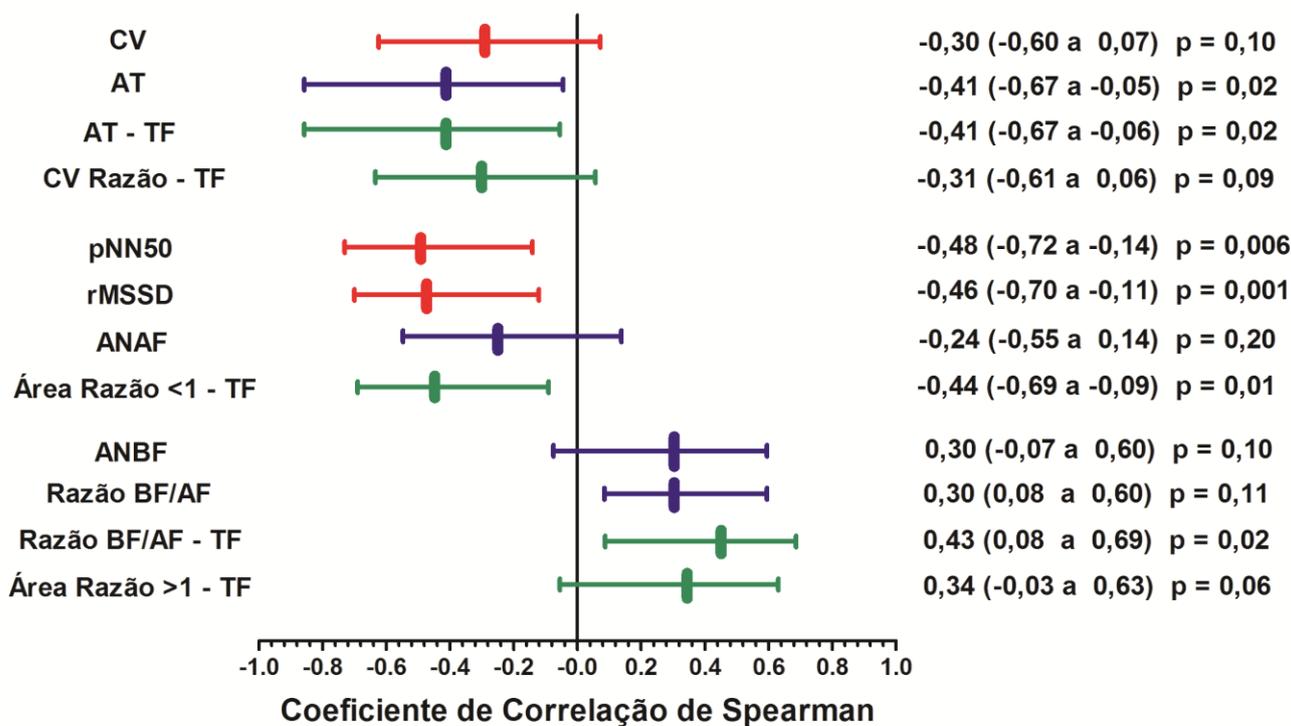


FIGURA 20. Intervalo de confiança (95%) do coeficiente de correlação de *Spearman* entre o decremento absoluto da frequência cardíaca **no 3º minuto** de recuperação ativa após-esforço em esteira e os índices temporais, espectrais e tempo-frequenciais da variabilidade da frequência cardíaca durante 5 minutos no repouso basal, na postura ortostática. À *esquerda*: distribuição dos intervalos agrupados segundo os índices indicadores da natureza da modulação autonômica cardíaca (modulação global, modulação parassimpática e modulação simpática). À *direita*: coeficientes de correlação com seus intervalos de confiança. *Acima*: distribuição dos intervalos agrupados segundo os índices de variabilidade da frequência cardíaca (temporais, espectrais, tempo-frequenciais e Poincaré).

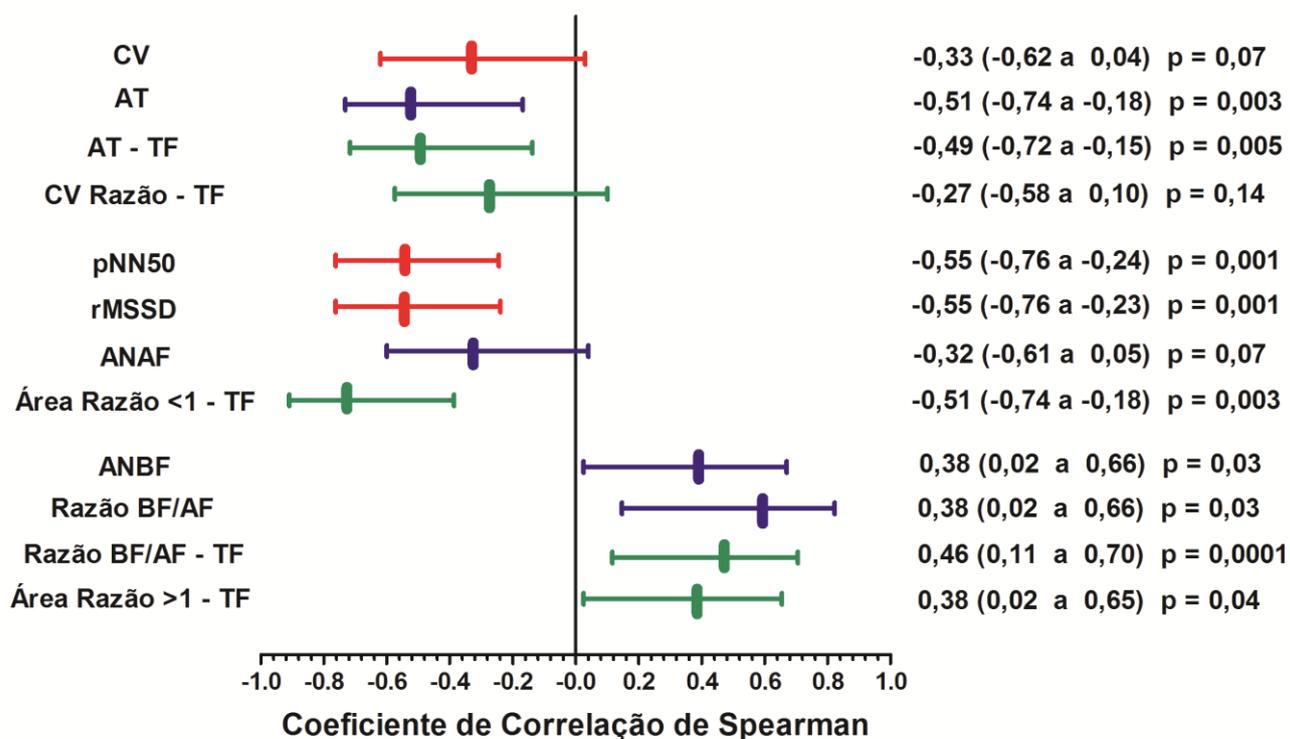


FIGURA 21. Intervalo de confiança (95%) do coeficiente de correlação de *Spearman* entre o decremento absoluto da frequência cardíaca **no 5º minuto** de recuperação ativa pós-esforço ergométrico em esteira e os índices temporais, espectrais e tempo-frequenciais da variabilidade da frequência cardíaca durante 5 minutos no repouso basal, na postura ortostática. À *esquerda*: distribuição dos intervalos agrupados segundo os índices indicadores da natureza da modulação autonômica cardíaca (modulação global, modulação parassimpática e modulação simpática). À *direita*: coeficientes de correlação com seus intervalos de confiança. *Acima*: distribuição dos intervalos agrupados segundo os índices de variabilidade da frequência cardíaca (temporais espectrais, tempo-frequenciais e Poincaré).

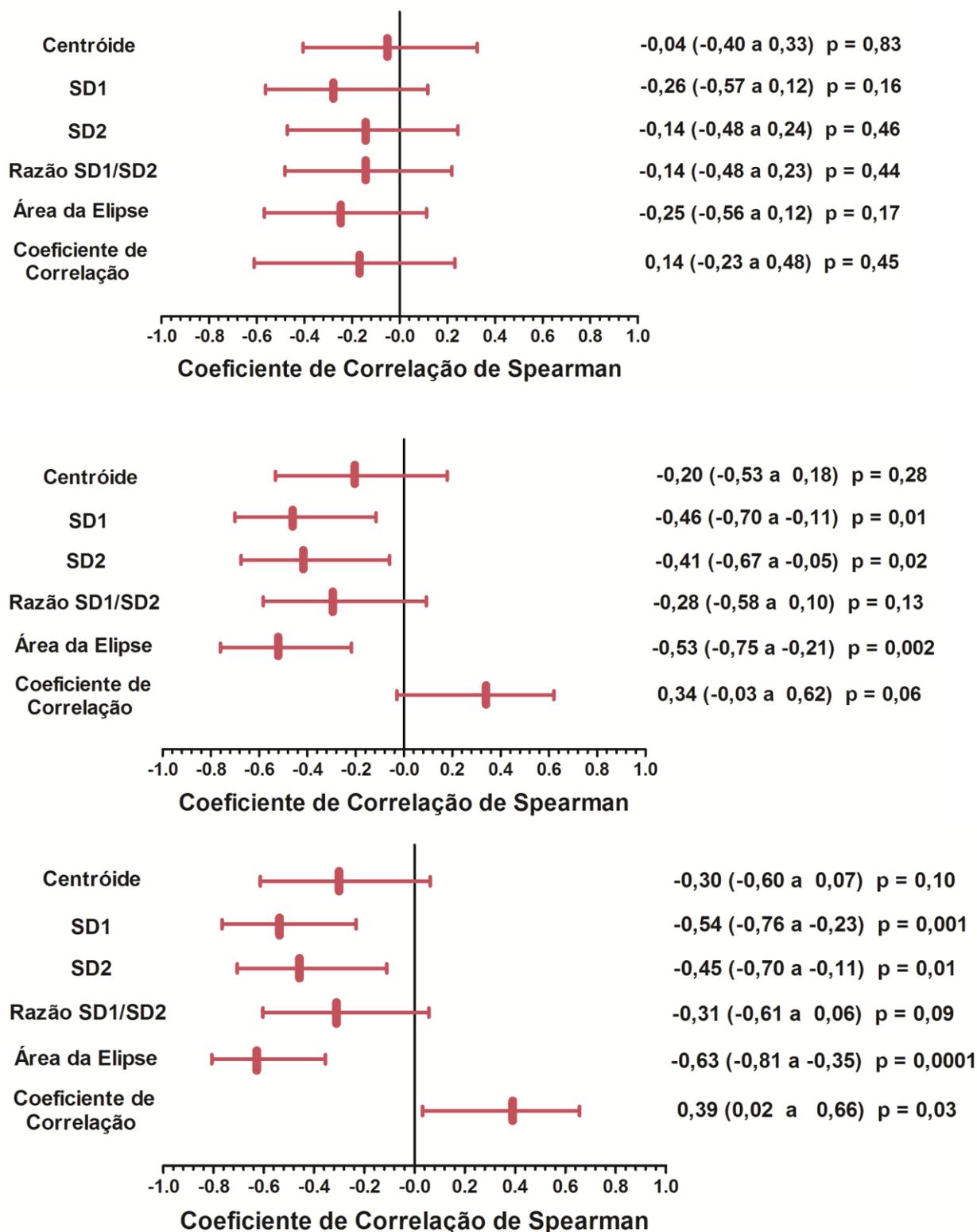


FIGURA 22. Intervalo de confiança (95%) do coeficiente de correlação de *Spearman* entre o decremento absoluto da frequência cardíaca **no 1º, 3º e 5º minutos** de recuperação ativa após-esforço em esteira e os índices de Poincaré da variabilidade da frequência cardíaca durante 5 minutos no repouso basal, na postura ortostática. *Acima*: correlação dos índices de Poincaré com o 1º minuto de recuperação. *No meio*: correlação dos índices de Poincaré com o 3º minuto de recuperação. *Abaixo*: correlação dos índices de Poincaré com o 3º minuto de recuperação.

6. Correlação entre o decremento cronotrópico no período de recuperação após-esforço e as variações da modulação autonômica cardíaca com a mudança da postura supina para a ortostática

Na Tabela 30 e 31 estão descritos as correlações das variações absoluta e relativa dos diversos índices temporais das séries de intervalo R-R na recuperação após o esforço.

- Decremento cronotrópico absoluto:

Observa-se a correlação positiva do decremento cronotrópico no quinto minuto com as variações absoluta e relativa do desvio padrão $r_s = 0.36$; $p=0,04$ (Δ abs) e $r_s = 0.44$; $p=0.01$ ($\Delta\%$) e correlação no terceiro minuto com a variação relativa do desvio padrão ($\Delta\%$) $r_s = 0.39$; $p=0.03$.

Verifica-se tendência de significância estatística entre a variação absoluta do desvio padrão com o decremento da FC no primeiro e terceiro minutos de recuperação, $r_s = 0.30$; $p=0,09$ e $r_s = 0.30$; $p=0.09$, respectivamente. Foi verificada tendência de significância estatística entre a variação relativa ($\Delta\%$) do desvio padrão com o primeiro minuto de recuperação $r_s = 0.33$; $p=0,06$.

Na Tabela 31 estão descritas as correlações absolutas e relativas da variação da mudança de decúbito da variável coeficiente de variação com o decremento da FC após o esforço.

Observa-se a correlação entre as variáveis a partir do terceiro minuto de recuperação. As correlações foram $r_s = 0.39$; $p=0,02$ (Δ abs) e $r_s = 0.44$; $p=0.01$ ($\Delta\%$) no

terceiro e $r_s = 0.45$; $p=0,01$ (Δ_{abs}) e $r_s = 0.48$; $p=0.005$ ($\Delta\%$) no quinto minuto de recuperação.

Foi verificada tendência de significância estatística na correlação entre o primeiro minuto de recuperação com a variação relativa do coeficiente de variação $r_s = 0.30$; $p=0.10$.

As variações da mudança de decúbito do marcador da atividade vagal no domínio do tempo, o pNN50, correlacionaram-se com o decremento da FC nos três minutos de análise. As correlações foram $r_s = 0.36$; $p=0.04$ no primeiro minuto, $r_s = 0.49$; $p=0.004$ no terceiro minuto e $r_s = 0.54$; $p=0.001$ e no quinto minuto de recuperação, ambas as correlações foram para a $\Delta\%$ do pNN50.

A variação do rMSSD apresentou correlação com o quinto minuto de recuperação $r_s = 0.39$; $p=0.02$. Verificou-se tendência de significância estatística entre a variação relativa (rMSSD) com o terceiro minuto de recuperação $r_s = 0.33$; $p=0.06$.

Na Tabela 32 estão descritos as correlações das variações absoluta e relativa dos diversos índices espectrais das séries de intervalo RR na recuperação após o esforço.

A variação da mudança de decúbito para a variável área total correlacionou-se com o decremento da FC. A magnitude das correlações e as probabilidades obtidas tornam-se mais robustas com o aumento do tempo de recuperação. Neste sentido, ambas as variações da área total correlacionaram-se com o primeiro minuto de recuperação $r_s = 0.40$; $p=0,02$ (Δ_{abs}) e $r_s = 0.34$; $p=0.06$ ($\Delta\%$), com o terceiro minuto de correlação $r_s = 0.50$; $p=0,003$ (Δ_{abs}) e $r_s = 0.49$; $p=0.005$ ($\Delta\%$), e quinto minuto de correlação $r_s = 0.60$; $p=0,0004$ (Δ_{abs}) e $r_s = 0.34$; $p=0.0004$ ($\Delta\%$).

Na Tabela 33, estão descritos as correlações das variações absolutas e relativas dos diversos índices tempo-frequenciais das séries de intervalo RR na recuperação após o esforço.

A variação de decúbito da variável GRAU correlacionou-se absolutamente e relativamente com o terceiro e quinto minutos de recuperação. As correlações foram: terceiro minuto: $r_s = 0.41$; $p=0,02$ (Δ abs) e $r_s = 0.43$; $p=0.01$ ($\Delta\%$); quinto minuto $r_s = 0.52$; $p=0,00$ (Δ abs) e $r_s = 0.53$; $p=0.00$ ($\Delta\%$). Na sequência, o coeficiente de variação da razão correlacionou-se de forma absoluta e relativa com o primeiro minuto de recuperação e tendência de significância estatística no quinto minuto de recuperação. As correlações foram $r_s = 0.45$; $p=0,01$ (Δ abs) e $r_s = 0.44$; $p=0.01$ ($\Delta\%$) no primeiro minuto e $r_s = 0.33$; $p=0,06$ (Δ abs) e $r_s = 0.31$; $p=0.08$ ($\Delta\%$) no quinto minuto.

A variação relativa da área razão <1 (s) correlacionou-se com os três períodos de análise durante a recuperação após o esforço, a saber: $r_s = 0.38$; $p=0,03$, $r_s = 0.36$; $p=0,04$ e $r_s = 0.38$; $p=0,03$ no primeiro, terceiro e quinto minuto de recuperação, respectivamente.

Por outro lado, somente a variação absoluta do balanço simpato-vagal correlacionou-se com o decremento da FC após o esforço. Verifica-se a associação das variáveis no terceiro minuto $r_s = -0.38$; $p=0,03$ e quinto minuto $r_s = -0.38$; $p=0,03$. No primeiro minuto de recuperação observa-se tendência de significância estatística $r_s = -0.32$; $p=0,07$. Nas Tabelas 34 e 35 estão descritos as correlações da variação absoluta e relativa dos diversos índices de Poincaré das séries de intervalo RR na recuperação após o esforço.

Verifica-se que as variações relativas das variáveis SD1, SD2 e área da elipse correlacionam-se com o decremento da FC após o esforço. A variação relativa da área da elipse obteve correlação com o decremento no primeiro minuto $r_s = 0.39$; $p=0,02$, terceiro minuto $r_s = 0.51$; $p=0,002$ e quinto minuto $r_s = 0.60$; $p=0,0004$. Ambas as variações ($\Delta\%$) do SD1 e SD2, correlacionaram-se com o quinto minuto de recuperação, $r_s = 0.39$; $p=0,02$ e $r_s = 0.36$; $p=0.04$, respectivamente. A variação do

índice SD2 correlacionou-se com o decréscimo da FC no quinto minuto ($r_s = 0.37$; $p=0,03$).

- Decréscimo cronotrópico relativo:

Nas Tabelas 36 e 37 estão descritos as correlações das variações absoluta e relativa dos diversos índices temporais das séries de intervalo RR com o decréscimo relativo após o esforço.

Verificou-se que a variação absoluta e relativa na mudança de decúbito quantificado pela variável desvio padrão correlacionou-se com o decréscimo cronotrópico relativo após o esforço. Observou-se correlação da variável desvio padrão com o quinto minuto de recuperação. Os registros foram $r_s = 0.41$; $p=0,02$ (Δ abs) e $r_s = 0.46$; $p=0.00$ ($\Delta\%$). No terceiro minuto de recuperação verificou-se correlação entre a variação relativa do desvio padrão com o terceiro minuto de recuperação $r_s = 0.38$; $p=0.03$.

O coeficiente de variação correlacionou-se com o terceiro e quinto minutos de recuperação. As correlações foram $r_s = 0.35$; $p=0,04$ (Δ abs) e $r_s = 0.41$; $p=0.02$ ($\Delta\%$) no terceiro minuto e $r_s = 0.40$; $p=0,02$ (Δ abs) e $r_s = 0.41$; $p=0.01$ ($\Delta\%$) no quinto minuto.

Verificou-se tendência de significância estatística da correlação da variação relativa do coeficiente de variação com o primeiro minuto de recuperação $r_s = 0.30$; $p=0.10$.

As variações relativas observadas na mudança de decúbito da variável pNN50 correlacionaram-se com o decréscimo cronotrópico após o esforço. As correlações foram no primeiro minuto $r_s = 0.37$; $p=0.04$; terceiro minuto $r_s = 0.50$ $p=0.004$; e quinto minuto de recuperação e $r_s = 0.49$; $p=0.004$.

A variação relativa do rMSSD correlacionou-se com o decréscimo cronotrópico no terceiro ($r_s = 0.36$; $p=0.04$) e quinto ($r_s = 0.44$; $p=0.01$) minutos de recuperação.

Na Tabela 38, estão descritas as correlações entre as variações absolutas e relativas da mudança de decúbito (supino – ortostático) com dos diversos índices espectrais.

Foi verificada correlação entre a variável área total com a recuperação da FC após o esforço. As variações absolutas correlacionaram-se com o primeiro minuto ($r_s = 0.39$; $p=0.02$) com o terceiro minuto ($r_s = 0.49$; $p=0.005$) e quinto minuto ($r_s = 0.61$; $p=0.0003$). As variações relativas da área total correlacionaram-se com o terceiro minuto ($r_s = 0.45$; $p=0.01$) e com o quinto minuto ($r_s = 0.58$; $p=0.0006$). No primeiro minuto observa-se tendência de significância estatística ($r_s = 0.32$; $p=0.07$).

A variação do balanço simpato-vagal (razão BF/AF) obteve tendência de significância estatística com o decremento cronotrópico no terceiro minuto $r_s = -0.29$; $p=0.10$ e quinto minuto de recuperação $r_s = -0,33$; $p=0.06$.

Na Tabela 39 estão descritos as correlações das variações absolutas e relativas dos índices tempo- frequências das séries de intervalo RR com o decremento relativo após o esforço.

Verificou-se que as variáveis que quantificam a magnitude da modulação autonômica cardíaca global, o grau e o coeficiente de variação da razão, obtiveram correlação com o decremento relativo da FC após o esforço. As correlações entre o grau e o decremento relativo foram no terceiro e quinto minutos de recuperação. A magnitude e probabilidades registradas entre as correlações foram $r_s = 0.39$; $p=0,02$ (Δ_{abs}) e $r_s = 0.39$; $p=0.02$ ($\Delta\%$) no terceiro minuto, $r_s = 0.55$; $p=0,00$ (Δ_{abs}) e $r_s = 0.56$; $p=0.00$ ($\Delta\%$) no quinto minuto de recuperação.

O coeficiente de variação da razão correlacionou-se absolutamente e relativamente com o decremento cronotrópico após o esforço. As correlações observadas no primeiro minuto de recuperação foram $r_s = 0.48$; $p=0,00$ (Δ_{abs}) e $r_s =$

0.47; $p=0.00$ ($\Delta\%$) e no quinto minuto de recuperação foram $r_s = 0.38$; $p=0,03$ (Δabs) e $r_s = 0.36$; $p=0.04$ ($\Delta\%$).

A variação absoluta da variável natureza (balanço simpato-vagal) obteve tendência estatística ao correlacionar-se com o decremento da FC no terceiro e quinto minutos $r_s = -0.34$; $p=0,06$ e $r_s = -0.31$; $p=0.08$, respectivamente.

Nas Tabelas 40 e 41 estão descritos as correlações das variações absolutas e relativas dos diversos índices de Poincaré das séries de intervalo RR com o decremento relativo após o esforço.

As correlações observadas neste domínio com o decremento cronotrópico após o esforço foram verificadas entre as variações dos marcadores vagais. A variação da variável SD1 correlacionou-se com o decremento no terceiro minuto $r_s = 0.35$; $p=0.04$ ($\Delta\%$) e no quinto minuto $r_s = 0.44$; $p=0.01$ ($\Delta\%$). A variação relativa da área da elipse correlacionou-se com os três momentos de análise do decremento. As correlações registradas foram $r_s = 0.41$; $p=0.01$; $r_s = 0.52$; $p=0.002$ e $r_s = 0.64$; $p=0.0001$. Ainda, verificou-se correlação da variação absoluta com o decremento no quinto minuto de análise $r_s = 0.44$; $p=0.01$ e tendência de significância estatística no terceiro minuto de análise $r_s = 0.30$; $p=0.09$.

Por fim, verificou-se tendência de significância estatística entre o SD2 e o quinto minuto da recuperação, a saber: $r_s = 0.33$; $p=0,06$ (Δabs) e $r_s = 0.32$; $p=0.07$ ($\Delta\%$).

TABELA 30. Correlação (n=31) entre o decremento absoluto da frequência cardíaca (FC) no 1º, 3º e 5º minutos do período de recuperação ativa após-esforço ($\Delta\text{absFC}_{1,3,5}$) e as variações absoluta (Δabs) e relativa ($\Delta\%$) dos índices **temporais** da variabilidade da FC com a mudança da postura **supina para a ortostática**

	iRR				Média (ms)				Desvio Padrão (ms)			
	Δabs		$\Delta\%$		Δabs		$\Delta\%$		Δabs		$\Delta\%$	
	r_s	p	r_s	p	r_s	p	r_s	p	r_s	p	r_s	p
ΔabsFC1	-0,11	0,54	-0,16	0,37	0,03	0,85	0,02	0,88	0,30*	0,09	0,33*	0,06
ΔabsFC3	0,11	0,55	0,11	0,53	-0,23	0,2	-0,16	0,38	0,30*	0,09	0,39*	0,03
ΔabsFC5	0,56	0,76	0,11	0,55	-0,17	0,34	-0,09	0,61	0,36*	0,04	0,44*	0,01

CV: Coeficiente de Variação; ΔabsFC1 , ΔabsFC3 , ΔabsFC5 : decremento da frequência cardíaca no primeiro, terceiro e quinto minuto; $\Delta\%FC1$, $\Delta\%FC3$, $\Delta\%FC5$: decremento percentual da frequência cardíaca no primeiro, terceiro e quinto minuto; Δabs : variação absoluta; $\Delta\%$: variação relativa; r_s = Coeficiente de correlação de Spearman; p = nível de significância;

TABELA 31. Correlação (n=31) entre o decremento absoluto da frequência cardíaca (FC) no 1º, 3º e 5º minutos do período de recuperação ativa após-esforço ($\Delta\text{absFC}_{1,3,5}$) e as variações absoluta (Δabs) e relativa ($\Delta\%$) dos índices **temporais** da variabilidade da FC com a mudança da postura **supina para a ortostática**

	Coeficiente de Variação (%)				pNN50 (%)				r-MSSD (ms)			
	Δabs		$\Delta\%$		Δabs		$\Delta\%$		Δabs		$\Delta\%$	
	r_s	p	r_s	p	r_s	p	r_s	p	r_s	p	r_s	p
ΔabsFC1	0,27	0,13	0,30*	0,10	0,07	0,67	0,36*	0,04	0,04	0,81	0,21	0,28
ΔabsFC3	0,39*	0,02	0,44*	0,01	-0,01	0,92	0,49*	0,004	0,05	0,75	0,33*	0,06
ΔabsFC5	0,45*	0,01	0,48*	0,005	-0,01	0,93	0,54*	0,001	0,07	0,68	0,39*	0,02

r_s = Coeficiente de correlação de Spearman; p = nível de significância; Demais abreviaturas como na TABELA 29

TABELA 32. Correlação (n=31) entre o decremento absoluto da frequência cardíaca (FC) no 1º, 3º e 5º minutos do período de recuperação ativa após-esforço ($\Delta_{abs}FC_{1,3,5}$) e as variações absoluta (Δ_{abs}) e relativa ($\Delta\%$) dos índices **espectrais** da variabilidade da FC com a mudança da postura **supina para a ortostática**

	Área Total (ms ²)				Razão BF/AF				Área Nor BF				Área Nor AF			
	Δ_{abs}		$\Delta\%$		Δ_{abs}		$\Delta\%$		Δ_{abs}		$\Delta\%$		Δ_{abs}		$\Delta\%$	
	r _s	p	r _s	p	r _s	p	r _s	p	r _s	p	r _s	p	r _s	p	r _s	p
$\Delta_{abs}FC1$	0,40*	0,02	0,34*	0,06	-0,13	0,46	-0,02	0,90	0,01	0,99	0,12	0,49	0,04	0,79	0,08	0,65
$\Delta_{abs}FC3$	0,50*	0,003	0,49*	0,005	-0,28	0,12	0,00	0,98	0,08	0,63	0,23	0,20	0,04	0,79	0,14	0,43
$\Delta_{abs}FC5$	0,60*	0,0004	0,60*	0,0004	-0,33*	0,06	-0,01	0,93	0,08	0,64	0,25	0,16	0,02	0,87	0,21	0,25

r_s = Coeficiente de correlação de Spearman; p = nível de significância; Demais abreviaturas como nas TABELAS 23 e 29

TABELA 33. Correlação (n=31) entre o decremento absoluto da frequência cardíaca (FC) no 1º, 3º e 5º minutos do período de recuperação ativa após-esforço ($\Delta_{abs}FC_{1,3,5}$) e as variações absoluta (Δ_{abs}) e relativa ($\Delta\%$) dos índices **tempo-frequencial** da variabilidade da FC com a mudança da postura **supina para a ortostática**

	Grau				Natureza				Área Razão > 1 (s)				Área Razão < 1 (s)				CV da Razão (%)			
	Δ_{abs}		$\Delta\%$		Δ_{abs}		$\Delta\%$		Δ_{abs}		$\Delta\%$		Δ_{abs}		$\Delta\%$		Δ_{abs}		$\Delta\%$	
	r _s	p	r _s	p	r _s	p	r _s	p	r _s	p	r _s	p	r _s	p						
$\Delta_{abs}FC1$	0,28	0,11	0,21	0,25	-0,32*	0,07	-0,11	0,52	0,13	0,48	0,19	0,28	-0,18	0,32	0,38*	0,03	0,45*	0,01	0,44*	0,01
$\Delta_{abs}FC3$	0,41*	0,02	0,43*	0,01	-0,38*	0,03	-0,09	0,62	0,04	0,83	0,27	0,12	-0,22	0,22	0,36*	0,04	0,26	0,14	0,24	0,18
$\Delta_{abs}FC5$	0,52*	0,00	0,53*	0,00	-0,38*	0,03	-0,11	0,54	0,07	0,70	0,30*	0,09	-0,25	0,16	0,38*	0,03	0,33*	0,06	0,31*	0,08

CV: Coeficiente de Variação; $\Delta_{abs}FC1$, $\Delta_{abs}FC3$, $\Delta_{abs}FC5$: decremento da frequência cardíaca no primeiro, terceiro e quinto minuto; $\Delta\%FC1$, $\Delta\%FC3$, $\Delta\%FC5$: decremento percentual da frequência cardíaca no primeiro, terceiro e quinto minuto; Δ_{abs} : variação absoluta; $\Delta\%$: variação relativa; r_s = Coeficiente de correlação de Spearman; p = nível de significância;

TABELA 34. Correlação (n=31) entre o decremento absoluto da frequência cardíaca (FC) no 1º, 3º e 5º minutos do período de recuperação ativa após-esforço (Δ absFC1,3,5) e as variações absoluta (Δ abs) e relativa ($\Delta\%$) dos índices **de Poincaré** da variabilidade da FC com a mudança da postura **supina para a ortostática**

	Nº de pontos				Centróide (ms)				SD1				SD2			
	Δ abs		$\Delta\%$		Δ abs		$\Delta\%$		Δ abs		$\Delta\%$		Δ abs		$\Delta\%$	
	r_s	p	r_s	p	r_s	p	r_s	p	r_s	p	r_s	p	r_s	p	r_s	p
Δ absFC1	-0,09	0,60	-0,14	0,45	0,03	0,85	0,03	0,86	0,03	0,84	0,20	0,27	0,28	0,12	0,24	0,19
Δ absFC3	0,11	0,53	0,13	0,46	-0,23	0,20	-0,15	0,39	0,06	0,73	0,33*	0,07	0,28	0,11	0,27	0,12
Δ absFC5	0,07	0,70	0,13	0,47	-0,18	0,32	-0,09	0,62	0,08	0,63	0,39*	0,02	0,37*	0,03	0,36*	0,04

Δ absFC1. Δ absFC3. Δ absFC5: decremento da frequência cardíaca no primeiro, terceiro e quinto minuto; $\Delta\%$ FC1. $\Delta\%$ FC3. $\Delta\%$ FC5: decremento percentual da frequência cardíaca no primeiro, terceiro e quinto minuto; Δ abs: variação absoluta; $\Delta\%$: variação relativa; r_s = Coeficiente de correlação de Spearman; p = nível de significância;

TABELA 35. Correlação (n=31) entre o decremento absoluto da frequência cardíaca (FC) no 1º, 3º e 5º minutos do período de recuperação ativa após-esforço (Δ absFC1,3,5) e as variações absoluta (Δ abs) e relativa ($\Delta\%$) dos índices **de Poincaré** da variabilidade da FC com a mudança da postura **supina para a ortostática**

	Razão SD1/SD2				AE (ms ²)				Coeficiente de Correlação (%)			
	Δ abs		$\Delta\%$		Δ abs		$\Delta\%$		Δ abs		$\Delta\%$	
	r_s	p	r_s	p	r_s	p	r_s	p	r_s	p	r_s	p
Δ absFC1	-0,10	0,56	-0,04	0,78	0,24	0,19	0,39*	0,02	0,06	0,73	0,12	0,5
Δ absFC3	-0,05	0,78	0,05	0,76	0,22	0,22	0,51*	0,002	0,11	0,53	0,12	0,49
Δ absFC5	-0,06	0,72	0,05	0,78	0,27	0,13	0,60*	0,0004	0,16	0,38	0,16	0,37

AE: área da Elipse; Δ absFC1. Δ absFC3. Δ absFC5: decremento da frequência cardíaca no primeiro, terceiro e quinto minuto; $\Delta\%$ FC1. $\Delta\%$ FC3. $\Delta\%$ FC5: decremento percentual da frequência cardíaca no primeiro, terceiro e quinto minuto; Δ abs: variação absoluta; $\Delta\%$: variação relativa; r_s = Coeficiente de correlação de Spearman; p = nível de significância;

TABELA 36. Correlação (n=31) entre o decremento relativo da frequência cardíaca (FC) no 1º, 3º e 5º minutos do período de recuperação ativa após-esforço ($\Delta\%FC_{1,3,5}$) e as variações absoluta (Δabs) e relativa ($\Delta\%$) dos índices **temporais** da variabilidade da FC com a mudança da postura **supina para a ortostática**

	iRR				Média (ms)				Desvio Padrão (ms)			
	Δabs		$\Delta\%$		Δabs		$\Delta\%$		Δabs		$\Delta\%$	
	r_s	p	r_s	p	r_s	p	r_s	p	r_s	p	r_s	p
$\Delta\%FC_1$	-0,08	0,66	-0,14	0,44	0,02	0,88	0,01	0,93	0,32*	0,07	0,34*	0,06
$\Delta\%FC_3$	0,15	0,42	0,13	0,46	-0,19	0,29	-0,14	0,43	0,30*	0,09	0,38*	0,03
$\Delta\%FC_5$	0,08	0,66	0,10	0,57	-0,09	0,62	-0,03	0,85	0,41*	0,02	0,46*	0,00

CV: Coeficiente de Variação; $\Delta absFC_1$. $\Delta absFC_3$. $\Delta absFC_5$:decremento da frequência cardíaca no primeiro, terceiro e quinto minuto; $\Delta\%FC_1$. $\Delta\%FC_3$. $\Delta\%FC_5$: decremento percentual da frequência cardíaca no primeiro, terceiro e quinto minuto; Δabs : variação absoluta; $\Delta\%$: variação relativa; r_s = Coeficiente de correlação de Spearman; p = nível de significância;

TABELA 37. Correlação (n=31) entre o decremento relativo da frequência cardíaca (FC) no 1º, 3º e 5º minutos do período de recuperação ativa após-esforço ($\Delta\%FC_{1,3,5}$) e as variações absoluta (Δabs) e relativa ($\Delta\%$) dos índices **temporais** da variabilidade da FC com a mudança da postura **supina para a ortostática**

	Coeficiente de Variação (%)				pNN50 (%)				r-MSSD (ms)			
	Δabs		$\Delta\%$		Δabs		$\Delta\%$		Δabs		$\Delta\%$	
	r_s	p	r_s	p	r_s	p	r_s	p	r_s	p	r_s	p
$\Delta\%FC_1$	0,27	0,13	0,30*	0,10	0,09	0,61	0,37*	0,04	0,05	0,76	0,21	0,26
$\Delta\%FC_3$	0,35*	0,04	0,41*	0,02	0,08	0,65	0,50*	0,004	0,14	0,43	0,36*	0,04
$\Delta\%FC_5$	0,40*	0,02	0,45*	0,01	0,17	0,34	0,49*	0,004	0,23	0,20	0,44*	0,01

r_s = Coeficiente de correlação de Spearman; p = nível de significância; Demais abreviaturas como na TABELA 35

TABELA 38. Correlação (n=31) entre o decremento relativo da frequência cardíaca (FC) no 1º, 3º e 5º minutos do período de recuperação ativa após-esforço ($\Delta\%FC_{1,3,5}$) e as variações absoluta (Δ_{abs}) e relativa ($\Delta\%$) dos índices **espectrais** da variabilidade da FC com a mudança da postura **supina para a ortostática**

	Área Total (ms ²)				Razão BF/AF				Área Nor BF				Área Nor AF			
	Δ_{abs}		$\Delta\%$		Δ_{abs}		$\Delta\%$		Δ_{abs}		$\Delta\%$		Δ_{abs}		$\Delta\%$	
	r _s	p	r _s	p	r _s	p	r _s	p	r _s	p	r _s	p	r _s	p	r _s	p
$\Delta\%FC_1$	0,39*	0,02	0,32*	0,07	-0,12	0,51	-0,02	0,90	-0,00	0,99	0,12	0,50	0,05	0,76	0,08	0,65
$\Delta\%FC_3$	0,49*	0,005	0,45*	0,01	-0,29*	0,10	-0,01	0,93	0,06	0,72	0,20	0,26	0,07	0,67	0,17	0,34
$\Delta\%FC_5$	0,61*	0,0003	0,58*	0,0006	-0,33*	0,06	-0,06	0,72	0,03	0,86	0,17	0,34	0,11	0,54	0,24	0,18

r_s = Coeficiente de correlação de Spearman; p = nível de significância; Demais abreviaturas como nas TABELAS 23 e 29

TABELA 39. Correlação (n=31) entre o decremento relativo da frequência cardíaca (FC) no 1º, 3º e 5º minutos do período de recuperação ativa após-esforço ($\Delta\%FC_{1,3,5}$) e as variações absoluta (Δ_{abs}) e relativa ($\Delta\%$) dos índices **tempo-frequencial** da variabilidade da FC com a mudança da postura **supina para a ortostática**

	Grau				Natureza				Área Razão > 1 (s)				Área Razão < 1 (s)				CV da Razão (%)			
	Δ_{abs}		$\Delta\%$		Δ_{abs}		$\Delta\%$		Δ_{abs}		$\Delta\%$		Δ_{abs}		$\Delta\%$		Δ_{abs}		$\Delta\%$	
	r _s	p	r _s	p	r _s	p	r _s	p	r _s	p	r _s	p	r _s	p						
$\Delta\%FC_1$	0,30*	0,09	0,21	0,24	-0,28	0,11	-0,09	0,62	-0,22	0,21	0,14	0,43	-0,17	0,33	0,19	0,28	0,48*	0,00	0,47*	0,00
$\Delta\%FC_3$	0,39*	0,02	0,39*	0,02	-0,34*	0,06	-0,10	0,57	-0,27	0,13	0,01	0,94	-0,17	0,35	0,23	0,20	0,29	0,10	0,26	0,14
$\Delta\%FC_5$	0,55*	0,00	0,56*	0,00	-0,31*	0,08	-0,14	0,44	-0,24	0,18	0,00	0,97	-0,15	0,41	0,20	0,25	0,38*	0,03	0,36*	0,04

CV: Coeficiente de Variação; $\Delta_{abs}FC_1$. $\Delta_{abs}FC_3$. $\Delta_{abs}FC_5$:decremento da frequência cardíaca no primeiro, terceiro e quinto minuto; $\Delta\%FC_1$. $\Delta\%FC_3$. $\Delta\%FC_5$: decremento percentual da frequência cardíaca no primeiro, terceiro e quinto minuto; Δ_{abs} : variação absoluta; $\Delta\%$: variação relativa; r_s = Coeficiente de correlação de Spearman; p = nível de significância;

TABELA 40. Correlação (n=31) entre o decremento relativo da frequência cardíaca (FC) no 1º, 3º e 5º minutos do período de recuperação ativa após-esforço ($\Delta\%FC_{1,3,5}$) e as variações absoluta (Δ_{abs}) e relativa ($\Delta\%$) dos índices **de Poincaré** da variabilidade da FC com a mudança da postura **supina para a ortostática**

	Nº de pontos				Centróide (ms)				SD1				SD2			
	Δ_{abs}		$\Delta\%$		Δ_{abs}		$\Delta\%$		Δ_{abs}		$\Delta\%$		Δ_{abs}		$\Delta\%$	
	r_s	p	r_s	p												
$\Delta\%FC1$	-0,06	0,71	-0,11	0,53	0,02	0,88	0,02	0,91	0,04	0,79	0,19	0,28	0,27	0,13	0,23	0,20
$\Delta\%FC3$	0,17	0,35	0,16	0,36	-0,19	0,29	-0,14	0,44	0,14	0,44	0,35*	0,04	0,25	0,16	0,24	0,18
$\Delta\%FC5$	0,11	0,54	0,13	0,45	-0,09	0,60	-0,03	0,86	0,24	0,18	0,44*	0,01	0,33*	0,06	0,32*	0,07

$\Delta_{abs}FC1$. $\Delta_{abs}FC3$. $\Delta_{abs}FC5$:decremento da frequência cardíaca no primeiro. terceiro e quinto minuto; $\Delta\%FC1$. $\Delta\%FC3$. $\Delta\%FC5$: decremento percentual da frequência cardíaca no primeiro, terceiro e quinto minuto; Δ_{abs} : variação absoluta; $\Delta\%$: variação relativa; r_s = Coeficiente de correlação de Spearman; p = nível de significância;

TABELA 41. Correlação (n=31) entre o decremento relativo da frequência cardíaca (FC) no 1º, 3º e 5º minutos do período de recuperação ativa após-esforço ($\Delta\%FC_{1,3,5}$) e as variações absoluta (Δ_{abs}) e relativa ($\Delta\%$) dos índices **de Poincaré** da variabilidade da FC com a mudança da postura **supina para a ortostática**

	Razão SD1/SD2				AE (ms ²)				Coeficiente de Correlação (%)			
	Δ_{abs}		$\Delta\%$		Δ_{abs}		$\Delta\%$		Δ_{abs}		$\Delta\%$	
	r_s	p	r_s	p	r_s	p	r_s	p	r_s	p	r_s	p
$\Delta\%FC1$	-0,12	0,51	-0,06	0,73	0,28	0,12	0,41	0,02	0,06	0,73	0,11	0,52
$\Delta\%FC3$	-0,03	0,86	0,07	0,69	0,30*	0,09	0,52*	0,002	0,05	0,75	0,05	0,78
$\Delta\%FC5$	0,00	0,97	0,09	0,60	0,44*	0,01	0,64*	0,0001	0,04	0,79	0,03	0,86

AE: área da Elipse; $\Delta_{abs}FC1$, $\Delta_{abs}FC3$, $\Delta_{abs}FC5$:decremento da frequência cardíaca no primeiro. terceiro e quinto minuto; $\Delta\%FC1$. $\Delta\%FC3$. $\Delta\%FC5$: decremento percentual da frequência cardíaca no primeiro, terceiro e quinto minuto; Δ_{abs} : variação absoluta; $\Delta\%$: variação relativa; r_s = Coeficiente de correlação de Spearman; p = nível de significância;

7. Correlação entre o decremento cronotrópico no período de recuperação após-esforço e a modulação autonômica cardíaca

7.1. Correlação entre os índices tempo-frequenciais ao longo da recuperação após o esforço com o decremento absoluto e relativo das frequências cardíacas obtidas durante o período de recuperação

Na Tabela 42 estão descritas as correlações entre os índices tempo-frequenciais ao longo da recuperação ativa após o esforço. Verificou-se que a variável Grau, que expressa à magnitude da modulação autonômica cardíaca global correlacionou-se positivamente de forma absoluta e relativa com o decremento da FC a partir do terceiro minuto de recuperação. As correlações obtidas no terceiro minuto foram, $r_s = 0.60$; $p=0,00$ (ΔabsFC3) e $r_s = 0.62$; $p=0.00$ ($\Delta\%FC3$) e no quinto minuto foram $r_s = 0.64$; $p=0,00$ (ΔabsFC5) e $r_s = 0.80$; $p=0.00$ ($\Delta\%FC5$) foram de moderada a forte.

7.2. Correlação entre os índices de Poincaré ao longo da recuperação após o esforço com o decremento absoluto e relativo das frequências cardíacas obtidas durante o período de recuperação

Na Tabela 43 estão descritos as correlações dos índices de Poincaré ao longo da recuperação ativa após o esforço. Verificou-se que a maioria dos marcadores de

modulação global correlacionam positivamente com o decréscimo da FC, principalmente a partir do terceiro minuto de recuperação.

A variável Centróide correlacionou-se com o decréscimo da FC ao longo dos períodos de análise. No primeiro minuto de avaliação verificou-se associação absoluta de $r_s = 0.51$; $p=0,00$ e relativa $r_s = 0.57$; $p=0,00$ no terceiro minuto, associação absoluta de $r_s = 0.59$; $p=0,00$ e relativa $r_s = 0.75$; $p=0,00$ e no quinto, associação absoluta de $r_s = 0.47$; $p=0,00$ e relativa de $r_s = 0.65$; $p=0,00$.

O SD2 apresentou forte associação com o decréscimo da FC a partir do terceiro minuto de análise. As magnitudes das correlações registradas foram: $r_s = 0.37$; $p=0,03$ ($\Delta\%FC1$), $r_s = 0.72$; $p=0,00$ ($\Delta absFC3$), $r_s = 0.77$; $p=0,00$ ($\Delta\%FC3$), $r_s = 0.73$; $p=0,00$ ($\Delta absFC5$) e $r_s = 0.80$; $p=0,00$ ($\Delta\%FC5$). Observou-se tendência de significância estatística da associação desta variável com o primeiro minuto da recuperação absoluta $r_s = 0.34$; $p=0,06$.

A Área da elipse, quantificada em (ms^2) também correlacionou-se com o decréscimo da FC absoluto e relativo a partir do terceiro minuto de recuperação. As correlações foram: $r_s = 0.56$; $p=0,00$ ($\Delta absFC3$), $r_s = 0.64$; $p=0,00$ ($\Delta\%FC3$), $r_s = 0.49$; $p=0,00$ ($\Delta absFC5$) e $r_s = 0.58$; $p=0,00$ ($\Delta\%FC5$).

Por fim o marcador de atividade vagal, o SD1, obteve correlação positiva com o decréscimo da FC a partir do terceiro minuto de recuperação. As correlações foram $r_s = 0.36$; $p=0,00$ ($\Delta absFC3$), $r_s = 0.642$; $p=0,00$ ($\Delta\%FC3$) e no quinto minuto de $r_s = 0.36$; $p=0,04$ ($\Delta\%FC5$).

Os diagramas de dispersão e as respectivas correlações estão descritas nas Figuras 23 a 24.

TABELA 42- Correlação (n=31) entre os diversos **índices tempo-frequenciais** das séries de intervalo RR **na recuperação ativa após o esforço** com o **decremento absoluto e percentual** das frequências cardíacas obtida durante o período de **recuperação ativa após o esforço**

	ΔabsFC1		$\Delta\%FC1$		ΔabsFC3		$\Delta\%FC3$		ΔabsFC5		$\Delta\%FC5$	
	r_s	p	r_s	p	r_s	p	r_s	p	r_s	p	r_s	p
Grau	0,20	0,26	0,23	0,21	0,61*	0,0002	0,62*	0,0002	0,64*	0,0001	0,70*	0,0001
Natureza	-0,01	0,93	-0,03	0,86	0,21	0,25	0,11	0,54	0,32*	0,07	0,26	0,14
Área Razão > 1 (s)	0,19	0,29	0,19	0,30	0,28	0,12	0,20	0,28	0,35*	0,05	0,29	0,10
Área Razão < 1 (s)	-0,01	0,92	0,01	0,95	0,01	0,93	0,16	0,37	-0,10	0,59	0,01	0,92
CV da Razão (%)	0,15	0,39	0,17	0,35	0,15	0,39	0,15	0,42	0,17	0,33	0,17	0,35

ΔabsFC1 . ΔabsFC3 . ΔabsFC5 :decremento da frequência cardíaca no primeiro. terceiro e quinto minuto; $\Delta\%FC1$. $\Delta\%FC3$. $\Delta\%FC5$: decremento percentual da frequência cardíaca no primeiro. terceiro e quinto minuto; r_s = Coeficiente de correlação de Spearman; **p** = nível de significância; Demais abreviaturas como na TABELA 32

TABELA 43- Correlação (n=31) entre os diversos **índices do Poincaré** das séries de intervalo RR **na recuperação ativa após o esforço** com o **decremento absoluto e percentual** das frequências cardíacas obtida durante o período de **recuperação ativa após o esforço**

	ΔabsFC1		$\Delta FC1 \%$		ΔabsFC3		$\Delta FC3 \%$		ΔabsFC5		$\Delta FC5 \%$	
	r_s	p	r_s	p	r_s	p	r_s	p	r_s	p	r_s	p
Nº de pontos	-0,40*	0,02	-0,46*	0,00	-0,42*	0,01	-0,57*	0,00	-0,32	0,07	-0,48*	0,00
Centróide (ms)	0,51*	0,00	0,57*	0,00	0,59*	0,00	0,75*	0,00	0,47*	0,00	0,65*	0,00
SD1	-0,00	0,97	0,00	0,97	0,36*	0,04	0,42*	0,01	0,29	0,11	0,36*	0,04
SD2	0,34*	0,06	0,37*	0,03	0,72*	0,0001	0,77*	0,0001	0,73*	0,0001	0,80*	0,0001
Razão SD1/SD2	-0,25	0,16	-0,27	0,13	-0,03	0,86	-0,01	0,91	-0,12	0,50	-0,09	0,62
AE (ms ²)	0,09	0,60	0,12	0,51	0,56*	0,001	0,64*	0,00	0,49*	0,00	0,58*	0,00
Coeficiente de Correlação	0,27	1,13	0,28	0,11	0,11	0,54	0,08	0,66	0,18	0,32	0,14	0,44

AE: área da elipse; r_s = Coeficiente de correlação de Spearman; **p** = nível de significância; Demais abreviaturas como na TABELA 33

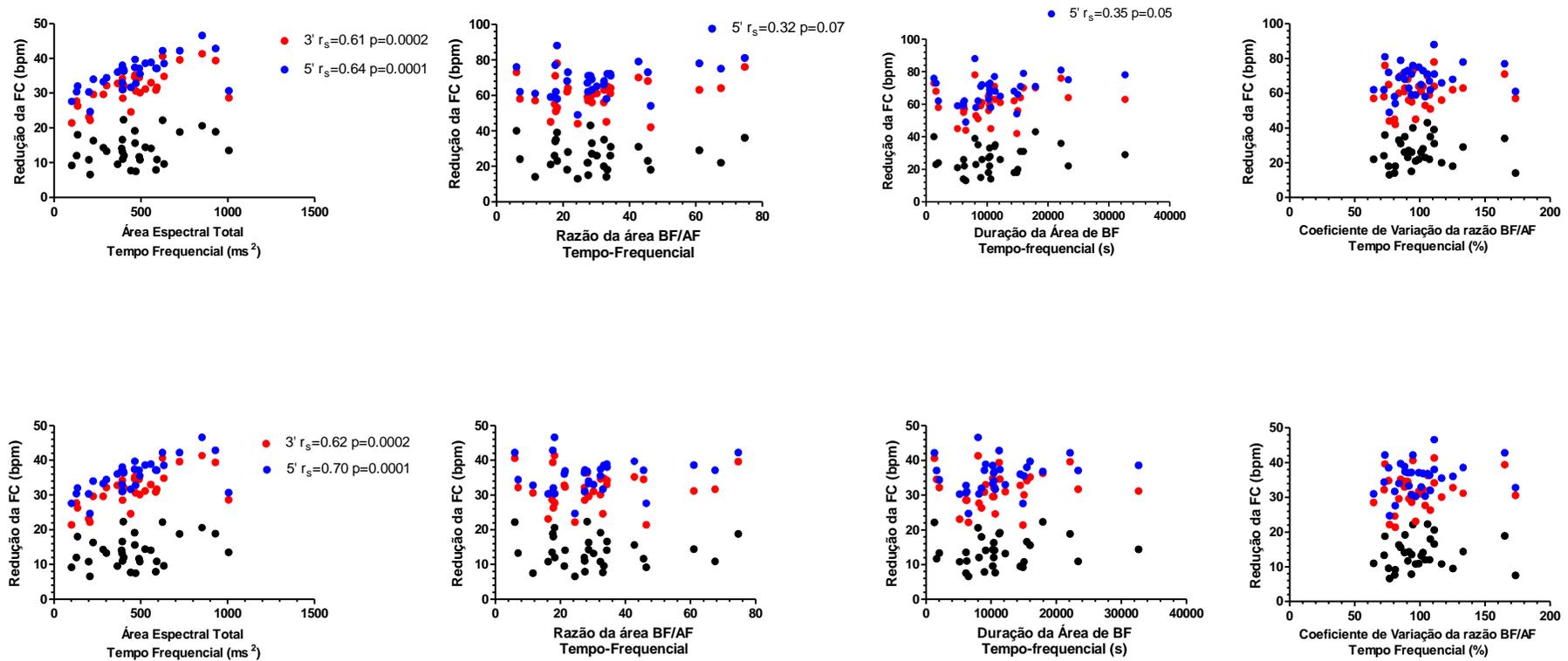


FIGURA 23. Diagrama de correlação (n=31) entre os diversos **índices tempo-freqüenciais** das séries de intervalo RR na **recuperação ativa após o esforço** com o **decremento absoluto (acima) e percentual (abaixo)** das freqüências cardíacas obtida durante o período de **recuperação ativa após o esforço**. Os coeficientes de *Spearman* e seus respectivos valores de *p* na postura ortostática no 1º, 3º e 5º minutos pós-esforço, quando não demonstrados encontra-se na **TABELA 41**

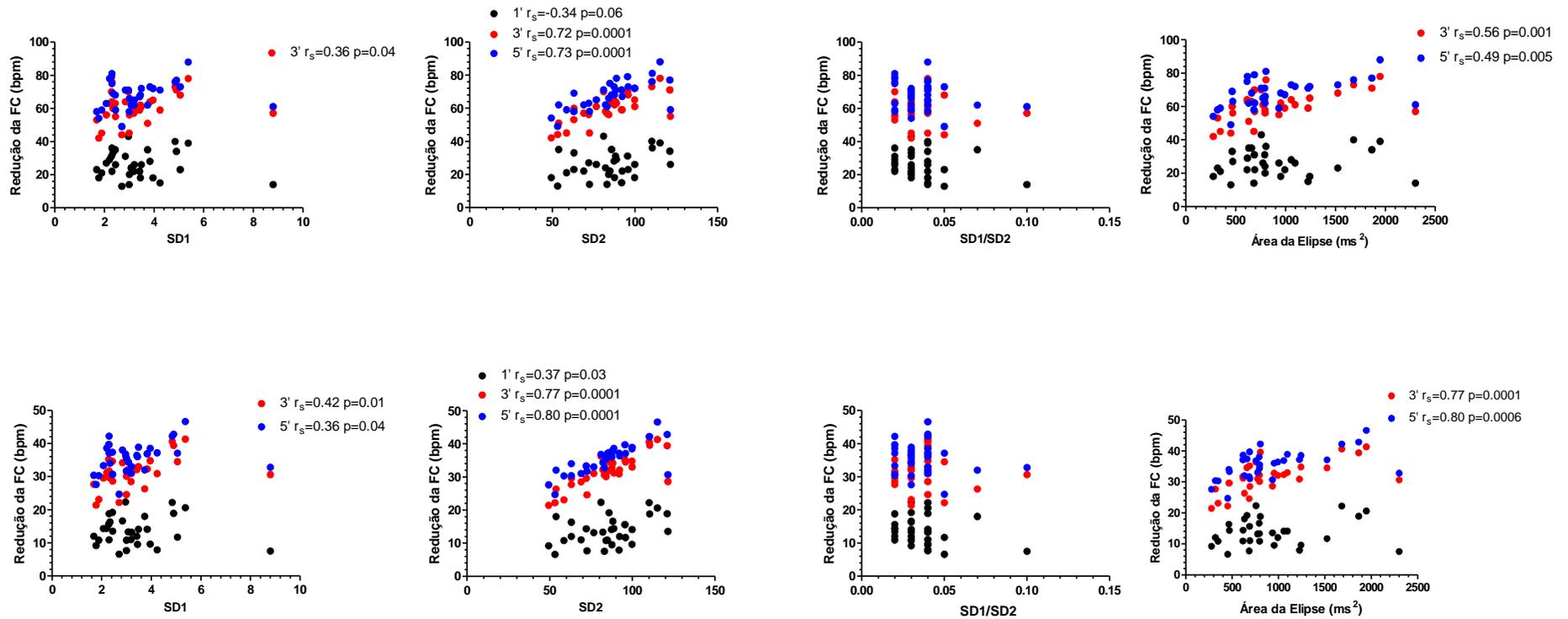


FIGURA 24. Diagrama de correlação ($n=31$) entre os diversos **índices do Poincaré** das séries de intervalo RR na **recuperação ativa após o esforço** com o **decremento absoluto e percentual** das freqüências cardíacas obtida durante o período de **recuperação ativa após o esforço**. Os coeficientes de *Spearman* e seus respectivos valores de p na postura ortostática no 1°, 3° e 5° minutos pós-esforço, quando não demonstrados encontra-se na **TABELA 42**

Discussão

Conforme previamente apresentado no capítulo de resultados, procurou-se desenvolver a atual discussão na mesma sequência dos diversos tópicos em análise.

Contudo como alguns dados possuem relação entre si, em alguns casos não foi possível a separação didática dos conteúdos.

Antes de iniciar a discussão e interpretação específica dos diversos achados desta pesquisa, faz-se necessária a ponderação inicial de algumas considerações gerais que possuem implicações diretas em vários aspectos da discussão, especialmente no que se refere às características da amostra estudada e a natureza do principal fenômeno fisiológico investigado: a função autonômica cardíaca.

Característica da amostra:

A amostra foi composta por indivíduos do sexo masculino, jovens adultos e normais do ponto de vista clínico-cardiológico por meio de exame físico e eletrocardiográfico.

Esta condição clínico-funcional é pressuposto básico para a realização do método de análise da função autonômica cardíaca por meio da VFC na condição de repouso e de recuperação após o esforço.

Entretanto, as características amostrais, relacionadas à função autonômica cardíaca, que apesar de previamente controladas, geram de imediato, uma ampla faixa de variabilidade entre as variáveis quantificadas e avaliadas pela VFC nas formas da análise temporal, espectral, tempo-frequencial e de Poincaré, na amostra estudada se expressa com grande amplitude, em uma faixa de normalidade bastante ampla e carente de delimitações (PUMPRLA *e cols.*, 2002; KLEIGER *e cols.*, 2005)

Diversos estudos (LAUER 2009; LAHIRI *e cols.*, 2008) demonstram que a VFC é atenuada por diversas condições clínico e funcionais. Dentre estas condições, a idade, ou melhor, o avanço da idade é um fator importante que contribui para a redução da VFC (PUMPRLA *e cols.*, 2002). Contudo na amostra estudada o valor mediano (quartis) dos voluntários 29 (23 – 32) anos o qual pode-se considerar como o auge da capacidade de modulação da função autonômica cardíaca (COOTE, 2010)

Outro aspecto a ser observado é a delimitação da amplitude do índice de massa corporal durante o procedimento experimental. Utilizou-se como critério de inclusão/exclusão a dispersão da variável índice de massa corporal dos voluntários. Estudos verificaram que a massa corporal relaciona-se negativamente com a VFC. Verifica-se que quanto maior o índice de massa corporal (IMC) menor é a modulação da função autonômica cardíaca (KLEIGER *e cols.*, 2005). Em nosso estudo adotou-se a faixa de normalidade do IMC para proceder à análise.

Considera-se também o controle da frequência respiratória (FR), no qual sabidamente influencia na função autonômica cardíaca. Todos os voluntários respiravam espontaneamente e tinham as suas incursões respiratórias contadas. O controle da FR visava excluir o voluntário que apresentava com a frequência respiratória menor do que 9irpm. O estudo demonstrou que a FR menor que 9irpm interfere na análise da VFC por sobrepor as áreas de análise de modulação da FAC no domínio espectral, fenômeno conhecido como *overlapping* (KIVINIEMI *e cols.*, 2004)

Outro ponto de observação, com relação à característica da amostra, foi o controle da medida de pressão arterial de todos os voluntários. Todos os voluntários eram considerados normotensos independentemente da posição corporal de análise, supina e/ou ortostática.

Todos os voluntários apresentavam ritmo sinusal avaliado por meio do ECG. O ritmo sinusal é pressuposto básico para a análise da FAC por meio da VFC (PUMPRLA e cols., 2002)

Desta forma, as características amostrais baseadas nas variáveis analisadas durante o repouso, podem-se considerar, em princípio dentro da normalidade em razão da ausência de qualquer manifestação clínica que sugira interpretação diferente. Portanto, todos os indivíduos que participaram do estudo estavam sob um controle rígido de caracterização amostral conferindo ao grupo semelhança entre os indivíduos.

1. Avaliação da frequência cardíaca, decremento cronotrópico e consumo de oxigênio em diferentes condições funcionais

Como preliminarmente discutido, as características amostrais baseadas nas variáveis avaliadas na condição de repouso, podem – se em princípio, considerar dentro da normalidade, em razão da ausência de qualquer manifestação clínica que sugira interpretação diferente.

Assim, neste item da discussão, será abordado o comportamento cronotrópico e o consumo de oxigênio frente às diferentes condições funcionais em que a amostra foi submetida durante o protocolo experimental.

No presente estudo, o objetivo da avaliação da cinética (comportamento) cronotrópica (FC) e do consumo de oxigênio (VO_2) nas duas condições funcionais em que a amostra foi submetida (esforço – recuperação), visou demonstrar normalidade clínica e funcional ao longo de todo o protocolo experimental.

O teste incremental cardiopulmonar máximo foi o método escolhido para avaliar os ajustes de ambas as variáveis frente ao esforço físico máximo e na fase de recuperação após o esforço.

Freqüentemente, o teste de esforço cardiopulmonar, é utilizado como método de avaliação diagnóstica e prognóstica, no campo da avaliação clínica e na avaliação funcional. (WASSERMAN, 1986). Em ambos os casos, as avaliações, “traduzem” informações relevantes sobre a capacidade homeostática corporal frente às repostas metabólicas, pulmonares e cardiovasculares, associadas às diversas intensidades de esforço físico em que o indivíduo foi submetido.

Os dados obtidos no presente estudo demonstraram que no esforço, a FC comportou-se como o esperado. Verificou-se o aumento progressivo da FC em função do aumento da taxa de trabalho até o esforço máximo.

Os resultados não são conflitantes em relação aos descritos na literatura. Historicamente a resposta da FC frente ao esforço crescente é bem documentada (GUYTON e HALL, 2002). Diversos estudos no campo da fisiologia do exercício associam as respostas da FC durante o teste de esforço incremental, às mudanças nas propriedades eletrofisiológicas e contrateis do coração, como o cronotropismo, batmotrópismo e dromotrópismo que são dependentes principalmente da ação do SNA e seus respectivos ramos, simpático e parassimpático.

Assim, ao iniciar o esforço físico, os estudos demonstram que em indivíduos clinicamente normais, observa-se uma taquicardia relativa, a qual se relaciona com a retirada do tônus parassimpático (MACIEL *e cols.*, 1986;). Na sequência em função do aumento da taxa de trabalho, decorrente do esforço progressivo, ocorre simultaneamente à retirada da modulação vagal como simultâneo aumento progressivo da modulação simpática até o pico do esforço. Estas modificações observadas na modulação da FAC refletem diretamente no aumento quase linear da FC em função do esforço crescente.

Outro aspecto de destaque, foram os registros obtidos da FC no pré-esforço, no limiar anaeróbio e no esforço físico máximo (FC no pico do esforço). Os registros deixam evidentes as diferenças funcionais frente à resposta cronotrópica (FC) entre os índices fisiológicos utilizados para caracterização da amostra.

Desta forma, verificou-se que o comportamento da resposta cronotrópica (FC) ao longo de todo o protocolo experimental foi considerado normal, independentemente se durante o esforço propriamente dito ou durante o período de recuperação após o esforço que será discutido adiante.

Simultaneamente ao aumento cronotrópico (FC) progressivo até o pico do esforço, foi verificado o comportamento semelhante da variável consumo de oxigênio em relação à cinética da FC. Verificou-se o aumento linear entre ambas as variáveis até o fim do esforço (inspeção visual).

O VO_2 em nosso estudo também foi utilizado como variável de caracterização amostral. No caso do VO_{2max} e/ou VO_{2pico} , ambas as medidas obtidas no final do esforço são medidas consideradas como padrão ouro na avaliação da potência aeróbia máxima individual (ACSM, 2010).

Como previsto, os dados obtidos demonstram que o VO_2 pico mediano obtido em nossa amostra, categorizou o grupo de participantes como tendo uma excelente potência aeróbia (ACSM, 2010).

Contrariamente aos nossos dados, com o objetivo de demonstrar a importância de avaliar o comportamento da FC e VO_2 durante o esforço incremental, podemos citar alguns exemplos de análise da cinética da FC, VO_2 e da taxa de trabalho que levantam hipóteses de investigação clínica.

Todas as variáveis previamente citadas são medidas independentes da condição clínica - funcional individual. Contudo a relação entre a FC, VO_2 e taxa de trabalho físico, juntos potencializam a capacidade de análise da função homeostática individual frente ao estresse gerado pelo esforço físico. A FC e o débito cardíaco frequentemente aumentam linearmente com o VO_2 durante o exercício crescente (WASSERMAN, 1987), conforme observado em nossos dados. Em muitos tipos de doenças cardíacas, o aumento da FC é relativamente mais acentuado para o aumento do VO_2 porque o volume de ejeção é baixo. Além do mais, o VO_2 comumente torna mais lento sua taxa de aumento com a taxa de trabalho quando o miocárdio torna-se isquêmico em pacientes com doença arterial coronariana. Isso implica que o aumento no débito

cardíaco não está acompanhando o aumento na taxa de trabalho devido ao baixo volume de ejeção (WHIPPEN e WASSERMAN, 1984)

Outra forma de análise relaciona-se com a doença vascular pulmonar, que está também associada com uma resposta de FC acentuada porque o retorno venoso ao lado esquerdo do coração está menor, portanto o débito cardíaco do ventrículo esquerdo está menor nesta doença (WASSERMAN, 1976a). Esses dois exemplos demonstram como há diversas possibilidades de interpretação das respectivas variáveis citadas frente ao esforço físico controlado.

Portanto após verificar normalidade clínica e funcional no comportamento da FC e do VO_2 frente ao esforço físico crescente, na sequência foi monitorada a o decremento da FC e o consumo de oxigênio após o esforço.

Atualmente estudos (LAHIRI *e cols.*, 2008; BUCHHEIT *e cols.*, 2007) destacam a importância de se monitorar e avaliar a FCR. A monitorização da FCR é adotada como método de análise da resposta autonômica cardíaca e respectivas associações com a função cardiovascular, condição clínica, risco prognóstico em indivíduos clinicamente normais e doentes, além de avaliação do nível de treinamento físico (COLE *e cols.*, 1999, 2000; NISSINEN *e cols.*, 2003; JOUVEN *e cols.*, 2005; SMITH *e cols.*, 2005; MYERS *e cols.*, 2007; NEVES *e cols.*, 2011; OKUTUCU *e cols.*, 2011; TULPPO *e cols.*, 2011).

Os dados obtidos em nossa amostra demonstraram que imediatamente após o esforço, com o início da fase de recuperação, ocorreu à queda acentuada da FC até o terceiro minuto de recuperação. Após o terceiro minuto de recuperação, foi verificada a queda da FC, contudo de forma lenta comparativamente aos momentos iniciais de recuperação.

O comportamento do decremento cronotrópico obtido em nossa amostra corrobora com os diversos estudos, que demonstram o decremento da FC após o esforço máximo (BUCHHEIT *e cols.*, 2007; COOTE, 2010). Os estudos apontam para duas fases de recuperação (rápida e lenta) após o esforço máximo. A primeira fase, onde ocorre o decremento rápido da FC, não é afetada por variáveis como intensidade e/ou volume do exercício além do “bloqueio” simpático na FC. A queda rápida da FC, durante os momentos iniciais, 30 a 60 segundos, pode ser considerada como marcadora do aumento da atividade vagal sobre o coração. Segundo Lahiri *e cols.*, 2008, o aumento da reativação parassimpática ocorrerá até o 4º minuto de recuperação após o esforço, a partir do 4º minuto observa-se estabilização da reativação vagal refletindo na “estabilização” da FC. Por outro lado, na segunda fase da queda da FC, considerada fase lenta da FC, é dependente da carga de trabalho (BUICHEIT *e cols.*, 2006; IMAI *e cols.*, 1994) no qual ocorre a retirada gradual da atividade simpática e simultaneamente a limpeza de metabólicos (plasma epinefrina, lactato, íons H^+ , Pi) derivados do exercício intenso.

No campo da pesquisa clínica, os ensaios demonstram o forte valor prognóstico da avaliação da FCR. No ano de 1999, Cole *e cols.*, realizaram o estudo de coorte com 2428 indivíduos sem história previa de insuficiência cardíaca, revascularização coronariana e angiografia coronariana. Após 6 anos de acompanhamento os autores definiram como FCR anormal o decremento da FC do pico do esforço até o primeiro minuto de recuperação menor ou igual a 12 batimentos/minuto. Todos aqueles que apresentavam o decremento lento da FC para o corte definido apresentavam o risco quatro vezes maior de morte, comparativamente aos voluntários com FCR normal.

Depois de realizado o ajuste para idade, sexo e risco cardíaco normal havia o risco duas vezes maior de morte para todos os indivíduos com FCR anormal.

No ano seguinte (2000), Cole *e cols.*, realizaram o estudo em que avaliou a resposta da FCR frente ao esforço sub-máximo. Foi definido como anormal o decremento da FCR ≤ 42 batimentos/minuto no segundo minuto de recuperação a partir do pico da FC. Após o ajustes para condição clínica o risco relativo de 2.58 de morte após 12 anos de acompanhamento. O risco permaneceu significativamente aumentado após ajustar para os fatores de risco cardíaco. Assim, a utilização da FCR, com vistas no valor prognóstico pode ser utilizada sob uma ampla gama de condições de exercício físico. Recentemente Jouven *e cols.*, 2002 descreveram que a FCR < 25 batimentos/minuto depois do primeiro minuto de recuperação conferiu um risco relativo 2.2 de morte súbita comparativamente ao grupo com o maior percentil (40 batimentos/minuto).

Portanto, a explicação para se monitorar a FCR está pautada na capacidade da resposta vagal (reativação vagal) que a atividade do ramo parassimpático apresenta frete a elevada modulação simpática registrada no final do esforço físico. Em outras palavras, o retorno a homeostase do organismo imediatamente após esforço físico depende da simultânea reativação vagal e retirada simpática.

Entretanto, vale destacar que a FCR obtida no 1º minuto de recuperação pelos voluntários do estudo (26, 13 - 43) bpm, foi classificada como normal do ponto de vista clínico-cardiológico segundo a descrição de Cole *e cols.*, (2000).

Essa observação, sobre o comportamento da FCR no primeiro minuto, somada às demais reforça a condição clínica e funcional normal dos voluntários durante a fase de recuperação. Ainda na fase de recuperação, a cinética do VO_2 comportou-se como o esperado. Foi verificada semelhança no comportamento da cinética do consumo de oxigênio ao comportamento da FC. Verificou-se o declínio rápido do consumo de oxigênio nos primeiros momentos de recuperação (até o 3º minuto de recuperação) e na

sequência, uma tendência a estabilização do VO_2 a partir do quarto minuto de recuperação, onde também pode-se observar redução da variabilidade amostral neste período de análise.

O comportamento do VO_2 durante a fase de recuperação é bem documentada na literatura e está em conformidade com os dados obtidos na presente pesquisa (GUYTON e HALL, 2002). Independente da intensidade do esforço físico, o VO_2 durante a recuperação apresenta dois componentes (ACSM, 2010). Graficamente a dinâmica de recuperação é descrita como declínio rápido em que ocorre a queda exponencial da curva de VO_2 . Na sequência, após o declínio rápido, ocorre à fase de recuperação lenta no qual observa-se o declínio lento da curva de VO_2 . Ambas as fases, rápida e lenta, são dependentes do volume e da intensidade em que ocorreu o esforço físico.

Neste sentido, são propostos explicações para os possíveis mecanismos fisiológicos envolvidos com decremento do VO_2 rápido e lento, as possíveis relações com aspectos metabólicos e térmicos derivados das demandas metabólicas e dos desequilíbrios fisiológicos induzidos pelo exercício durante a fase de recuperação (BUCHHEIT e GRINDE, 2007).

Finalmente, deve se considerar que a magnitude do comportamento da FC e VO_2 descritos, nas diversas condições funcionais em que a amostra foi submetida, demonstra que os ajustes fisiológicos registrados ao longo de todo o protocolo experimental comportaram-se normalmente do ponto de vista clínico - funcional. Portanto, esses achados conferem segurança quanto à dinâmica fisiológica cronotrópica e metabólica frente ao esforço crescente e na fase de recuperação após o esforço de nossa amostra.

2. Avaliação da modulação autonômica cardíaca no repouso e após o esforço

Após verificar o comportamento normal da cinética da FC e do VO_2 , nas diversas condições funcionais em que a amostra foi submetida, nesta parte da discussão será discutido a própria regulação autonômica cardíaca na condição de repouso e na fase de recuperação.

Entretanto, as características amostrais, relacionadas à função autonômica cardíaca que apesar de controladas, geram de imediato, uma ampla faixa de variabilidade entre as variáveis quantificadas e analisadas por meio da VFC nas formas de análise temporal, espectral, tempo-frequencial e de Poincaré.

Os índices da VFC nos voluntários na posição supina expressaram-se com grande amplitude, em uma faixa de normalidade bastante ampla e carente de delimitações. Os dados obtidos não estão em conflito com os descritos na literatura (GRANT *e cols.*, 2009). Já foi bem documentado em outros estudos, que indivíduos jovens, clinicamente saudáveis na posição supina, sofrem a forte influência, da regulação parassimpática momento-a-momento sobre a frequência de disparos do nodo sino-atrial (COOTE, 2001) com a respectiva redução da modulação simpática. A este fenômeno fisiológico, confere ação cardioprotetora ao vago na condição de repouso.

Contudo com base na análise é no contexto da normalidade clínica dos voluntários, a observação de ausência de resposta insatisfatória durante a condição basal supina e durante a mudança de decúbito (supino para o ortostático), manobra que poderia suscitar novo critério de exclusão e/ou ponto de discussão, haja vista que a reduzida modificação do balanço autonômico com o estímulo da mudança postural ativa

já foi evidenciada com fator de risco em algumas condições clínicas (CARNETHON *e cols.*, 2003; GRANT *e cols.*, 2009).

Portanto, com a modificação da postura, agora sobre efeito do ortostatismo, verificou-se que os marcadores da atividade parassimpática no domínio do tempo, o pNN50 e o r-MSSD após a mudança na posição, obtiveram redução mediana das médias individuais de -93.2% e -52%, respectivamente. No domínio da frequência, os índices parassimpáticos demonstraram similar comportamento frente à mudança postural. As variáveis, área absoluta de baixa frequência, área relativa de baixa frequência e área normalizada de baixa frequência reduziram em valores medianos das médias individuais -73.1%, -64.4% e -59.3%, respectivamente. No domínio tempo-frequencial, a magnitude da retirada vagal com a mudança postural ativa fica bem evidente. A variável, área <1, marcadora da atividade vagal obteve redução de -95.5% da modulação vagal. O mesmo fenômeno também foi observado com os índices de Poincaré. O marcador do desvio vertical, o SD1, considerado marcador da atividade parassimpática reduziu em 52% após a mudança de decúbito.

Assim, verificou-se que o comportamento amostral após a mudança postural ativa, apresentou a redução absoluta e/ou relativa da atividade parassimpática em todas as formas de análise a VFC. A magnitude da modulação vagal na condição do estresse ortostático em repouso ficou deprimida em relação à condição de controle, na posição supina. (COOTE, 2001)

Por outro lado, o efeito da mudança postural também foi marcante, com drástica modificação da função autonômica cardíaca em direção ao aumento absoluto e/ou relativo da atividade simpática. Foi verificada marcante taquicardia relativa, com redução mediana da média de intervalos R-R na ordem de -25.1% e o aumento relativo no número de intervalos R-R em 36.7%. Na análise espectral os marcadores da

atividade simpato-vagal, área absoluta de baixa frequência, área relativa de baixa frequência e área normalizada de baixa frequência obtiveram o aumento mediano de 56.6%, 28.6% e 40%, respectivamente. No domínio tempo-frequencial, a magnitude do aumento simpático com a mudança postural ativa (variável, área >1), após a mudança de decúbito apresentou o aumento de 1325.8% da modulação simpática em relação ao repouso supino. No domínio de Poincaré foi observado o aumento do número de pontos em 36.8% com a mudança de decúbito.

Conseqüentemente, a modificação obtida com a mudança de decúbito foi verificada o comportamento amostral esperado para os marcadores simpáticos, no qual apresentaram um marcante aumento absoluto e/ou relativo na posição ortostática.

Portanto a magnitude da modulação simpática na condição do estresse ortostático fica aumentada em relação à condição de controle, posição supina.

Por conseguinte os efeitos causados pela mudança de postura sobre ambos os ramos do sistema nervoso autônomo (simpático e parassimpático) afetam diretamente a função autonômica cardíaca, repercutindo diretamente no balanço autonômico do coração. Isso significa que na postura ortostática em relação à posição supina ocorre a diminuição do grau de modulação do balanço autonômico cardíaco, visto que a mudança de decúbito em condição normal ocasiona a retirada absoluta e/ou relativa da atividade vagal com respectivo aumento absoluto e/ou relativo da atividade simpática (GRANT *e cols.*, 2009). Em nossa amostra verificou-se que os participantes na posição ortostática apresentavam-se simpaticotônicos em relação ao repouso (supino). Durante a posição supina foi registrado 0.7 de valor mediano da razão de BF/AF, marcador do balanço autonômico cardíaco espectral, e 0.84 no domínio tempo – frequencial para a variável natureza, marcador do balanço autonômico cardíaco. Ambos os registros demonstram condição de vagotônica na condição de repouso supino. Contudo ao mudar

para a posição ortostática verificou-se o aumento mediano para 5.3 da razão de BF/AF na análise espectral e 5.9 para a variável natureza na análise tempo – frequencial. Além disso, verificou-se o aumento da razão de BF/AF em 217.7%, e na mesma direção, a variável natureza obtida por meio do domínio tempo-frequencial modificou-se em 341.7% o balanço autonômico cardíaco.

Os achados observados com a mudança postural traduzem a capacidade de reposta autonômica cardíaca frente ao estresse ortostático. As modificações observadas com a redução do balanço autonômico cardíaco devido a retirada absoluta e/ou relativa da atividade vagal e aumento absoluto e/ou relativo da atividade simpática na posição ortostática corroboram com o esperado para indivíduos clinicamente normais (CARNETHON *e cols*, 2002; GRANT *e cols.*, 2009)

Na sequência com o objetivo de avaliar o grau de variação da FAC na fase de recuperação após o esforço, foi realizada a análise comparativa da VFC na posição ortostática de repouso com a posição ortostática durante a fase de recuperação por meio das análises tempo-frequencial e de Poincaré.

Foi verificada significativa redução relativa e/ou absoluta dos marcadores da atividade parassimpática com o respectivo aumento relativo e/ou absoluto da atividade simpática em ambas as formas de análise (tempo – frequencial e Poincaré). Entretanto ao analisar os marcadores da VFC que quantificam a capacidade de modulação global obtida por meio de ambas as análises foram observadas diferenças significativas entre os dois momentos funcionais. Observou-se o aumento no grau de modulação da função autonômica global na fase de recuperação após o esforço comparativamente a condição de repouso.

O fenômeno descrito é relevante, pois em situações como na fase de recuperação, existe a associação da baixa capacidade de modulação da VFC com o

aumento do risco de fatores pro - arritmogênicos e de morte súbita (LAHIRI *e cols.*, 2008; MARTINMAKI *e cols.*, 2008; GLADWELL *e cols.*, 2010).

Contudo os índices que descrevem a modulação global da VFC apresentaram-se aumentados na fase de recuperação após o esforço em relação ao repouso. Este fenômeno talvez possa ser explicado em função das características amostrais (jovens adultos e clinicamente normais) refletindo na grande capacidade de modulação global durante a fase de recuperação (BRINKWORTH *e cols.*, 2006; BOSQUET *e cols.*, 2008b; GRANT *e cols.*, 2009).

A diferença verificada talvez possa ser explicada em função da condição funcional analisada (repouso – recuperação), mesmo com os voluntários posicionados na postura ortostática em ambas as formas de análise. Em outras palavras, os mecanismos de regulação da FAC de ambos os momentos funcionais podem estar sofrendo estímulos diferenciados para a manutenção da pressão arterial.

Na fase de recuperação após o esforço o fenômeno observado é dinâmico. Possivelmente o ponto de operação do barorreflexo possa estar sendo modificado em função dos aferentes periférico do grupo III e IV que são ativados durante o movimento (COOTE *e cols.*, 2010). Os aferentes do grupo III e IV (ergorreflexo) nessa situação podem inibir a ação do barorreflexo o que talvez possa explicar a diferença entre as duas situações funcionais. Talvez na situação dinâmica, fase de recuperação, a influência dos aferentes periféricos possa ser dominante em relação aos mecanismos de ajuste central.

Finalizando esta análise os achados quanto à caracterização da função autonômica na condição basal e na fase de recuperação apresentaram-se como esperado (PUMPRLA *e cols.*, 2002; HURTADO, 2004; KLEIGER *e cols.*, 2005)

3. Avaliação da correlação entre a função autonômica cardíaca com a frequência cardíaca e o consumo de oxigênio em diferentes condições funcionais

Após discutir o comportamento dos índices da VFC na posição supina, na posição ortostática e na fase de recuperação após o teste de esforço, neste item da discussão será abordado às correlações entre a função autonômica cardíaca na condição de repouso e as variáveis de capacidade física extraídas do teste cardiopulmonar.

Ao proceder às correlações entre os marcadores da VFC e os da capacidade física, buscou-se afastar e/ou controlar a possibilidade de possíveis variáveis intervenientes na variável dependente do presente estudo.

De forma geral, os dados demonstraram que em todas as formas de análise da função autonômica cardíaca por meio da VFC (temporal, espectral, tempo-frequencial e Poincaré) correlacionaram-se com a FC obtida na condição de repouso supino e ortostático. Por outro lado este comportamento não foi verificado para as outras variáveis cardiopulmonares que expressam a capacidade física individual.

A FC *per si* traduz os ajustes momento-a-momento do balanço autonômico cardíaco.

Como esperado verificou-se a correlação negativa entre a FC e os marcadores da atividade parassimpática em todas as formas de análise da VFC na condição de repouso, e em ambas as posições, em que os voluntários foram examinados (supina e ortostática). Os dados demonstram que quanto maior a modulação vagal na condição supina menor a FC registrada na mesma posição. Na posição ortostática notou-se similar comportamento entre da FC e os marcadores da atividade parassimpática.

Na mesma direção dos índices parassimpáticos, os marcadores da modulação global da VFC obtiveram o semelhante comportamento associativo das correlações em

ambas as posições com a FC, ou seja, independentemente da posição observou-se a correlação negativa entre a FC e os marcadores da atividade de modulação global da VFC.

Por outro lado, os marcadores da atividade simpato-vagal que conjuntamente demonstram a atividade simpática e parassimpática correlacionaram-se positivamente com a FC em ambas as posições utilizadas no procedimento experimental. As correlações obtidas foram positivas e demonstraram que independentemente da posição postural, quanto maior à modulação dos marcadores simpato-vagais mais elevado foi o registro da FC.

Os marcadores do balanço autonômico cardíaco comportaram-se equivalentemente aos marcadores simpato-vagais. Verificou-se a correlação positiva entre os marcadores da atividade do balanço autonômico cardíaco com a FC independentemente da posição de análise.

Os dados acima discutidos não estão em conflito com a literatura. As correlações obtidas demonstram a validade do constructo e validade interna do método de análise da função autonômica por meio da VFC.

Por contraste, verificou-se a correlação isolada das variáveis cardiovasculares (FC no limiar anaeróbio, FC no pico do esforço, VO_2 no início do esforço no limiar anaeróbio e no pico do esforço e o pulso de oxigênio) de forma não constante entre os índices das diversas formas de análise da VFC.

Não foi verificado qualquer tipo de correlação entre os índices da VFC e a FC no limiar anaeróbio durante a posição supina. Contudo na posição ortostática verificou-se a fraca correlação positiva dos marcadores simpato-vagais do balanço autonômico cardíaco e a correlação negativa com o marcador da atividade vagal com a FC no limiar

anaeróbio, ambas no domínio espectral. No Poincaré observou-se correlação negativa da FC na posição ortostática com a variável centróide.

A FC_{pico} também apresentou correlação com a VFC de forma difusa. Foi verificada a correlação negativa da FC_{pico} com a área total da VFC no domínio espectral, na posição ortostática. Ainda nesta posição e agora na posição supina verificou-se a correlação negativa com a variável centróide do Poincaré.

Não foi observado qualquer tipo de correlação entre o VO₂ inicial com os índices da VFC nas posições supina e ortostática. O VO₂ no limiar anaeróbio também não se correlacionou com os índices da VFC em ambas as posições de análise, salvo pela fraca correlação positiva com a variável SD1 na posição ortostática.

O VO₂_{pico} correlacionou-se positivamente apenas com os marcadores da atividade de modulação global (espectral, tempo-frequencial e Poincaré) da VFC na posição supina. Não foi obtido qualquer tipo de correlação entre o VO₂ pico com os marcadores da VFC na posição ortostática.

O pulso de oxigênio (VO₂/FC) correlacionou-se com os marcadores da VFC somente na posição supina. Verificou-se a correlação negativa do VO₂/FC com os índices parassimpáticos no domínio temporal. Correlação positiva com a área total no domínio espectral. Correlação positiva com a variável natureza no domínio tempo – frequencial e Poincaré correlação positiva com a variável centróide e área da elipse.

Os dados obtidos não estão em conflito com a literatura. Estudos vêm sugerindo que a modulação vagal da FC é influenciada por certas condições fisiológicas como idade, massa gorda e condicionamento físico (BUCHHEIT e GRINDE, 2007) Embora os efeitos negativos da idade da gordura corporal estarem claros, ainda existe incertezas sobre a influência do efeitos do condicionamento físico nos índices de modulação vagal da VFC. Diversos autores relataram elevada VFC após avaliação de

atletas, indivíduos treinados e pacientes submetidos a programas de reabilitação cardiopulmonar (GRANT *e cols.*, 2009). Por outro lado, outros pesquisadores falharam em demonstrar correlação entre a elevado condicionamento físico com elevados níveis de atividade vagal (BUCHHEIT e GRINDE, 2007) ou descreveram o não aumento da capacidade de modulação da função autonômica cardíaca após um período de treinamento (HAUTALA *e cols.*, 2001).

Sabe-se que em atletas que apresentam elevada capacidade cardiorrespiratória estão geralmente engajados em programas de treinamento físico, diferentemente de indivíduos não atletas, que quando fisicamente treinados, apresentam menor volume e intensidade de treinamento físico. Os respectivos efeitos do condicionamento físico e do volume de treinamento são freqüentemente confundidos, talvez explicando as inconsistências dos dados apresentados na literatura (BUCHHEIT e GRINDE, 2007).

Em vários estudos transversais vêm sendo estudado a relação entre o $VO_2\max$ e a VFC. Contudo em muitos desses estudos não são considerados a carga de treinamento individual, ou são comparados com diferentes condições de treinamento como, indivíduos treinados comparativamente a não treinados.

Por outro lado, estas variáveis confundidoras não ocorrem em indivíduos que são sedentários e por natureza apresentam-se com elevado condicionamento cardiorrespiratório sem qualquer tipo de treinamento. Neste tipo de indivíduo é possível avaliar a relação entre a capacidade física e a modulação autonômica cardíaca sem qualquer influencia que pode mascarar o efeito da carga de treinamento.

Neste contexto, após o controle da seleção amostral e de verificar que nenhuma das variáveis que quantificam a capacidade física como: a FC na posição supina e ortostática, a frequência cardíaca pico, o consumo máximo de O_2 e o pulso de oxigênio

correlacionaram-se de com qualquer índice da VFC, desta forma, afastamos possíveis influencia das variáveis intervenientes na variável dependente.

Por fim, os achados das correlações previamente realizadas demonstram a relação entre os ajustes da frequência cardíaca com os índices temporais, espectrais, tempo-frequenciais e Poincaré na condição de repouso. Em outras palavras, a frequência cardíaca *per si*, na posição supina e ortostática traduz o balanço autonômico cardíaco (JUNQUEIRA, 2008; FERNANDES *e cols.*, 2010)

4. Avaliação da correlação entre o decremento cronotrópico da frequência cardíaca após o esforço com as variáveis cardiopulmonares em diferentes condições funcionais

Não foi observada nenhuma correlação entre o decremento cronotrópico da FC na fase de recuperação após o esforço com as variáveis cardiopulmonares na condição de repouso e de esforço.

A verificação das possíveis correlações entre o decremento da FC com as diversas variáveis cardiopulmonares foi afastar possíveis variáveis intervenientes no presente estudo

Portanto, a inexistência de correlação entre o decremento da FC e os marcadores cardiopulmonares afasta qualquer tipo de influência entre as variáveis estudadas no presente estudo

5. Avaliação da correlação entre o decremento cronotrópico no período de recuperação após-esforço e a modulação autonômica cardíaca no repouso

Após discutir as características clínica e funcional da amostra, verificar o comportamento fisiológico “normal” de todas as variáveis durante o protocolo experimental e descartar as possíveis variáveis intervenientes na variável dependente do estudo, neste ponto da discussão, buscou-se abordar os achados da presente pesquisa.

Desta forma indaga-se: O *status* autonômico cardíaco basal, quantificado por meio da VFC no curto prazo, correlaciona-se com a FCR? Em outras palavras, é possível **prever** o comportamento da FCR, tomando como **premissa** a avaliação da modulação autonômica cardíaca na condição de repouso, por meio da análise da VFC, em indivíduos adultos, clinicamente normais do sexo masculino?

Este questionamento torna-se relevante, por considerar possíveis informações acerca da função cardiovascular, condições clínicas e do possível risco prognóstico em indivíduos normais e doentes que podem ser obtidas por meio da análise da FCR (COLE *e cols.*, 1999, 2000; NISSINEN *e cols.*, 2003; JOUVEN *e cols.*, MYERS *e cols.*, 2007 OKUTUCU *e cols.*, 2010; TULPPO *e cols.*, 2011), e/ou por meio de ambas as análises que permitem avaliar o *status* autonômico cardíaco (TASKE FORCE, 1996; CARNETHON *e cols.*, 2002b; PUMPRLA *e cols.*, 2002; KLEIGER *e cols.*, 2005; COOTE, 2011; LAHIRI *e cols.*, 2008).

Assim, uma das formas de análise utilizada no presente estudo foi representada pela avaliação tônica do funcionamento autonômico cardíaco na condição de repouso,

supino e ortostático, obtida por meio dos índices temporais, espectrais, tempo-frequenciais e de Poincaré.

Destaca-se o fato de que estas medidas convencionais utilizadas na avaliação da FAC por meio da VFC (estado-estável) não informam sobre outras formas de funcionamento da FAC, como por exemplo, medidas que demonstram e/o representam a capacidade de resposta homeostática do sistema nervoso autônomo.

No cenário dos testes que quantificam a capacidade de resposta homeostática da FAC, pesquisadores vêm sugerindo novas formas de análise, com vistas à complementação da análise da VFC, obtida no repouso (CARNETHON *e cols.*, 2002a; GRANT *e cols.*, 2012).

Segundo estes autores a caracterização da modulação autonômica cardíaca apenas na condição de repouso (supino) ou em uma condição de estado estável (supino e/ou ortostático), sem a avaliação da capacidade de resposta autonômica, como exemplo, o teste de mudança postural ativa (mudança do supino para o ortostático), parece ser uma avaliação falaciosa ou enganadora dos mecanismos subjacentes da capacidade de regulação cardíaca individual.

Comumente os testes que avaliam a capacidade da resposta homeostática da função autonômica, são expressos em detrimento de um estímulo estressante, como exemplo, a mudança postural ativa, o exercício físico entre outros. (MACIEL *e cols.*, 1986; GRANT *e cols.*, 2012)

A mudança dos índices da VFC obtidos em função da mudança postural ativa demonstra ser uma medida sensível do balanço simpático- parassimpático cardíaco, no qual permite verificar situações como, disfunção autonômica cardíaca em diferentes condições clínicas, e talvez, possa melhor predizer os possíveis eventos e desfechos cardiovasculares desfavoráveis comparativamente as análises obtidas somente na

condição de repouso (CARNETHON *e cols.*, 2002a; CARNETHON *e cols.*, 2002b; LAHIRI *e cols.*, 2008).

As modificações da VFC frente à mudança de decúbito têm como premissa básica (fisiológica) os ajustes necessários à homeostase da pressão arterial sistêmica, dependentes do mecanismo barorreflexo. (GRANT *e cols.*, 2012)

Assim, no presente estudo, no qual visou aumentar o espectro de análise da FAC na condição de repouso e as possíveis relações com a FCR, optou-se por utilizar ambas as formas de avaliação da VFC, conforme previamente descrito.

Foram verificados novos e relevantes achados acerca da correlação entre a FCR e os índices da VFC. Os achados podem contribuir para a melhor compreensão da fisiologia e da fisiopatologia da FCR e sua relação com a função autonômica cardíaca.

Neste contexto de análise, a FCR pode atuar como um teste de avaliação da integridade cardíaca em relação à função autonômica neural (COLE *e cols.*, 1999; COLE *e cols.*, 2000b; ANTELMÍ *e cols.*, 2008; LAHIRI *e cols.*, 2008; LAUER, 2009; ESCO *e cols.*, 2010; CHEN *e cols.*, 2011; ESCO *e cols.*, 2011; OKUTUCU *e cols.*, 2011)

Inicialmente, foram observadas as correlações entre a FCR e as medidas da VFC na condição de repouso e na capacidade de resposta autonômica. As correlações foram dependentes do tempo de recuperação após o esforço e da postura obtida na condição de repouso conforme descrito nos resultados.

Nenhuma correlação foi observada entre a FCR e os índices da VFC na posição supina em qualquer ponto da recuperação após o esforço. Por outro lado, verificou-se a correlação entre a FCR e os índices da VFC na posição ortostática no 3º e 5º minutos de recuperação após o esforço. A esse respeito, destaca-se o fato de que a FCR foi examinada com os voluntários na posição ortostática, assim talvez as correlações

obtidas entre a FCR e os índices da VFC na condição de repouso ortostático, possam ser explicadas. Por outro lado, a falta de correlação da FCR com os índices da VFC na posição supina, talvez possam ser explicada devido à diferença do grau de modulação da função autonômica em relação às duas posições posturais (CARNETHON *e cols.*, 2002 a,b; VASCONCELOS e JUNQUEIRA, 2009; GRANT *e cols.*, 2012)

Outro achado importante foi a falta de correlação entre a FCR e os índices obtidos com a mudança postural ativa no 1º minuto de recuperação. Verificou-se a correlação no 3º minuto e mais consistente no 5º minuto de recuperação com os índices que refletem a atividade parassimpática e a modulação global em todas as formas de análise.

Estes achados demonstram que a FCR não correlaciona com os índices da VFC na condição de repouso e/ou com a mudança postural ativa (capacidade de resposta autonômica) no 1º minuto de recuperação.

Este achado destaca-se devido a FC obtida no 1º minuto de recuperação, ser utilizada freqüentemente como padrão de referência para avaliação clínica da integridade de resposta cardiovascular sobre o estresse gerado pelo exercício físico (COLE *e cols.*, 1999; 2000; JOUVEN *e cols.*, 2005; LAUER, 2009).

Entretanto, apenas um índice da VFC obteve tendência de significância estatística com o 1º minuto de recuperação. A variável área < 1 derivada da análise distribuição do tempo no domínio tempo-frequencial, marcador da atividade vagal, demonstrou tendência de correlação negativamente com o decremento da FC no 1º minuto de recuperação, conforme descrito nos resultados.

Talvez a explicação para os dados acima apresentados seja o fato de que durante o exercício físico há uma recíproca hiperatividade simpática com redução e/ou inibição da modulação parassimpática sobre a frequência cardíaca (MACIEL et al., 1986). No 1º

minuto de recuperação após o esforço a atividade simpática ainda permanece elevada e demora a retornar aos níveis basais, em contrapartida, simultaneamente inicia-se a rápida reativação parassimpática no qual ainda não atingiu o elevado nível de modulação (atividade) (TULPPO *e cols.*, 2011; GOLDBERGER *e cols.*, 2006; MARTINMAKI e RUSKO, 2008).

Assim sendo, a falta de correlação observada entre os índices da VFC na condição ortostática com a FCR no 1º minuto talvez possa ser consequência da relativa co-ativação representada pela hiperatividade de ambas às cadeias autonômicas (simpática e parassimpática) nos momentos iniciais da fase de recuperação após o esforço e/ou talvez a falta de sensibilidades do método em detectar associação entre as variáveis naquele momento funcional específico (TULPPO *e cols.*, 2011).

Entretanto, vale destacar que a FCR obtida no 1º minuto de recuperação pelos voluntários do estudo (26, 13 - 43) bpm (mediana, quartis), foi classificada como normal do ponto de vista clínico-cardiológico segundo a descrição de Cole *e cols.*, 2000. O decremento da FC após o teste de esforço máximo foi maior do que o valor de corte ($FC \geq 12$ bpm) para o 1º minuto de recuperação estipulado por COLE *e cols.*, em seu estudo de coorte em 1999.

Por outro lado, baseado em nosso trabalho, verificou-se que o grau de decremento da FCR após o esforço pode ser predito do *status* autonômico cardíaco no repouso. Contudo esta observação se aplica apenas para os voluntários na posição ortostática e com o 3º e 5º minutos de recuperação após o esforço.

Outro aspecto que deve ser considerado para análise foi à **natureza** das correlações obtidas entre a FCR e a VFC. Verificou-se que a maior atividade vagal na postura ortostática na condição de repouso, mais lento é o decremento da FC após o esforço no 3º e 5º minutos de recuperação. Por outro lado, a maior redução da atividade

parassimpática com a mudança de posição supina para a ortostática, maior foi o decremento da FC após o esforço no 3º e 5º minutos de recuperação.

Como descrito, parece que a elevada modulação parassimpática na postura ortostática de repouso, reduz a capacidade de reativação parassimpática após o esforço. Os dados sugerem que a manutenção de elevados níveis de modulação vagal na postura ortostática atenua a capacidade de decremento da FC após o esforço, o qual acarreta, na diminuição da capacidade adaptativa de modulação parassimpática em trazer a FC de volta aos níveis basais após o esforço. Enquanto, o inverso, reduz a FC ao nível basal mais rápido, como observado nos resultados.

Contrastando, verificou-se que elevados índices da VFC que demonstram a predominância da modulação simpática no repouso na postura ortostática, observa-se maior decremento da FC (somente no 5º minuto de recuperação após o esforço).

Entretanto, a mudança de modulação desencadeada pela mudança postura ativa para os índices simpáticos não correlacionaram com a FCR durante a recuperação após o exercício.

Diante das observações realizadas acima, os achados sugerem que a maior resposta da capacidade autonômica vagal, implicará em maior grau de decremento após o esforço. Isso significa que a **FCR é dependente em grande parte da resposta da reserva parassimpática e não da atividade tônica parassimpática obtida na condição de repouso.**

Portanto, corroborando com os achados de Grant *e cols.*, 2012; Caranethon *e cols.*, 2002 a,b; parece que a caracterização do padrão de modulação autonômica apenas na condição de repouso (supino – ortostático), sem avaliação da capacidade de resposta autonômica, parece ser uma avaliação falaciosa ou enganadora dos mecanismos subjacentes da FCR.

Neste contexto, as correlações observadas ocorreram independentemente das variáveis intervenientes antropométricas e fisiológicas como: a idade, o IMC, a FC na posição supina e ortostática, a frequência cardíaca pico, o consumo máximo de O₂ e o pulso de oxigênio. Nenhuma destas variáveis intervenientes correlacionaram-se de com qualquer índice da VFC.

O mesmo foi verdadeiro para a FCR, que com a exceção da correlação significativa com a idade dos voluntários, contudo, esta variável interveniente não demonstrou correlação com os índices da VFC, ou seja, isso não influencia as correlações observadas entre a FCR e a VFC.

A ausência de correlação entre os índices da VFC e o potencial das variáveis intervenientes não estão em conflito com outros estudos descritos na literatura (REARDON e MALIK, 1996; AUBERT *e cols.*, 2003, CARNETHON *e cols.*, 2005; BUICHHEIT e GINDRE, 2006). Nossos achados são certamente uma consequência da pequena amplitude amostral obtidas nas variáveis analisadas, o que reforça a robustez dos dados e dos resultados.

Assim, considerando a natureza das correlações, o fenômeno observado aparenta ser paradoxal. A elevada modulação parassimpática e simpática no repouso correlaciona-se respectivamente, com a redução e o aumento do decremento da FC após o esforço.

A linha de raciocínio que sustenta o suposto paradoxo baseia-se nos ensaios clínicos que demonstram que as intervenções crônicas por meio do exercício físico, independentemente da condição clínica e funcional dos voluntários, apresentam como desfecho o aumento da atividade vagal em ambas as posições, supina e ortostática além do decremento mais rápido da FC após o esforço (KIVINIEMI *e cols.*, 2007; LEWIS *e cols.*, 2007; SLOAN *e cols.*, 2009; MCLACHLAN *e cols.*, 2010)

Outro aspecto que reforça o aparente paradoxo está nas características amostrais, ou seja, a amostra foi composta por jovens adultos e saudáveis. Assim, esperávamos que os indivíduos com maior grau modulação vagal na condição de repouso ortostático apresentaria maior decremento da FC após o esforço, comparativamente aos indivíduos com menor modulação vagal na mesma condição postural. Entretanto o fenômeno observado foi o oposto!

Contudo, quando realizada a análise da correlação da FCR com a resposta da capacidade autonômica (variação da posição supina para a ortostática) da VFC, verificou-se que o aparente paradoxo, deixou de ser, ou melhor, fez-se entender o fenômeno aqui estudado.

Dado o grau de variação da mudança de decúbito (supino – ortostático) dos índices parassimpáticos e da modulação global da VFC, em todas as formas de análise da VFC, correlacionaram-se positivamente com o decremento da FC após o esforço, os dados sugerem que a baixa variação da modulação vagal com a mudança de decúbito (supino para o ortostático) provoca elevada modulação parassimpática na postura ortostática (repouso). A elevada modulação parassimpática na postura ortostática parece atenuar a capacidade de resposta adaptativa do vago em trazer a FC após o exercício de volta à linha de base (reativação vagal). Por outro lado, o maior grau de resposta com mudança de decúbito (retirada vagal) parece aumentar a capacidade de resposta adaptativa do vago em trazer a FC após o exercício de volta à linha de base.

De fato, os dados demonstram que a FCR correlacionou-se diretamente com o decremento dos índices parassimpáticos da VFC e inversamente com o incremento dos índices simpáticos associados à mudança postural. Foi verificado que os índices da VFC no repouso ortostático correlacionam-se inversamente com a capacidade de resposta

autonômica obtida da mudança postural, o que está em acordo com o observado, inversa correlação entre os índices da VFC no repouso com a FCR.

O achado aparentemente paradoxal está em acordo com o conceito da **recuperação cardiovascular** sobre a ótica de vários tipos de estresse, como no exercício físico. Este fenômeno está diretamente associado com o aumento da atividade parassimpática ou a capacidade de resposta da modulação autonômica, que são possivelmente envolvidos na redefinição da sensibilidade barorreflexa no final no esforço, apesar da manutenção elevada da modulação simpática. Neste funcional contexto, a repercussão da redução parassimpática após o exercício resulta na lenta FCR após o esforço no qual se associa com fatores de risco para doenças cardiovasculares e desfechos desfavoráveis para a saúde (MEZZACAPPA *e cols.*, 2001).

Assim, verificou-se que é possível prever o comportamento da FCR, visto que quanto maior for à magnitude da variação (retirada vagal da posição supina para ortostática) maior será a recuperação da FC após o esforço. A esse fenômeno podemos chamar de **reserva autonômica vagal**. Em outras palavras, é possível dizer que a **capacidade de resposta autonômica** frente à mudança de decúbito está diretamente associada à capacidade de recuperação após o esforço.

Os nossos achados em comparação a literatura são discordantes. Diferentes estudos demonstram resultados conflitantes considerando a correlação entre a FCR e os índices da VFC. Contrário as nossas observações, verificou-se a correlação positiva entre os índices da VFC na posição supina com a FCR no 4º minuto de recuperação (CHEN *e cols.*, 2011), no 1º e 3º minutos de recuperação (NUNAN *e cols.*, 2010) com a VFC na posição supina, e entre FCR no 3º e 4º minutos (mais não no 5º minuto) durante 24 horas de registro de VFC (ANTELMÍ *e cols.* 2008).

O estudo conduzido por (JAE *e cols.*, 2011), demonstrou em jovens, atletas paraplégicos cadeirantes, a correlação entre o 1º e 2º minutos de recuperação após o exercício máximo com os braços. Verificou-se a correlação positiva dos índices vagais espectrais da VFC na posição sentada e negativamente com os índices simpato-vagais.

As possíveis explicações para a discordância entre os achados na presente pesquisa, com relação aos descritos na literatura, pode-se elencar alguns aspectos confundidores como: a aplicação de estatísticas inapropriada como a aplicação do teste de correlação paramétrico (correlação de Pearson) quando os índices da VFC são notoriamente distribuídos de forma não-normal, distinção de idade, de gênero, de condição física (nível de treinamento) e condições funcionais ou clínica dos sujeitos examinados, a não uniformidade dos protocolos empregados e as medidas da VFC em diferentes condições posturais.

Por outro lado, outros estudos vêm demonstrando a não correlação entre a FCR com o 1º e 2º minutos de recuperação, seguido do esforço máximo e submáximo com a VFC de curto prazo, na condição basal supino em atletas (BOSQUET *e cols.*, 2008a) em homens e mulheres não atletas (JAVORKA *e cols.*, 2002; CHEN *e cols.*, 2004; ESCO *e cols.*, 2009).

O estudo realizado por Antelmi *e cols.*, no ano de 2008, obteve o registro de 24 horas da VFC, também não verificada a correlação com o decremento da FCR no 1º e 2º minutos de recuperação após o esforço em uma amostra com grande amplitude de indivíduos de ambos os gêneros.

Segundo JAVORKA *e cols.*, (2002) foi o primeiro a descrever a falta de associação entre as medidas da VFC e FCR em 17 homens não treinados saudáveis. BOSQUET *e cols.*, (2007) confirmou os achados de Javorka em 28 homens atletas de provas de meia e longa distância BUCHEHEIT AND GINDRE (2007) estudou 55

indivíduos saudáveis que foram agrupados em função do consumo máximo de oxigênio e carga de treinamento. A VFC foi maior significativamente nos indivíduos com o maior consumo de oxigênio independentemente da carga de treinamento, enquanto a FCR foi mais rápida nos indivíduos com o maior nível de treinamento físico.

DEWLAND *e cols.*, (2007) realizou um experimento com 10 indivíduos sedentários e 10 atletas de resistência no qual foi administrado a piridostigmina (inibidor da acetilcholinesterase). Os resultados demonstraram que a piridostigmina aumentou a FCR nos indivíduos sedentários e não nos atletas, e não alterou a VFC em ambos os grupos.

ESCO *e cols.*, (2009) em um estudo transversal acrescentam aos estudos prévios o ponto de vista que a VFC e a FCR são medidas independentes da função parassimpática. A amostra foi composta por 66 indivíduos clinicamente saudáveis que não mostrou relação entre a medida temporal e espectral da VFC com a FCR.

Neste sentido, questiona-se se a existência das discordâncias encontradas na literatura possa estar contaminada pelos possíveis erros sistemáticos cometidos durante a execução do método de pesquisa.

Na atual pesquisa com o controle rígido da aplicação do método, verificou-se a correlação apenas dos índices da VFC na posição ortostática (basal) com a FCR, contudo somente a partir do terceiro minuto de recuperação. Esses achados demonstram que a FCR não se correlaciona com a modulação autonômica cardíaca dos participantes na condição de repouso supino (estável) e nem com a com o 1º minuto de recuperação.

Essa observação é relevante visto que o 1º minuto de recuperação após o esforço máximo é considerado um poderoso índice prognóstico para a avaliação clínica cardiológica e avaliação da resposta da integridade cardiovascular, sob o ponto de vista do estresse, gerado pelo exercício incremental máximo.

Portanto, a caracterização do padrão de modulação autonômica apenas em repouso ou em uma condição de estado estável, sem avaliação da capacidade de resposta autonômica, parece ser uma avaliação falaciosa ou enganadora dos mecanismos subjacentes da FCR.

Assim as mudanças da FC após o esforço em direção aos valores basais estão dependentes da rapidez da reativação parassimpática e da simultânea retirada lenta da atividade simpática (TULPPO *e cols.*, 2011; GOLDBERGER *e cols.*, 2006; MARTINMAKI e RUSKO, 2008).

Portanto, como destacado acima, a FCR deve ser melhor correlacionada com a rápida capacidade de mudança da função autonômica cardíaca, derivada das alterações dos índices da VFC com a manobra de mudança postural da posição supina para a ortostática e não somente do *status* da modulação autonômica cardíaca expressa pelos índices nas posições supina e ortostática (KAMAL, 1994; CARNETHON *e cols.*, 2002a; CARNETHON *e cols.*, 2002b).

6. Avaliação da correlação entre o decremento cronotrópico no período de recuperação e a modulação autonômica cardíaca na recuperação após o esforço

A FCR *per si* traduz o balanço autonômico cardíaco entre a modulação dos ramos do sistema nervoso autônomo simpático e parassimpático. Durante a fase de recuperação a capacidade autonômica cardíaca de restabelecer a homeostase no sistema depende basicamente da rápida reativação vagal e da lenta retirada simpática sobre o coração, como discutido previamente (NISHIME *e cols.*, 2000; BUCHHEIT *e cols.*, 2007a).

A capacidade do decremento rápido da FC após o esforço físico máximo tem efeito cardioprotetor, visto que a ação colinérgica (parassimpática) sobre o coração tem efeito anti-arritmogênico ao passo que a ação noradrenérgica (simpática) tem ação pró-arritmogênica. Em outras palavras, o aumento da resposta vagal de forma absoluta e/ou relativa em relação à atividade simpática imediatamente após o esforço gera um quadro de maior estabilidade elétrica no miócito cárdico, comparativamente a condições de menor reativação vagal.

Foi observada a correlação positiva entre o decremento da FC após o esforço com variável que expressa à modulação global da função autonômica cardíaca. Os dados sugerem que quanto maior for à capacidade de modulação global da função autonômica cardíaca durante a fase de recuperação maior será a velocidade de decremento da FCR.

O fenômeno aqui observado, e discutido é plausível, visto que a modulação global é feita à custa do aumento da modulação parassimpática o que sabidamente tem efeito depressor na FC, e influencia na velocidade do decremento da FC após o esforço,

como discutido anteriormente (NISHIME *e cols.*, 2000; COOTE *e cols.*, 2001; BORRESEN *e cols.*, 2008; COOTE, 2010).

No domínio do Poincaré, observou-se a correlação positiva dos marcadores de modulação global da função autonômica cardíaca SD2, centróide e área da elipse com o decremento da FC. O primeiro e o segundo índices, respectivamente correlacionam positivamente com o decremento da FC a partir do primeiro minuto de recuperação. Em adição parece que as correlações obtidas entre a variável “grau” (tempo-frequencial) e o SD2 (Poincaré) com o decremento da FC, parecem ser dependentes do tempo de recuperação. A magnitude da correlação fica mais robusta conforme aumenta o período de recuperação (5º minuto).

Como discutido previamente, a possível explicação para o achado guarda relação com o balanço simpato-vagal o que reflete diretamente na FC *per si*. Os primeiros minutos de recuperação após o esforço a atividade simpática ainda permanece elevada e demora a retornar aos níveis basais, em contrapartida, simultaneamente inicia-se a rápida reativação parassimpática no qual ainda não atingiu o elevado nível de modulação (atividade) (TULPPO *e cols.*, 2011; GOLDBERGER *e cols.*, 2006; MARTINMAKI e RUSKO, 2008). Com o passar do tempo durante a recuperação o vago começa a ser dominante em relação ao simpático, acarretando em maior balanço simpato-vagal reduzindo a FC próximo aos níveis de repouso.

De forma global, a análise discutida neste idem demonstra claramente que o decremento da FC após o esforço, está dependente do grau de modulação da função autonômica cardíaca após o esforço.

Terminadas as interpretações dos principais fenômenos observados na presente pesquisa passar-se-á às conclusões e considerações finais

CONCLUSÕES

Nesta pesquisa desenvolvida em homens adultos clinicamente normais, observou-se que:

1. Os primeiros minutos do decremento da FC no período de recuperação ativa após o teste de esforço máximo correlacionam-se com a modulação autonômica cardíaca avaliada por meio da variabilidade da frequência cardíaca;
2. O decremento da frequência cardíaca após o esforço correlaciona-se com a atividade tônica da modulação autonômica cardíaca na condição de repouso ortostático, contudo, a natureza das correlações observadas entre o decremento da frequência cardíaca e a capacidade de resposta autonômica provocada pelo estresse da mudança postural foram diferentes;
3. O 3º e 5º minutos da fase de recuperação após o esforço correlacionam-se inversamente com os índices da variabilidade da frequência cardíaca que refletem a modulação parassimpática, contrariamente aos índices da variabilidade da frequência cardíaca que demonstram predomínio da atividade simpática;
4. Nenhuma correlação foi obtida entre o 1º, 3º e 5º minutos de recuperação após o esforço com os índices da variabilidade da frequência cardíaca obtida na posição supina;
5. As análises da relação entre o decremento da frequência cardíaca após o esforço com a modulação autonômica cardíaca obtida por meio da

variabilidade da frequência cardíaca, devem ser consideradas não apenas as condições de repouso (estado-estável), mas também, de forma mais apropriada, as mudanças obtidas com a modificação da modulação autonômica cardíaca da posição supina para a posição ortostática;

6. O decremento da frequência cardíaca no 3º e 5º minutos de recuperação após o esforço pode ser predito com segurança a partir dos índices da variabilidade da frequência cardíaca, particularmente todos aqueles que refletem a modulação parassimpática na posição ortostática no repouso e considerando as mudanças da modulação cardíaca associadas com a mudança postural ativa da posição supina para a posição ortostática.

Finalmente, destacam-se os possíveis desdobramentos que os dados aqui observados e as análises instituídas poderão gerar, subsidiando novas pesquisas nos campos da fisiologia cardiovascular, fisiologia do exercício e na fisiologia clínica do exercício.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACSM. *Diretrizes do ACSM para os testes de esforço e sua prescrição*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2003.

_____. *ACSM's guidelines for exercise testing and prescription*. Philadelphia: Lippincott, 2010.

ALTIMIRAS, J. Understanding autonomic sympathovagal balance from short-term heart rate variations. Are we analyzing noise? *Comp Biochem Physiol A Mol Integr Physiol* [S.I.], v. 124, n. 4, p. 447-60, Dec 1999.

ANTELMÍ, I.; CHUANG, E. Y.; GRUPI, C. J.; LATORRE MDO, R.; MANSUR, A. J. Heart rate recovery after treadmill electrocardiographic exercise stress test and 24-hour heart rate variability in healthy individuals. *Arq Bras Cardiol* [S.I.], v. 90, n. 6, p. 380-5, Jun 2008.

ASTRAND, P. O.; EYRICH, B. [Bed ergometer for clinical e.g. postoperative use]. *Sven Lakartidn* [S.I.], v. 49, n. 38, p. 2367-72, Sep 19 1952.

BERNE, R. M., LEVY, M.N. *Physiology*. Mosby, 1998.

BILLMAN, G. E. Heart rate variability - a historical perspective. *Front Physiol* [S.I.], v. 2, p. 86, 2011.

BITTENCOURT, M. I., . BENCHIMOL-BARBOSA, P. R, NETO, C.D., BEDIRIAN, R., BARBOSA, E.C., BRASIL F., BOMFIM, A.F., FILHO,S.M.A. Avaliação da função autonômica na cardiomiopatia hipertrófica. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia* [S.I.], v. 85, n. 6, p. 388 -396, 2005.

BORRESEN, J.; LAMBERT, M. I. Autonomic control of heart rate during and after exercise : measurements and implications for monitoring training status. *Sports Med* [S.I.], v. 38, n. 8, p. 633-46, 2008.

BOSQUET, L.; GAMELIN, F. X.; BERTHOIN, S. Reliability of postexercise heart rate recovery. *Int J Sports Med* [S.I.], v. 29, n. 3, p. 238-43, Mar 2008a.

BOSQUET, L.; MERKARI, S.; ARVISAIS, D.; AUBERT, A. E. Is heart rate a convenient tool to monitor over-reaching? A systematic review of the literature. *Br J Sports Med* [S.I.], v. 42, n. 9, p. 709-14, Sep 2008b.

BRASIL-MINISTERIO DA SAUDE. Normas de pesquisa envolvendo seres humanos - Resolução do Conselho Nacional de Saúde nº196/96. 1996.

BRINKWORTH, G. D.; NOAKES, M.; BUCKLEY, J. D.; CLIFTON, P. M. Weight loss improves heart rate recovery in overweight and obese men with features of the metabolic syndrome. *Am Heart J* [S.I.], v. 152, n. 4, p. 693 e1-6, Oct 2006.

BRITO, J. E. B. *Fisiologia do sistema nervoso autônomo*. Porto Alegre: Artmed, 2004.

BUCHHEIT, M.; GINDRE, C. Cardiac parasympathetic regulation: respective associations with cardiorespiratory fitness and training load. *Am J Physiol Heart Circ Physiol* [S.I.], v. 291, n. 1, p. H451-8, Jul 2006.

BUCHHEIT, M.; LAURSEN, P. B.; AHMAIDI, S. Parasympathetic reactivation after repeated sprint exercise. *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology* [S.I.], v. 293, n. 1, p. H133-H141, Jul 2007a.

BUCHHEIT, M.; MILLET, G. P.; PARISY, A.; POURCHEZ, S.; LAURSEN, P. B.; AHMAIDI, S. Supramaximal training and postexercise parasympathetic reactivation in adolescents. *Med Sci Sports Exerc* [S.I.], v. 40, n. 2, p. 362-71, Feb 2008.

BUCHHEIT, M.; PAPELIER, Y.; LAURSEN, P. B.; AHMAIDI, S. Noninvasive assessment of cardiac parasympathetic function: postexercise heart rate recovery or heart rate variability? *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology* [S.I.], v. 293, n. 1, p. H8-H10, Jul 2007b.

CARNETHON, M. R.; LIAO, D.; EVANS, G. W.; CASCIO, W. E.; CHAMBLESS, L. E.; HEISS, G. Correlates of the shift in heart rate variability with an active postural change in a healthy population sample: The Atherosclerosis Risk In Communities study. *Am Heart J* [S.I.], v. 143, n. 5, p. 808-13, May 2002a.

CARNETHON, M. R.; LIAO, D.; EVANS, G. W.; CASCIO, W. E.; CHAMBLESS, L. E.; ROSAMOND, W. D.; HEISS, G. Does the cardiac autonomic response to postural change predict incident coronary heart disease and mortality? The Atherosclerosis Risk in Communities Study. *Am J Epidemiol* [S.I.], v. 155, n. 1, p. 48-56, Jan 1 2002b.

CARNEY, R. M.; FREEDLAND, K. E.; STEIN, P. K.; MILLER, G. E.; STEINMEYER, B.; RICH, M. W.; DUNTLEY, S. P. Heart rate variability and markers of inflammation and coagulation in depressed patients with coronary heart disease. *J Psychosom Res* [S.I.], v. 62, n. 4, p. 463-7, Apr 2007.

CARTER, R.; CHEUVRONT, S.; KOLKA, M. A.; WRAY, D. W.; SAWKA, M. N. Hypohydration reduces heart rate variability during recovery from exercise-heat stress. *Faseb Journal* [S.I.], v. 18, n. 5, p. A1101-A1101, Mar 24 2004.

CARVALHO, J. L., ROCHA, A.F., NASCIMENTO, F.A.O., SOUZA NETO, J., JUNQUEIRA JR, L.F.,. Development of matlab software for analysis of heart rate variability. *ICSP`Proceeding -6th Internacional Conference os signal Processing* [S.I.], v. 02, p. 1488 -1491, 2002.

CARVALHO, J. L., ROCHA, A.F., SANTOS, I., ITIKI, C., JUNQUEIRA JR, L.F.,NASCIMENTO, F.A.O.,. Study os optimal order for teh auto-regressive time-frequency analysis of heart rate variability. *Processing od the 25th Annual Internacional Conference os the IEEE EMBC.* [S.I.], p. 17 - 21, 2003.

CHAMPE, P. C., HARVEY, R.A. *Basic Concepts of metabolism: Biochemistry.* Filadélfia: JB Lippincott Company, 1994.

CHAPLEAU, M. W.; HAJDUCZOK, G.; SHARMA, R. V.; WACHTEL, R. E.; CUNNINGHAM, J. T.; SULLIVAN, M. J.; ABOUD, F. M. Mechanisms of baroreceptor activation. *Clin Exp Hypertens* [S.I.], v. 17, n. 1-2, p. 1-13, Jan-Feb 1995.

CHEN, J. Y.; LEE, Y. L.; TSAI, W. C.; LEE, C. H.; CHEN, P. S.; LI, Y. H.; TSAI, L. M.; CHEN, J. H.; LIN, L. J. Cardiac autonomic functions derived from short-term heart rate variability recordings associated with heart rate recovery after treadmill exercise test in young individuals. *Heart Vessels* [S.I.], v. 26, n. 3, p. 282-8, May 2011.

CHEN, M. S.; BLACKSTONE, E. H.; POTHIER, C. E.; LAUER, M. S. Heart rate recovery and impact of myocardial revascularization on long-term mortality. *Circulation* [S.I.], v. 110, n. 18, p. 2851-7, Nov 2 2004.

COLE, C. R.; BLACKSTONE, E. H.; PASHKOW, F. J.; SNADER, C. E.; LAUER, M. S. Heart-rate recovery immediately after exercise as a predictor of mortality. *N Engl J Med* [S.I.], v. 341, n. 18, p. 1351-7, Oct 28 1999.

COLE, C. R.; FOODY, J. M.; BLACKSTONE, E. H.; LAUER, M. S. Heart rate recovery after submaximal exercise testing as a predictor of mortality in a cardiovascularly healthy cohort. *Annals of Internal Medicine* [S.I.], v. 132, n. 7, p. 552-555, 2000a.

_____. Heart rate recovery immediately following exercise testing; A powerful new predictor of mortality. *Journal of the American College of Cardiology* [S.I.], v. 35, n. 2, p. 552A-552A, 2000b.

COOTE, J. H. Recovery of heart rate following intense dynamic exercise. *Exp Physiol* [S.I.], v. 95, n. 3, p. 431-40, Mar 2010.

COOTE, J. H.; BOTHAMS, V. F. Cardiac vagal control before, during and after exercise. *Exp Physiol* [S.I.], v. 86, n. 6, p. 811-5, Nov 2001.

DEWLAND, T. A.; ANDRONE, A. S.; LEE, F. A.; LAMPERT, R. J.; KATZ, S. D. Effect of acetylcholinesterase inhibition with pyridostigmine on cardiac parasympathetic function in sedentary adults and trained athletes. *Am J Physiol Heart Circ Physiol* [S.I.], v. 293, n. 1, p. H86-92, Jul 2007.

ECKBERG, D. L. Nonlinearities of the human carotid baroreceptor-cardiac reflex. *Circ Res* [S.I.], v. 47, n. 2, p. 208-16, Aug 1980.

EL-SAYED, H. L.; KOTBY, A. A.; TOMOUM, H. Y.; EL-HADIDI, E. S.; EL BEHERY, S. E.; EL-GANZORY, A. M. Non-invasive assessment of cardioregulatory autonomic functions in children with epilepsy. *Acta Neurol Scand* [S.I.], v. 115, n. 6, p. 377-84, Jun 2007.

ESCO, M. R.; OLSON, M. S.; WILLIFORD, H. N.; BLESSING, D. L.; SHANNON, D.; GRANDJEAN, P. The relationship between resting heart rate variability and heart rate recovery. *Clin Auton Res* [S.I.], Oct 10 2009.

_____. The relationship between resting heart rate variability and heart rate recovery. *Clin Auton Res* [S.I.], v. 20, n. 1, p. 33-8, Feb 2010.

ESCO, M. R.; WILLIFORD, H. N.; OLSON, M. S. Skinfold thickness is related to cardiovascular autonomic control as assessed by heart rate variability and heart rate recovery. *J Strength Cond Res* [S.I.], v. 25, n. 8, p. 2304-10, Aug 2011.

EVRENGUL, H.; TANRIVERDI, H.; KOSE, S.; AMASYALI, B.; KILIC, A.; CELIK, T.; TURHAN, H. The relationship between heart rate recovery and heart rate variability in coronary artery disease. *Annals of Noninvasive Electrocardiology* [S.I.], v. 11, n. 2, p. 154-162, Apr 2006.

FERNANDES, T. L.; PIRATELLO, A. C.; FARAH, V.; FIORINO, P.; MOREIRA, E. D.; IRIGOYEN, M. C.; KRIEGER, E. M. Effect of carotid and aortic baroreceptors on cardiopulmonary reflex: the role of autonomic function. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research* [S.I.], v. 43, n. 7, p. 681-6, Jul 2010.

FURULAND, H.; LINDE, T.; ENGLUND, A.; WIKSTROM, B. Heart rate variability is decreased in chronic kidney disease but may improve with hemoglobin normalization. *J Nephrol* [S.I.], v. 21, n. 1, p. 45-52, Jan-Feb 2008.

GALLO JUNIOR, L.; MACIEL, B. C.; MARIN-NETO, J. A.; MARTINS, L. E. Sympathetic and parasympathetic changes in heart rate control during dynamic exercise induced by endurance training in man. *Braz J Med Biol Res* [S.I.], v. 22, n. 5, p. 631-43, 1989.

GLADWELL, V. F.; SANDERCOCK, G. R. H.; BIRCH, S. L. Cardiac vagal activity following three intensities of exercise in humans. *Clinical Physiology and Functional Imaging* [S.I.], v. 30, n. 1, p. 17-22, Jan 2010.

GOLDBERGER, J. J.; KANNANKERIL, P. J.; LE, F. K.; KADISH, A. H. Characteristics of heart rate recovery after maximal exercise. *Journal of the American College of Cardiology* [S.I.], v. 39, n. 5, p. 100A-100A, 2002.

GRANT, C. C.; CLARK, J. R.; VAN RENSBURG, D. C. J.; VILJOEN, M. Relationship between exercise capacity and heart rate variability: Supine and in response to an orthostatic stressor. *Autonomic Neuroscience-Basic & Clinical* [S.I.], v. 151, n. 2, p. 186-188, Dec 2009.

GRANT, C. C.; VILJOEN, M.; JANSE VAN RENSBURG, D. C.; WOOD, P. S. Heart rate variability assessment of the effect of physical training on autonomic cardiac control. *Ann Noninvasive Electrocardiol* [S.I.], v. 17, n. 3, p. 219-29, Jul 2012.

GUYTON, A. C., HALL, J. E. *Tratado de Fisiologia Médica*. 10 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2002.

HAUTALA, A.; TULPPO, M. P.; MAKIKALLIO, T. H.; LAUKKANEN, R.; NISSILA, S.; HUIKURI, H. V. Changes in cardiac autonomic regulation after prolonged maximal exercise. *Clinical Physiology* [S.I.], v. 21, n. 2, p. 238-245, Mar 2001.

HAUTALA, A. J.; MAKIKALLIO, T. H.; KIVINIEMI, A.; LAUKKANEN, R. T.; NISSILA, S.; HUIKURI, H. V.; TULPPO, M. P. Cardiovascular autonomic function correlates with the response to aerobic training in healthy sedentary subjects. *Am J Physiol Heart Circ Physiol* [S.I.], v. 285, n. 4, p. H1747-52, Oct 2003.

HENRICH, W. L. Autonomic insufficiency. *Arch Intern Med* [S.I.], v. 142, n. 2, p. 339-44, Feb 1982.

HURTADO, M. C. C. A ação do sistema neurovegetativo sobre o coração. *Fisiologia Humana de Houssay* [S.I.], v. Porto Alegre, Ed. Artmed, p. 378 -387, 2004.

IMAI, K.; SATO, H.; HORI, M.; KUSUOKA, H.; OZAKI, H.; YOKOYAMA, H.; TAKEDA, H.; INOUE, M.; KAMADA, T. Vagally mediated heart rate recovery after exercise is accelerated in athletes but blunted in patients with chronic heart failure. *J Am Coll Cardiol* [S.I.], v. 24, n. 6, p. 1529-35, Nov 15 1994.

JAE, S. Y.; HEFFERNAN, K. S.; LEE, M.; FERNHALL, B. Relation of heart rate recovery to heart rate variability in persons with paraplegia. *Clin Auton Res* [S.I.], v. 21, n. 2, p. 111-6, Apr 2011.

JAVORKA, M.; TRUNKVALTEROVA, Z.; TONHAJZEROVA, I.; JAVORKOVA, J.; JAVORKA, K.; BAUMERT, M. Short-term heart rate complexity is reduced in patients with type 1 diabetes mellitus. *Clin Neurophysiol* [S.I.], v. 119, n. 5, p. 1071-81, May 2008.

JAVORKA, M.; ZILA, I.; BALHAREK, T.; JAVORKA, K. Heart rate recovery after exercise: relations to heart rate variability and complexity. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research* [S.I.], v. 35, n. 8, p. 991-1000, 2002.

JESUS, P. C. *Considerações metodológicas e caracterização de procedimentos implicados nas análises temporal e espectral da variabilidade da frequência cardíaca, para avaliação clínica do controle autonômico do coração.* (1996). (doutorado) - Faculdade de Medicina, Universidade de Brasília, Brasília, 1996.

JOUVEN, X.; EMPANA, J. P.; SCHWARTZ, P. J.; DESNOS, M.; COURBON, D.; DUCIMETIERE, P. Heart-rate profile during exercise as a predictor of sudden death. *N Engl J Med* [S.I.], v. 352, n. 19, p. 1951-8, May 12 2005.

JUNQUEIRA JR, L. F. Sobre o possível papel da disfunção autonômica cardíaca na morte súbita associada a doença de Chagas. *Revista Brasileira de Medicina Tropical* [S.I.], v. 56, p. 429 - 434, 1990.

_____. Disfunção autonômica cardíaca, arritmogênese e morte súbita chagásica: perspectiva fisiopatológicas. *Revista Brasileira de Medicina Tropical* [S.I.], v. 26(supl II), 1993.

JUNQUEIRA JR, L. F. Regulação Cardiovascular. <http://www.unb.br/fs/clm/labcor/silabusorg.htm> [S.I.], 2007.

JUNQUEIRA, L. F., JR. Teaching cardiac autonomic function dynamics employing the Valsalva (Valsalva-Weber) maneuver. *Adv Physiol Educ* [S.I.], v. 32, n. 1, p. 100-6, Mar 2008.

KAIKKONEN, P.; RUSKO, H.; MARTINMAKI, K. Post-exercise heart rate variability of endurance athletes after different high-intensity exercise interventions. *Scand J Med Sci Sports* [S.I.], v. 18, n. 4, p. 511-9, Aug 2008.

KAMAL, A. Posture entrainment as a test for autonomic function in health and disease. *Biomed Sci Instrum* [S.I.], v. 30, p. 87-92, 1994.

KANNANKERIL, P. J.; LE, F. K.; KADISH, A. H.; GOLDBERGER, J. J. Parasympathetic effects on heart rate recovery after exercise. *J Investig Med* [S.I.], v. 52, n. 6, p. 394-401, Sep 2004.

KARAS, M.; LAROCHELLE, P.; LEBLANC, R. A.; DUBE, B.; NADEAU, R.; CHAMPLAIN, J. Attenuation of autonomic nervous system functions in hypertensive patients at rest and during orthostatic stimulation. *J Clin Hypertens (Greenwich)* [S.I.], v. 10, n. 2, p. 97-104, Feb 2008.

KATONA, P. G.; MCLEAN, M.; DIGHTON, D. H.; GUZ, A. Sympathetic and parasympathetic cardiac control in athletes and nonathletes at rest. *J Appl Physiol* [S.I.], v. 52, n. 6, p. 1652-7, Jun 1982.

KENNEY, W. L. Parasympathetic control of resting heart rate: relationship to aerobic power. *Med Sci Sports Exerc* [S.I.], v. 17, n. 4, p. 451-5, Aug 1985.

KIILAVUORI, K.; TOIVONEN, L.; NAVERI, H.; LEINONEN, H. Reversal of autonomic derangements by physical training in chronic heart failure assessed by heart rate variability. *Eur Heart J* [S.I.], v. 16, n. 4, p. 490-5, Apr 1995.

KIVINIEMI, A. M.; HAUTALA, A. J.; KINNUNEN, H.; TULPPO, M. P. Endurance training guided individually by daily heart rate variability measurements. *Eur J Appl Physiol* [S.I.], v. 101, n. 6, p. 743-51, Dec 2007.

KLEIGER, R. E.; STEIN, P. K.; BIGGER, J. T., JR. Heart rate variability: measurement and clinical utility. *Ann Noninvasive Electrocardiol* [S.I.], v. 10, n. 1, p. 88-101, Jan 2005.

KRIEGER, E. M.; DA SILVA, G. J.; NEGRAO, C. E. Effects of exercise training on baroreflex control of the cardiovascular system. *Ann N Y Acad Sci* [S.I.], v. 940, p. 338-47, Jun 2001.

KUDAIBERDIERA, G., GORENEK, B., TIMURALP, B., . Heart rate variability as a predictor of sudden cardiac death *Anadolu Kardiyol Derg.* [S.I.], v. 7(supple1), p. 68-70, 2007.

LAHIRI, M. K.; KANNANKERIL, P. J.; GOLDBERGER, J. J. Assessment of autonomic function in cardiovascular disease: physiological basis and prognostic implications. *J Am Coll Cardiol* [S.I.], v. 51, n. 18, p. 1725-33, May 6 2008.

LAKUSIC, N.; MAHOVIC, D.; BABIC, T. Gradual recovery of impaired cardiac autonomic balance within first six months after ischemic cerebral stroke. *Acta Neurol Belg* [S.I.], v. 105, n. 1, p. 39-42, Mar 2005.

LAROSA, C.; SGUEGLIA, G. A.; SESTITO, A.; INFUSINO, F.; NICCOLI, G.; LAMENDOLA, P.; MARIANI, L.; SANTANGELI, P.; LOMBARDO, A.; CREA, F.; LANZA, G. A. Predictors of impaired heart rate variability and clinical outcome in patients with acute myocardial infarction treated by primary angioplasty. *J Cardiovasc Med (Hagerstown)* [S.I.], v. 9, n. 1, p. 76-80, Jan 2008.

LAUER, M. S. Autonomic function and prognosis. *Cleve Clin J Med* [S.I.], v. 76 Suppl 2, p. S18-22, Apr 2009.

LAUER, M. S.; FROELICHER, V. Abnormal heart-rate recovery after exercise. *Lancet* [S.I.], v. 360, n. 9340, p. 1176-7, Oct 12 2002.

LEWIS, M. J.; KINGSLEY, M.; SHORT, A. L.; SIMPSON, K. Rate of reduction of heart rate variability during exercise as an index of physical work capacity. *Scand J Med Sci Sports* [S.I.], v. 17, n. 6, p. 696-702, Dec 2007.

LIMONGELLI, G.; MIELE, T.; PACILEO, G.; DI SALVO, G.; CALABRO, P.; ANCONA, R.; GALA, S.; REA, A.; VERRENGIA, M.; CALABRO, R. Heart rate variability is a weak predictor of sudden death in children and young patients with hypertrophic cardiomyopathy. *Heart* [S.I.], v. 93, n. 1, p. 117-8, Jan 2007.

LUCINI, D.; MILANI, R. V.; COSTANTINO, G.; LAVIE, C. J.; PORTA, A.; PAGANI, M. Effects of cardiac rehabilitation and exercise training on autonomic regulation in patients with coronary artery disease. *Am Heart J* [S.I.], v. 143, n. 6, p. 977-83, Jun 2002.

MACIEL, B. C.; GALLO, L., JR.; MARIN NETO, J. A.; LIMA FILHO, E. C.; MARTINS, L. E. Autonomic nervous control of the heart rate during dynamic exercise in normal man. *Clin Sci (Lond)* [S.I.], v. 71, n. 4, p. 457-60, Oct 1986.

MAEDER, M. T.; AMMANN, P.; RICKLI, H.; BRUNNER-LA ROCCA, H. P. Impact of the exercise mode on heart rate recovery after maximal exercise. *Eur J Appl Physiol* [S.I.], v. 105, n. 2, p. 247-55, Jan 2009.

MALFATTO, G.; FACCHINI, M.; BRAGATO, R.; BRANZI, G.; SALA, L.; LEONETTI, G. Short and long term effects of exercise training on the tonic autonomic modulation of heart rate variability after myocardial infarction. *Eur Heart J* [S.I.], v. 17, n. 4, p. 532-8, Apr 1996.

MALIK, M. E. C., A.J.,. *Heart rate variability*. Armokm, New York: Futura Publishing Company, 1995.

MANCO, J. C.; GALLO, L., JR.; GODOY, R. A.; FERNANDES, R. G.; AMORIM, D. S. Degeneration of the cardiac nerves in Chagas' disease. Further studies. *Circulation* [S.I.], v. 40, n. 6, p. 879-85, Dec 1969.

MARTINMAKI, K.; RUSKO, H. Time-frequency analysis of heart rate variability during immediate recovery from low and high intensity exercise (vol 102, pg 353, 2008). *European Journal of Applied Physiology* [S.I.], v. 103, n. 3, p. 377-378, Jun 2008.

MCLACHLAN, C. S.; OCSAN, R.; SPENCE, I.; HAMBLY, B.; MATTHEWS, S.; WANG, L.; JELINEK, H. F. Increased total heart rate variability and enhanced cardiac vagal autonomic activity in healthy humans with sinus bradycardia. *Proc (Bayl Univ Med Cent)* [S.I.], v. 23, n. 4, p. 368-70, Oct 2010.

MEYER, T.; LUCIA, A.; EARNEST, C. P.; KINDERMANN, W. A conceptual framework for performance diagnosis and training prescription from submaximal gas exchange parameters--theory and application. *Int J Sports Med* [S.I.], v. 26 Suppl 1, p. S38-48, Feb 2005.

MEZZACAPPA, E. S.; KELSEY, R. M.; KATKIN, E. S.; SLOAN, R. P. Vagal rebound and recovery from psychological stress. *Psychosom Med* [S.I.], v. 63, n. 4, p. 650-7, Jul-Aug 2001.

MICHELINE, L. C. *Regulação da pressão arterial: Mecanismos Neuro-hormonais*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008. (Fisiologia).

MINISTÉRIO DA SAÚDE. – BRASIL - VIGITEL BRASIL– Secretaria de vigilância em saúde. . p.http://portal.saude.gov.br/portal/arquivos/pdf/vigitel2008_final_web.pdf, 2008. Acesso em: janeiro de 2009.

MOHRMAN, C. R., HELLER, L.J. *Cardiovascular Physiology*. 4. ed.: McGraw-Hill, 1997.

MOLINA, G. E.; PORTO, L. G.; FONTANA, K. E.; JUNQUEIRA, L. F., JR. Unaltered R-R interval variability and bradycardia in cyclists as compared with non-athletes. *Clin Auton Res* [S.I.], v. 23, n. 3, p. 141-8, Jun 2013.

MOSEK, A.; NOVAK, V.; OPFER-GEHRKING, T. L.; SWANSON, J. W.; LOW, P. A. Autonomic dysfunction in migraineurs. *Headache* [S.I.], v. 39, n. 2, p. 108-17, Feb 1999.

MOURÃO JR, C. A., ABRAMOV D.M. *Fisiologia Essencial*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2011.

MYERS, J.; PRAKASH, M.; FROELICHER, V.; DO, D.; PARTINGTON, S.; ATWOOD, J. E. Exercise capacity and mortality among men referred for exercise testing. *N Engl J Med* [S.I.], v. 346, n. 11, p. 793-801, Mar 14 2002.

NEGRAO, C. E.; MOREIRA, E. D.; SANTOS, M. C.; FARAH, V. M.; KRIEGER, E. M. Vagal function impairment after exercise training. *J Appl Physiol* [S.I.], v. 72, n. 5, p. 1749-53, May 1992.

NEVRUZ, O.; YOKUSOGLU, M.; UZUN, M.; DEMIRKOL, S.; AVCU, F.; BAYSAN, O.; KOZ, C.; CETIN, T.; SAG, C.; URAL, A. U.; ISIK, E. Cardiac autonomic functions are altered in patients with acute leukemia, assessed by heart rate variability. *Tohoku J Exp Med* [S.I.], v. 211, n. 2, p. 121-6, Feb 2007.

NISHIME, E. O.; COLE, C. R.; PASHKOW, F.; BLACKSTONE, E. H.; LAUER, M. S. Chronotropic incompetence and abnormal heart rate recovery predict mortality in patients undergoing exercise testing without imaging. *Journal of the American College of Cardiology* [S.I.], v. 35, n. 2, p. 214A-214A, 2000.

NUNAN, D.; JAKOVLJEVIC, D. G.; DONOVAN, G.; SINGLETON, L. D.; SANDERCOCK, G. R. H.; BRODIE, D. A. Resting autonomic modulations and the heart rate response to exercise. *Clinical Autonomic Research* [S.I.], v. 20, n. 4, p. 213-221, Aug 2010.

OKUTUCU, S.; KARAKULAK, U. N.; AYTEMIR, K.; OTO, A. Heart rate recovery: a practical clinical indicator of abnormal cardiac autonomic function. *Expert Rev Cardiovasc Ther* [S.I.], v. 9, n. 11, p. 1417-30, Nov 2011.

PARK, D. H.; SHIN, C. J.; HONG, S. C.; YU, J.; RYU, S. H.; KIM, E. J.; SHIN, H. B.; SHIN, B. H. Correlation between the severity of obstructive sleep apnea and heart rate variability indices. *J Korean Med Sci* [S.I.], v. 23, n. 2, p. 226-31, Apr 2008.

PERSSON, P. B.; EHMKE, H.; KIRCHHEIM, H. R. Blood pressure control in arterial- and cardiopulmonary receptor denervated dogs. *Acta Physiol Scand* [S.I.], v. 142, n. 2, p. 221-8, Jun 1991.

PORTO, L. G., JUNQUEIRA JR, LF. Efeitos do Incremento do número de passos diários sobre a função autonômica cardíaca e o desempenho físico no limiar anaeróbio, em indivíduos normais sedentários. *Doutorado em Ciências Médicas* [S.I.], v. Faculdade de Medicina - Universidade de Brasília, n. Brasília Novembro 2007.

PORTO, L. G.; JUNQUEIRA, L. F., JR. Comparison of time-domain short-term heart interval variability analysis using a wrist-worn heart rate monitor and the conventional electrocardiogram. *Pacing Clin Electrophysiol* [S.I.], v. 32, n. 1, p. 43-51, Jan 2009.

PUMPRLA, J.; HOWORKA, K.; GROVES, D.; CHESTER, M.; NOLAN, J. Functional assessment of heart rate variability: physiological basis and practical applications. *Int J Cardiol* [S.I.], v. 84, n. 1, p. 1-14, Jul 2002.

RAJENDRA ACHARYA, U.; PAUL JOSEPH, K.; KANNATHAL, N.; LIM, C. M.; SURI, J. S. Heart rate variability: a review. *Med Biol Eng Comput* [S.I.], v. 44, n. 12, p. 1031-51, Dec 2006.

REIS, A. F., BASTOS, B.G., MESQUITA,E.T., ROMÊO F°,L.J.M, NÓBREGA, A.C.L. Disfunção Parassimpática, Variabilidade da Frequência Cardíaca e Estimulação Colinérgica após Infarto Agudo do Miocárdico. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia* [S.I.], v. 70, n. 3, p. 193 -199, 1998.

SANDERCOCK, G. R.; GROCOTT-MASON, R.; BRODIE, D. A. Changes in short-term measures of heart rate variability after eight weeks of cardiac rehabilitation. *Clin Auton Res* [S.I.], v. 17, n. 1, p. 39-45, Feb 2007.

SAYERS, B. M. Analysis of heart rate variability. *Ergonomics* [S.I.], v. 16, n. 1, p. 17-32, Jan 1973.

SILVA, V. J. D. D. J., ELISABETE NOGUEIRA. Variabilidade da frequência cardíaca e da pressão arterial na insuficiência cardíaca congestiva. *REVISTA BRASILEIRA DE HIPERTENSÃO* [S.I.], v. 12, n. 1, p. 21-26, 2005.

SIN, D. D.; WONG, E.; MAYERS, I.; LIEN, D. C.; FEENY, D.; CHEUNG, H.; GAN, W. Q.; MAN, S. F. Effects of nocturnal noninvasive mechanical ventilation on heart rate variability of patients with advanced COPD. *Chest* [S.I.], v. 131, n. 1, p. 156-63, Jan 2007.

SLOAN, R. A.; SAWADA, S. S.; MARTIN, C. K.; CHURCH, T.; BLAIR, S. N. Associations between cardiorespiratory fitness and health-related quality of life. *Health Qual Life Outcomes* [S.I.], v. 7, p. 47, 2009.

SMEKAL, G.; VON DUVILLARD, S. P.; POKAN, R.; LANG, K.; BARON, R.; TSCHAN, H.; HOFMANN, P.; BACHL, N. Respiratory gas exchange and lactate measures during competitive orienteering. *Med Sci Sports Exerc* [S.I.], v. 35, n. 4, p. 682-9, Apr 2003.

SMITH, A. L.; REYNOLDS, K. J.; OWEN, H. Correlated Poincare indices for measuring heart rate variability. *Australas Phys Eng Sci Med* [S.I.], v. 30, n. 4, p. 336-41, Dec 2007.

SOLEIMANI, A.; SALARIFAR, M.; KASAIAN, S. E.; SADEGHIAN, S.; NEJATIAN, M.; ABBASI, A. Effect of completion of cardiac rehabilitation on heart rate recovery. *Asian Cardiovasc Thorac Ann* [S.I.], v. 16, n. 3, p. 202-7, Jun 2008.

STEIN, P. K.; BOSNER, M. S.; KLEIGER, R. E.; CONGER, B. M. Heart rate variability: a measure of cardiac autonomic tone. *Am Heart J* [S.I.], v. 127, n. 5, p. 1376-81, May 1994.

TAKEYAMA, J.; ITOH, H.; KATO, M.; KOIKE, A.; AOKI, K.; FU, L. T.; WATANABE, H.; NAGAYAMA, M.; KATAGIRI, T. Effects of physical training on the recovery of the autonomic nervous activity during exercise after coronary artery bypass grafting: effects of physical training after CABG. *Jpn Circ J* [S.I.], v. 64, n. 11, p. 809-13, Nov 2000.

TASK FORCE. 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. *European Heart Journal* [S.I.], v. 17, n. 3, p. 354-81, Mar 1996.

TERATHONGKUM, S.; PICKLER, R. H. Relationships among heart rate variability, hypertension, and relaxation techniques. *J Vasc Nurs* [S.I.], v. 22, n. 3, p. 78-82; quiz 83-4, Sep 2004.

TULPPO, M. P.; HAUTALA, A. J.; MAKIKALLIO, T. H.; LAUKKANEN, R. T.; NISSILA, S.; HUGHSON, R. L.; HUIKURI, H. V. Effects of aerobic training on heart rate dynamics in sedentary subjects. *J Appl Physiol* [S.I.], v. 95, n. 1, p. 364-72, Jul 2003.

TULPPO, M. P.; KIVINIEMI, A. M.; HAUTALA, A. J.; KALLIO, M.; SEPPANEN, T.; TIINANEN, S.; MAKIKALLIO, T. H.; HUIKURI, H. V. Sympatho-vagal interaction in the recovery phase of exercise. *Clin Physiol Funct Imaging* [S.I.], v. 31, n. 4, p. 272-81, Jul 2011.

TULPPO, M. P.; MAKIKALLIO, T. H.; SEPPANEN, T.; LAUKKANEN, R. T.; HUIKURI, H. V. Vagal modulation of heart rate during exercise: effects of age and physical fitness. *Am J Physiol* [S.I.], v. 274, n. 2 Pt 2, p. H424-9, Feb 1998.

TULPPO, M. P.; MAKIKALLIO, T. H.; TAKALA, T. E.; SEPPANEN, T.; HUIKURI, H. V. Quantitative beat-to-beat analysis of heart rate dynamics during exercise. *Am J Physiol* [S.I.], v. 271, n. 1 Pt 2, p. H244-52, Jul 1996.

TULUMEN, E.; KHALILAYEVA, I.; AYTEMIR, K.; ERGUN BARIS KAYA, F. E.; SINAN DEVECI, O.; AKSOY, H.; KOCABAS, U.; OKUTUCU, S.; TOKGOZOGLU, L.; KABAKCI, G.; OZKUTLU, H.; OTO, A. The reproducibility of heart rate recovery after treadmill exercise test. *Ann Noninvasive Electrocardiol* [S.I.], v. 16, n. 4, p. 365-72, Oct 2011.

VASCONCELOS, D. F.; JUNQUEIRA, L. F., JR. Distinctive impaired cardiac autonomic modulation of heart rate variability in chronic Chagas' indeterminate and heart diseases. *J Electrocardiol* [S.I.], v. 42, n. 3, p. 281-9, May-Jun 2009.

WALLEN, M. B.; HASSON, D.; THEORELL, T.; CANLON, B.; OSIKA, W. Possibilities and limitations of the polar RS800 in measuring heart rate variability at rest. *Eur J Appl Physiol* [S.I.], Jul 16 2011.

WASSERMAN, K. Letter: Summing PaCO₂ and PaO₂: a simple expedient for determining alveolar-arterial PO₂ difference. *Am Rev Respir Dis* [S.I.], v. 113, n. 5, p. 707, May 1976a.

_____. Testing regulation of ventilation with exercise. *Chest* [S.I.], v. 70, n. 1 Suppl, p. 173-8, Jul 1976b.

_____. The anaerobic threshold measurement in exercise testing. *Clin Chest Med* [S.I.], v. 5, n. 1, p. 77-88, Mar 1984.

_____. Determinants and detection of anaerobic threshold and consequences of exercise above it. *Circulation* [S.I.], v. 76, n. 6 Pt 2, p. VI29-39, Dec 1987.

WASSERMAN, K.; MCILROY, M. B. Detecting the Threshold of Anaerobic Metabolism in Cardiac Patients during Exercise. *Am J Cardiol* [S.I.], v. 14, p. 844-52, Dec 1964.

WHIPP, B. J.; WARD, S. A.; WASSERMAN, K. Ventilatory responses to exercise and their control in man. *Am Rev Respir Dis* [S.I.], v. 129, n. 2 Pt 2, p. S17-20, Feb 1984.

WHITE, J. C., SMITHWICK, R.H., SIMEONE, F. A. *The autonomic nervous system*. New York: Macmillan Company, 1952.

ZULLI, R.; NICOSIA, F.; BORRONI, B.; AGOSTI, C.; PROMETTI, P.; DONATI, P.; DE VECCHI, M.; ROMANELLI, G.; GRASSI, V.; PADOVANI, A. QT dispersion and heart rate variability abnormalities in Alzheimer's disease and in mild cognitive impairment. *J Am Geriatr Soc* [S.I.], v. 53, n. 12, p. 2135-9, Dec 2005.

ANEXO I

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Projeto de Pesquisa

FUNÇÃO AUTONÔMICA CARDÍACA E AVALIAÇÃO ERGOESPIROMETRICA EM ASSOCIAÇÃO COM O DESEMPENHO FÍSICO AERÓBIO EM ADULTOS SADIÓS COM DIFERENTES NÍVEIS DE CONDICIONAMENTO FÍSICO

Pesquisador

Guilherme Eckhardt Molina

(Aluno do Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Ciências Médicas - UnB)

Orientador

Prof. Dr. Luiz Fernando Junqueira Jr.

(Prof. Titular do Dep. de Clínica Médica – Cardiologia – Faculdade de Medicina – Universidade de Brasília - UnB)

Locais de realização

Laboratório Cardiovascular da Faculdade de Medicina da Universidade de Brasília
Laboratório de Fisiologia do Exercício da Faculdade de Educação Física da UnB
Hospital Universitário de Brasília HuB

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE ESCLARECIDO

Eu,....., abaixo assinado, juntamente com o Prof. Guilherme Eckhardt Molina, declaro ter lido ou ouvido, e compreendido totalmente o presente termo de meu consentimento para a participação como convidado que fui pelo pesquisador acima indicado da pesquisa, o qual estabelece o seguinte

1. Estou participando de minha livre e espontânea vontade, a convite dos pesquisadores envolvidos, na pesquisa para verificar a relação dos aspectos da Função Autonômica Cardíaca e variáveis Ergoespirométricas, no repouso, exercício e na recuperação pós-exercício, em indivíduos adultos e jovens de ambos os sexos, com diversos níveis de condicionamento físico, clinicamente saudável, assintomático, em pleno gozo de suas atribuições pessoais e profissionais.
2. Nenhum tipo de pagamento será feito pela minha participação como voluntário(a) nessa pesquisa. Os pesquisadores responsáveis não têm qualquer responsabilidade sobre problemas pessoais de qualquer tipo em consequência da participação na pesquisa, à exceção de eventuais problemas médicos e/ou fisiológicos decorrentes diretamente de minha participação nesta pesquisa.
3. O protocolo geral da pesquisa prevê duas etapas básicas. Inicialmente eu serei atendido pelo pesquisador a fim de proceder a uma anamnese (entrevista sobre características e hábitos pessoais), medida de dados antropométricos (peso, altura, composição corporal, frequência cardíaca e pressão arterial de repouso) e teste de avaliação da função autonômica cardíaca, em sala apropriada no Laboratório Cardiovascular da Faculdade de Medicina da UnB. Antes de proceder à avaliação da função autonômica, serei submetido à avaliação médica a fim de verificar minha condição clínico-cardiológica. Para as análises, serão utilizados dois aparelhos comuns, que são o eletrocardiograma e o freqüencímetro, para registro de eletrocardiograma e contagem do número de batimentos do coração (frequência cardíaca), na posição

deitada, em cama de exame médico, e na posição de pé ao lado da cama. Em cada uma das situações de exame, o eletrocardiograma e a contagem dos batimentos do coração terão a duração de 5 minutos, com intervalo de alguns minutos entre uma situação e outra. Ainda na primeira etapa, (na mesma semana da primeira etapa), serei encaminhado ao Hospital Universitário HuB, para realizar exames bioquímicos (sangue) e por imagem, como o ecodopplercardiograma com intuito de levantar mais informações sobre o meu estado de saúde. Após esta avaliação e não sendo detectada nenhuma contra-indicação à realização de teste de esforço máximo, farei um teste ergoespirométrico em esteira rolante (respirando numa máscara que mede os gases da respiração), para avaliação de capacidade física, de caráter máximo, que será sempre interrompido num ponto chamado de consumo máximo de oxigênio, que é normalmente associado a um grau de esforço físico intenso. Esta última etapa será desenvolvida, com data e hora marcadas, no Laboratório de Fisiologia do Exercício da Faculdade de Educação Física da Universidade de Brasília – FEF, pela equipe daquele laboratório e, sempre que possível, na presença do pesquisador responsável.

4. No caso de serem necessários outros tipos de exames, de acordo com o que foi avaliado na consulta médica e nos testes realizados, isto será explicado e estes exames poderão ser pedidos e avaliados pelo próprio médico ou pelos pesquisadores responsáveis, ou por médico da pessoa, quando for o caso.
5. Os exames não têm qualquer risco esperado, pois compreendem apenas o registro do eletrocardiograma durante as situações explicadas, bem como de teste de esforço máximo, que acontecerá apenas após avaliação clínico-cardiológica. A mudança da posição deitada para a posição de pé, pode provocar tontura ou sensação de desmaio em algumas pessoas, que logo desaparecem com medidas de controle, como o restabelecimento da posição deitada.
6. A participação nessa pesquisa não obriga a pessoa e nem o pesquisador a continuarem o seguimento da avaliação um com o outro. No caso de ser descoberta alguma doença ou alteração durante a consulta médica e nos testes realizados, a pessoa poderá escolher livremente o seu médico ou continuar com o médico que já vinha fazendo o seu seguimento.
7. Quando estiver concluída a pesquisa, poderei, sob minha expressa solicitação, ser informado(a) detalhadamente sobre os resultados e ter uma cópia da mesma.
8. Entendo que poderei não ter benefício pela participação nessa pesquisa, a não ser o da consulta médica e da realização de exames especializados que fornecerão informações sobre meu estado de saúde.
9. Os pesquisadores garantem que qualquer informação pessoal será mantida em sigilo, e a descrição da mesma na apresentação da tese de doutorado e nas publicações científicas que decorrerão deste trabalho não identificará a pessoa examinada
10. Tenho assegurado o direito de abandonar a participação nessa pesquisa a qualquer momento, sem qualquer consequência ou prejuízo para mim, bastando para isso comunicar o desejo aos pesquisadores.

Brasília ,.....dede

Nome..... Assinatura.....

Voluntário(a)

Guilherme Eckhardt Molina
Pesquisador Responsável

ANEXO II



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE MEDICINA
Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos

ANÁLISE DE PROJETO DE PESQUISA

Registro de Projeto: CEP-FM 091/2009.

Título: “Função autonômica cardíaca e avaliação ergoespirométrica em associação com o desempenho físico aeróbico em adultos sadios com diferentes níveis de condicionamento físico”.

Pesquisador Responsável: Guilherme Eckhardt Molina.

Documentos analisados: Folha de rosto, carta de encaminhamento, declaração de responsabilidade, protocolo de pesquisa, termo de consentimento livre e esclarecido, cronograma, bibliografia pertinente e currículo (s) de pesquisador (es).

Data de entrega: 24/11/2009.

Parecer do (a) relator (a)

Aprovação

Não aprovação.

Data da primeira análise pelo CEP-FM/UNB: 21/12/2009.

Data do parecer final do projeto pelo CEP-FM/UNB: 18/02/2010.

PARECER

Com base na Resolução CNS/MS nº 196/96 e resoluções posteriores, que regulamentam a matéria, o Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Medicina da Universidade de Brasília decidiu **APROVAR**, na reunião ordinária de 24/02/2010, conforme parecer do (a) relator (a), o projeto de pesquisa acima especificado quanto aos seus aspectos éticos.

1. Modificações no protocolo devem ser submetidas ao CEP, assim como a notificação imediata de eventos adversos graves;
2. O (s) pesquisador (es) deve (m) apresentar relatórios periódicos do andamento da pesquisa ao CEP-FM.

Brasília, 25 de Fevereiro de 2010


Prof. Elaine Maria de Oliveira Alves
Coordenadora do Comitê de Ética em Pesquisa
Faculdade de Medicina-UNB

ANEXO III

Valores individuais da idade e dos **índices temporais** da variabilidade da frequência cardíaca obtidos na condição de repouso na posição supina (Sup), na posição ortostática (Ort); Δ ABS: variação absoluta; $\Delta\%$: variação relativa

Indivíduo	Idade	Número iRR				Média (ms)				Desvio-padrão (ms)				
		Sup	Ort	Δ ABS	$\Delta\%$	Sup	Ort	Δ ABS	$\Delta\%$	Sup	Ort	Δ ABS	$\Delta\%$	
1	GLG	24	211	279	68	32,2	1427,0	1062,4	-364,6	-25,6	56,0	49,8	-6,2	-11,1
2	BLES	31	292	348	56	19,2	1034,9	869,1	-165,8	-16,0	56,1	48,2	-7,9	-14,1
3	FSS	29	283	392	109	38,5	1012,7	772,5	-240,2	-23,7	34,6	30,6	-4,0	-11,6
4	AD	32	302	378	76	25,2	986,5	798,1	-188,4	-19,1	29,6	49,2	19,7	66,5
5	LHR	33	250	346	96	38,4	1162,2	868,3	-293,9	-25,3	53,7	47,7	-6,1	-11,3
6	MMB	21	286	434	148	51,7	1052,4	695,2	-357,2	-33,9	42,3	60,7	18,4	43,5
7	FAAS	21	315	379	64	20,3	950,7	797,5	-153,1	-16,1	51,5	51,5	0,0	0,1
8	PHDRA	23	256	293	37	14,5	1177,1	870,3	-306,8	-26,1	65,0	43,7	-21,4	-32,9
9	RRLS	40	297	427	130	43,8	887,7	729,7	-158,0	-17,8	39,4	41,1	1,7	4,3
10	RSO	34	245	326	81	33,1	1236,6	924,3	-312,3	-25,3	39,5	41,2	1,7	4,4
11	JDPJ	23	308	422	114	37,0	970,3	707,4	-262,9	-27,1	89,5	52,4	-37,1	-41,5
12	CJG	28	285	403	118	41,4	1064,6	749,9	-314,7	-29,6	55,9	45,0	-10,9	-19,5
13	RVM	29	271	373	102	37,6	1106,0	801,0	-305,0	-27,6	51,5	37,7	-13,9	-26,9
14	LMS	31	303	391	88	29,0	991,5	769,4	-222,1	-22,4	40,7	36,7	-4,1	-9,9
15	LS	32	305	402	97	31,8	865,9	678,9	-187,1	-21,6	49,9	38,6	-11,3	-22,7
16	RMS	29	233	361	128	54,9	1343,9	831,6	-512,3	-38,1	71,4	64,8	-6,6	-9,2
17	JJSB	39	252	398	146	57,9	1184,3	754,0	-430,3	-36,3	63,9	51,6	-12,3	-19,3
18	CMS	22	284	394	110	38,7	941,6	757,5	-184,2	-19,6	24,7	45,8	21,1	85,6
19	EKVKS	21	260	397	137	52,7	1167,0	765,3	-401,7	-34,4	75,0	46,1	-28,9	-38,5
20	JOS	22	261	403	142	54,4	1162,3	746,0	-416,3	-35,8	61,3	86,1	24,8	40,5
21	MPV	21	221	333	112	50,7	1120,8	903,2	-217,6	-19,4	40,2	50,5	10,4	25,8
22	S A	46	257	359	102	39,7	903,0	822,1	-80,9	-9,0	39,3	34,3	-5,0	-12,6
23	AAV	21	327	447	120	36,7	918,3	668,7	-249,6	-27,2	27,0	27,2	0,2	0,7
24	GEM	35	325	434	109	33,5	923,0	691,5	-231,5	-25,1	55,2	46,0	-9,2	-16,6
25	DCN	24	329	408	79	24,0	862,8	735,1	-127,8	-14,8	49,9	36,7	-13,2	-26,5
26	MRC	24	311	380	69	22,2	971,1	752,2	-218,9	-22,5	41,91	41,95	0,0	0,1
27	MES	34	316	352	36	11,4	888,4	640,4	-248,0	-27,9	27,9	17,04	-10,9	-38,9
28	CAAC	26	297	353	56	18,9	1026,5	788,9	-237,6	-23,1	37,38	30,4	-7,0	-18,7
29	GLF	23	329	510	181	55,0	913,6	589,8	-323,8	-35,4	61,95	20,92	-41,0	-66,2
30	FRD	30	280	302	22	7,9	1087,7	900,7	-187,0	-17,2	41,32	40,7	-0,6	-1,5
31	LDMJ	30	289	371	82	28,4	927,5	808,1	-119,41	-12,9	46,13	39,18	-7,0	-15,1

Valores individuais da idade e dos **índices temporais** da variabilidade da frequência cardíaca obtidos na condição de repouso na posição supina (Sup), na posição ortostática (Ort); Δ ABS: variação absoluta; $\Delta\%$: variação relativa

Indivíduo	Idade	Coeficiente de Variação (%)				pNN50 (%)				r-MSSD (ms)				
		Sup	Ort	Δ ABS	$\Delta\%$	Sup	Ort	Δ ABS	$\Delta\%$	Sup	Ort	Δ ABS	$\Delta\%$	
1	GLG	24	3,9	4,7	0,8	19,6	23,3	12,6	-10,7	-46,0	46,1	33,8	-12,3	-26,7
2	BLES	31	5,4	5,6	0,1	2,4	26,2	24,4	-1,8	-6,9	49,8	45,9	-4,0	-7,9
3	FSS	29	3,4	3,9	0,5	14,0	12,4	1,0	-11,4	-91,8	32,7	16,6	-16,1	-49,2
4	AD	32	3,0	6,2	3,2	105,3	0,7	1,3	0,7	100,0	21,8	19,9	-1,9	-8,8
5	LHR	33	4,6	5,5	0,9	19,0	26,9	7,0	-20,0	-74,2	46,7	27,2	-19,5	-41,7
6	MMB	21	4,0	8,7	4,7	117,2	55,1	3,5	-51,6	-93,7	59,8	20,4	-39,4	-65,8
7	FAAS	21	5,4	6,5	1,0	19,2	27,4	1,9	-25,5	-93,2	44,4	22,7	-21,7	-48,8
8	PHDRA	23	5,5	5,0	-0,5	-9,2	59,6	28,9	-30,8	-51,6	74,6	28,9	-45,8	-61,3
9	RRLS	40	4,4	5,6	1,2	26,8	0,3	0,0	-0,3	-100,0	16,1	12,6	-3,5	-21,8
10	RSO	34	3,2	4,5	1,3	39,8	30,3	1,8	-28,5	-93,9	45,6	20,4	-25,2	-55,2
11	JDPJ	23	9,2	7,4	-1,8	-19,7	34,2	2,6	-31,6	-92,4	61,3	20,9	-40,5	-66,0
12	CJG	28	5,3	6,0	0,8	14,3	40,5	1,0	-39,5	-97,6	56,1	15,3	-40,7	-72,6
13	RVM	29	4,7	4,7	0,0	0,2	53,3	5,1	-48,2	-90,4	70,1	24,2	-45,9	-65,5
14	LMS	31	4,1	4,8	0,7	16,1	1,3	0,0	-1,3	-100,0	23,9	10,1	-13,8	-57,8
15	LS	32	5,8	5,7	-0,1	-1,4	3,9	0,2	-3,7	-93,9	23,5	12,5	-11,1	-47,0
16	RMS	29	5,3	7,8	2,5	46,8	63,8	22,5	-41,3	-64,7	96,7	46,4	-50,3	-52,0
17	JJSB	39	5,4	6,8	1,5	26,9	49,8	1,3	-48,6	-97,5	68,3	18,2	-50,1	-73,4
18	CMS	22	2,6	6,0	3,4	130,5	4,8	2,8	-2,0	-42,0	22,5	25,3	2,8	12,5
19	EKVKS	21	6,4	6,0	-0,4	-6,5	59,5	2,0	-57,4	-96,6	83,2	20,0	-63,2	-75,9
20	JOS	22	5,3	11,5	6,3	118,8	33,5	9,7	-23,8	-71,0	61,4	32,3	-29,1	-47,5
21	MPV	21	3,6	5,6	2,0	56,4	45,9	15,1	-30,8	-67,2	55,5	34,3	-21,2	-38,2
22	S A	46	4,4	4,2	-0,2	-4,1	10,2	0,3	-9,9	-97,2	33,3	16,8	-16,5	-49,6
23	AAV	21	2,9	4,1	1,1	38,1	0,3	0,2	-0,1	-26,7	20,8	11,1	-9,7	-46,6
24	GEM	35	6,0	6,7	0,7	11,4	31,5	1,2	-30,3	-96,3	48,6	18,2	-30,4	-62,6
25	DCN	24	5,8	5,0	-0,8	-13,5	16,2	0,5	-15,7	-96,9	38,1	12,3	-25,8	-67,7
26	MRC	24	4,3	5,6	1,3	29,2	22,6	1,6	-21,0	-93,0	40,4	18,9	-21,5	-53,3
27	MES	34	3,2	2,7	-0,5	-15,6	4,8	0,0	-4,8	-100,0	29,2	4,5	-24,7	-84,5
28	CAAC	26	3,6	3,9	0,2	5,8	17,6	0,6	-17,0	-96,8	36,1	14,3	-21,8	-60,4
29	GLF	23	6,8	3,5	-3,2	-47,8	20,1	0,0	-20,1	-100,0	40,9	7,8	-33,2	-81,1
30	FRD	30	3,8	4,5	0,7	19,3	22,9	1,3	-21,6	-94,2	39,5	21,1	-18,4	-46,6
31	LDMJ	30	5,0	4,9	-0,08	-1,6	17,4	2,2	-15,2	-87,6	34,5	21,1	-13,4	-39,0

Valores individuais da idade e dos **índices espectrais** da variabilidade da frequência cardíaca obtidos na condição de repouso na posição supina (Sup), na posição ortostática (Ort)

Indivíduo	Idade	Área Total (ms ²)				Razão BF / AF				Área Nor BF				Área Nor AF				
		Sup	Ort	Δ ABS	Δ %	Sup	Ort	Δ ABS	Δ %	Sup	Ort	Δ ABS	Δ %	Sup	Ort	Δ ABS	Δ %	
1	GLG	24	446.8	506.8	60.0	13.4	1.04	2.24	1.2	115.4	0.51	0.69	0.2	35.3	0.49	0.31	-0.2	-36.7
2	BLES	31	430.7	416.9	-13.9	-3.2	0.69	1.45	0.8	110.1	0.41	0.59	0.2	43.9	0.59	0.41	-0.2	-30.5
3	FSS	29	262.2	200.2	-62.0	-23.6	0.85	5.38	4.5	532.9	0.46	0.84	0.4	82.6	0.54	0.16	-0.4	-70.4
4	AD	32	161.6	381.9	220.3	136.3	0.60	3.00	2.4	400.0	0.37	0.75	0.4	102.7	0.63	0.25	-0.4	-60.3
5	LHR	33	601.1	423.7	-177.3	-29.5	2.18	9.62	7.4	341.3	0.68	0.90	0.2	32.4	0.31	0.10	-0.2	-67.7
6	MMB	21	281.0	401.0	120.0	42.7	0.29	10.20	9.9	3417.2	0.22	0.91	0.7	313.6	0.77	0.08	-0.7	-89.6
7	FAAS	21	574.4	576.8	2.4	0.4	2.10	5.54	3.4	163.8	0.67	0.84	0.2	25.4	0.32	0.15	-0.2	-53.1
8	PHDRA	23	810.1	362.9	-447.2	-55.2	0.33	0.55	0.2	66.7	0.25	0.35	0.1	40.0	0.74	0.65	-0.1	-12.2
9	RRLS	40	167.1	320.0	152.9	91.5	3.71	12.68	9.0	241.8	0.78	0.92	0.1	17.9	0.22	0.08	-0.1	-63.6
10	RSO	34	234.0	251.8	17.9	7.6	0.83	4.44	3.6	434.9	0.45	0.81	0.4	80.0	0.55	0.19	-0.4	-65.5
11	JDPJ	23	1576.0	494.2	-1081.8	-68.6	13.05	15.14	2.1	16.0	0.93	0.93	0.0	0.0	0.08	0.04	0.0	-50.0
12	CJG	28	448.0	344.2	-103.8	-23.2	0.70	8.07	7.4	1052.9	0.41	0.89	0.5	117.1	0.58	0.11	-0.5	-81.0
13	RVM	29	471.7	265.9	-205.8	-43.6	0.10	1.64	1.5	1540.0	0.09	0.63	0.5	600.0	0.91	0.37	-0.5	-59.3
14	LMS	31	239.5	128.7	-110.8	-46.3	2.07	4.90	2.8	136.7	0.67	0.83	0.2	23.9	0.33	0.17	-0.2	-48.5
15	LS	32	357.0	247.9	-109.1	-30.6	3.58	5.99	2.4	67.3	0.78	0.85	0.1	9.0	0.22	0.15	-0.1	-31.8
16	RMS	29	808.0	978.9	170.9	21.1	0.23	2.27	2.0	887.0	0.18	0.69	0.5	283.3	0.81	0.31	-0.5	-61.7
17	JJSB	39	684.4	631.9	-52.6	-7.7	0.63	6.81	6.2	981.0	0.38	0.87	0.5	128.9	0.62	0.13	-0.5	-79.0
18	CMS	22	123.7	346.8	223.1	180.4	1.05	1.80	0.8	71.4	0.51	0.64	0.1	25.5	0.49	0.36	-0.1	-26.5
19	EKVKS	21	839.5	322.4	-517.1	-61.6	0.42	5.37	5.0	1178.6	0.30	0.84	0.5	180.0	0.70	0.16	-0.5	-77.1
20	JOS	22	603.9	1225.2	621.3	102.9	0.63	11.29	10.7	1692.1	0.38	0.91	0.5	139.5	0.62	0.09	-0.5	-85.5
21	MPV	21	344.1	523.8	179.7	52.2	0.25	1.72	1.5	588.0	0.20	0.63	0.4	215.0	0.80	0.37	-0.4	-53.8
22	AS.	46	251.7	246.2	-5.6	-2.2	1.56	4.54	3.0	191.0	0.61	0.81	0.2	32.8	0.37	0.19	-0.2	-48.6
23	AAV	21	124.3	137.4	13.1	10.6	0.55	7.66	7.1	1292.7	0.35	0.88	0.5	151.4	0.11	0.11	0.0	0.0
24	GEM	35	651.8	362.4	-289.3	-44.4	1.02	20.90	19.9	1949.0	0.51	0.95	0.4	86.3	0.49	0.05	-0.4	-89.8
25	DCN	24	571.9	275.1	-296.8	-51.9	1.62	6.53	4.9	303.1	0.62	0.86	0.2	38.7	0.39	0.13	-0.3	-66.7
26	MCR	24	319.6	287.8	-31.8	-9.9	0.66	9.70	9.0	1369.7	0.40	0.90	0.5	125.0	0.60	0.10	-0.5	-83.3
27	MES	34	165.5	51.2	-114.3	-69.1	0.46	4.29	3.8	832.6	0.32	0.81	0.5	153.1	0.68	0.19	-0.5	-72.1
28	CAAS	26	267.3	229.6	-37.7	-14.1	0.32	3.78	3.5	1081.3	0.24	0.79	0.6	229.2	0.76	0.21	-0.6	-72.4
29	GLF	23	552.5	71.2	-481.3	-87.1	2.05	10.07	8.0	391.2	0.67	0.90	0.2	34.3	0.33	0.10	-0.2	-69.7
30	FRD	30	312.9	289.7	-23.1	-7.4	0.59	4.10	3.5	594.9	0.37	0.80	0.4	116.2	0.63	0.20	-0.4	-68.3
31	LDMJ	30	326.0	282.6	-43.4	-13.3	1.15	2.32	1.2	101.7	0.54	0.69	0.2	27.8	0.46	0.31	-0.2	-32.6

Valores individuais da idade e dos índices **tempo-frequenciais** da variabilidade da frequência cardíaca obtidos na condição de repouso na posição supina (Sup), na posição ortostática (Ort)

Indivíduo	Idade	GRAU				NATUREZA				Distribuição do Tempo								CV da razão BF;AF,% (Variabilidade no tempo)				
		(área espectral total, MEDIANA)				(razão BF/AF, MEDIANA)				área >1 (seg)				área <1 (seg)								
		SUP	ORT	ΔABS	Δ%	SUP	ORT	ΔABS	Δ%	SUP	ORT	ΔABS	Δ%	SUP	ORT	ΔABS	Δ%	SUP	ORT	ΔABS	Δ%	
1	GLG	24	445,5	434,6	-10,9	-2,4	1,2	2,1	0,9	73,0	187,7	537,9	350,3	186,7	33,13	16,11	-17,0	-51,4	74,4	116,5	42,1	56,7
2	BLES	31	431,6	374,7	-56,9	-13,2	1,1	1,3	0,2	21,3	186,6	289,9	103,3	55,3	72,59	30,23	-42,4	-58,4	87,3	104,7	17,4	19,9
3	FSS	29	213,1	132,8	-80,3	-37,7	0,8	9,9	9,1	1091,6	152,0	4880,9	4728,9	3111,1	66,52	0	-66,5	-100,0	125,3	118,3	-6,9	-5,5
4	AD	32	137,4	346,1	208,7	151,8	0,7	3,5	2,8	410,3	67,5	961,9	894,4	1325,9	89,53	4,02	-85,5	-95,5	82,0	78,9	-3,1	-3,8
5	LHR	33	420,0	423,4	3,4	0,8	1,8	8,2	6,4	356,7	394,0	2459,4	2065,4	524,1	31,68	0	-31,7	-100,0	74,7	62,4	-12,3	-16,4
6	MMB	21	283,8	542,9	259,1	91,3	0,3	14,4	14,1	4855,2	2,0	5338,0	5336,0	261566,7	184,77	0,8	-184,0	-99,6	70,8	109,6	38,8	54,8
7	FAAS	21	340,9	430,3	89,3	26,2	0,9	6,4	5,6	652,9	233,4	1779,0	1545,6	662,3	62,7	9,33	-53,4	-85,1	89,4	77,2	-12,2	-13,7
8	PHDA	23	727,9	250,0	-477,9	-65,7	0,3	0,9	0,6	178,1	0,0	97,7	97,7	9772,0	170,09	48,26	-121,8	-71,6	57,8	90,6	32,8	56,7
9	RRLS	40	146,7	240,3	93,6	63,8	4,6	10,8	6,2	136,7	1073,7	4336,7	3263,0	303,9	5,85	0	-5,9	-100,0	67,3	111,4	44,1	65,5
10	RSO	34	207,1	240,9	33,8	16,3	0,6	4,2	3,7	631,0	75,6	1698,2	1622,6	2146,3	103,42	14,6	-88,8	-85,9	90,3	126,6	36,3	40,2
11	JDPJ	23	1334,6	521,6	-813,1	-60,9	9,1	7,7	-1,5	-16,0	3549,8	3034,0	-515,8	-14,5	1	0,06	-0,9	-94,0	101,5	102,9	1,3	1,3
12	CJG	28	476,6	301,0	-175,7	-36,9	0,8	11,0	10,2	1211,9	260,7	3608,9	3348,2	1284,3	74,26	0	-74,3	-100,0	161,2	83,5	-77,7	-48,2
13	RVM	29	422,1	178,2	-244,0	-57,8	0,2	1,9	1,7	1005,9	1,0	490,2	489,2	49022,0	218,49	34,42	-184,1	-84,2	65,9	95,3	29,4	44,5
14	LMS	31	184,4	108,7	-75,8	-41,1	1,8	10,5	8,7	492,1	377,3	3711,4	3334,1	883,6	7,65	2,42	-5,2	-68,4	76,6	100,0	23,4	30,5
15	LS	32	302,6	194,5	-108,1	-35,7	3,1	9,9	6,8	215,7	790,0	3144,0	2354,0	298,0	2,6	0	-2,6	-100,0	78,6	84,2	5,7	7,2
16	RMS	29	770,0	729,0	-41,0	-5,3	0,2	2,3	2,1	1060,0	24,2	546,3	522,1	2153,7	181,11	14,32	-166,8	-92,1	132,7	69,0	-63,7	-48,0
17	JJSB	39	560,3	444,4	-115,9	-20,7	0,6	10,7	10,1	1843,6	57,3	3717,7	3660,4	6388,1	112	0,71	-111,3	-99,4	106,8	86,4	-20,4	-19,1
18	CMS	22	139,3	337,5	198,1	142,2	0,9	1,7	0,8	95,5	97,8	349,5	251,7	257,4	36,2	21,11	-15,1	-41,7	85,0	92,6	7,6	8,9
19	EKVKS	21	851,2	404,2	-447,0	-52,5	0,4	5,3	4,8	1095,5	70,6	2449,6	2379,0	3368,7	119,64	0,5	-119,1	-99,6	113,6	127,1	13,5	11,8
20	JOS	22	591,6	1221,8	630,2	106,5	1,0	9,9	8,9	902,0	157,9	3796,9	3639,0	2305,1	57,3	0,08	-57,2	-99,9	77,8	112,0	34,2	43,9
21	MPV	21	231,9	330,1	98,2	42,3	0,2	1,4	1,2	575,0	1,0	377,5	376,5	37646,0	166,9	34,6	-132,3	-79,3	69,1	133,5	64,4	93,3
22	AS	46	242,6	196,7	-45,9	-18,9	2,3	5,5	3,2	135,0	337,0	1372,4	1035,5	307,3	14,1	0,0	-14,1	-100,0	65,4	69,0	3,5	5,4
23	AAV	21	117,4	87,7	-29,8	-25,3	0,6	6,6	6,0	1032,8	83,3	2493,1	2409,9	2894,7	96,3	0,2	-96,1	-99,8	98,1	106,3	8,2	8,4
24	GEM	35	538,4	333,1	-205,3	-38,1	1,2	13,2	12,0	1033,6	109,5	4265,1	4155,6	3795,4	44,2	0,0	-44,2	-100,0	58,1	76,6	18,5	31,9
25	DCN	24	475,6	192,1	-283,5	-59,6	1,5	5,9	4,5	308,3	198,5	2347,7	2149,2	1082,8	27,7	4,8	-22,9	-82,6	75,6	103,9	28,3	37,4
26	MRC	24	278,2	220,6	-57,6	-20,7	0,6	6,6	6,1	1063,2	56,4	2407,0	2350,6	4168,5	108,8	1,2	-107,5	-98,9	86,5	106,3	19,9	23,0
27	MÊS	34	131,6	27,5	-104,0	-79,1	0,3	4,9	4,6	1844,0	9,1	1224,8	1215,7	13300,4	195,1	0,0	-195,1	-100,0	103,2	136,2	32,9	31,9
28	CAAC	26	254,0	153,1	-100,9	-39,7	0,4	3,5	3,1	802,6	13,0	821,8	808,8	6221,7	148,6	3,8	-144,8	-97,5	82,1	73,8	-8,3	-10,1
29	GLF	23	416,5	65,1	-351,5	-84,4	1,1	7,0	5,9	538,5	409,6	2101,6	1692,0	413,1	48,0	0,0	-48,0	-100,0	147,0	83,2	-63,9	-43,4
30	FRD	30	291,1	169,3	-121,9	-41,9	0,7	3,0	2,4	347,1	43,6	715,1	671,6	1541,7	88,6	27,1	-61,5	-69,4	71,8	92,0	20,2	28,1
31	LDMJ	30	375,9	240,4	-135,5	-36,0	1,4	3,1	1,7	125,7	186,4	802,0	615,6	330,3	29,1	16,4	-12,7	-43,7	71,2	76,4	5,2	7,4

Valores individuais da idade e dos índices de **Poincaré** da variabilidade da frequência cardíaca obtidos na condição de repouso na posição supina (Sup), na posição ortostática (Ort), Δ ABS: variação absoluta; $\Delta\%$: variação relativa

Indivíduo	Idade	Numero de pontos				Centroíde				SD1				SD2				
		Sup	Ort	Δ ABS	$\Delta\%$	Sup	Ort	Δ ABS	$\Delta\%$	Sup	Ort	Δ ABS	$\Delta\%$	Sup	Ort	Δ ABS	$\Delta\%$	
1	GLG	24	210	278	68	32,4	1427,0	1062,0	-365,0	-25,6	32,7	23,9	-8,7	-26,7	71,9	66,2	-5,7	-7,9
2	BLES	31	291	347	56	19,2	1035,0	868,9	-166,1	-16,0	35,3	32,5	-2,8	-8,0	71,2	60,0	-11,2	-15,7
3	FSS	29	282	391	109	38,7	1012,0	772,4	-239,6	-23,7	25,3	12,2	-13,1	-51,9	41,9	41,5	-0,4	-0,9
4	AD	32	301	377	76	25,2	986,7	797,8	-188,9	-19,1	15,5	13,9	-1,5	-9,9	38,7	67,7	29,0	74,9
5	LHR	33	249	345	96	38,6	1162,0	868,3	-293,7	-25,3	33,1	19,3	-13,8	-41,8	68,5	64,5	-4,0	-5,9
6	MMB	21	285	433	148	51,9	1052,3	695,5	-356,8	-33,9	42,3	14,5	-27,8	-65,8	42,1	84,4	42,3	100,3
7	FAAS	21	314	378	64	20,4	951,1	797,3	-153,8	-16,2	31,4	16,1	-15,3	-48,7	65,0	71,0	6,0	9,2
8	PHDRA	23	255	292	37	14,5	1177,1	870,0	-307,1	-26,1	52,9	20,4	-32,4	-61,4	75,5	58,3	-17,2	-22,8
9	RRLS	40	296	426	130	43,9	887,8	729,9	-157,9	-17,8	11,4	8,9	-2,5	-21,8	54,6	57,2	2,6	4,8
10	RSO	34	244	325	81	33,2	1236,7	924,4	-312,3	-25,3	32,3	14,5	-17,8	-55,2	45,6	56,5	10,9	24,0
11	JDPJ	23	307	421	114	37,1	970,2	707,5	-262,7	-27,1	43,4	14,8	-28,7	-66,0	119,0	72,5	-46,5	-39,1
12	CJG	28	284	402	118	41,5	1064,6	750,0	-314,6	-29,6	39,7	10,9	-28,9	-72,7	68,6	62,8	-5,8	-8,5
13	RVM	29	270	372	102	37,8	1106,1	805,7	-300,4	-27,2	49,6	17,1	-32,5	-65,5	53,4	50,5	-2,9	-5,4
14	LMS	31	302	390	88	29,1	991,3	769,5	-221,8	-22,4	16,9	7,1	-9,8	-57,9	54,9	51,4	-3,5	-6,4
15	LS	32	304	401	97	31,9	865,8	678,9	-186,9	-21,6	16,7	8,8	-7,8	-47,1	68,7	53,5	-15,2	-22,1
16	RMS	29	232	360	128	55,2	1344,0	831,3	-512,7	-38,1	68,5	32,9	-35,7	-52,0	74,3	85,3	11,0	14,8
17	JJSB	39	251	397	146	58,2	1184,3	754,3	-430,1	-36,3	48,5	12,9	-35,6	-73,4	76,3	71,7	-4,6	-6,1
18	CMS	22	187	393	206	110,2	941,0	757,5	-183,5	-19,5	15,9	17,9	2,0	12,4	31,0	62,3	31,3	100,9
19	EKVKS	21	259	396	137	52,9	1165,8	765,4	-400,4	-34,3	68,4	14,2	-54,2	-79,2	99,1	63,5	-35,6	-35,9
20	JOS	22	260	402	142	54,6	1162,4	746,1	-416,3	-35,8	43,5	22,8	-20,7	-47,5	75,1	119,6	44,5	59,3
21	MPV	21	220	332	112	50,9	1121,2	903,2	-218,0	-19,4	39,4	24,6	-14,9	-37,7	40,8	68,0	27,1	66,5
22	S A	46	256	358	102	39,8	902,9	821,9	-81,0	-9,0	23,6	12,0	-11,7	-49,3	50,3	47,4	-2,9	-5,7
23	AAV	21	326	446	120	36,8	917,9	668,7	-249,2	-27,1	15,1	7,9	-7,2	-47,9	36,9	37,4	0,5	1,4
24	GEM	35	324	433	109	33,6	922,9	691,8	-231,1	-25,0	34,4	13,2	-21,2	-61,6	70,0	64,9	-5,1	-7,3
25	DCN	24	328	407	79	24,1	862,7	735,0	-127,7	-14,8	27,0	8,7	-18,2	-67,6	65,4	51,2	-14,2	-21,7
26	MRC	24	310	379	69	22,3	970,0	752,3	-217,7	-22,4	29,9	13,4	-16,5	-55,3	55,0	57,9	2,8	5,1
27	MES	34	315	352	37	11,7	888,4	640,4	-248,1	-27,9	20,7	3,2	-17,5	-84,5	33,8	23,9	-9,8	-29,1
28	CAAC	26	296	352	56	18,9	1026,3	789,0	-237,4	-23,1	25,6	10,1	-15,5	-60,4	46,3	41,8	-4,5	-9,7
29	GLF	23	328	509	181	55,2	913,7	589,8	-323,9	-35,4	29,0	5,5	-23,5	-81,1	82,8	29,1	-53,8	-64,9
30	FRD	30	279	301	22	7,9	1087,6	900,7	-186,9	-17,2	28,0	15,0	-13,0	-46,4	51,4	55,6	4,2	8,3
31	LDMJ	30	288	370	82	28,5	927,4	808,2	-119,2	-12,9	24,4	14,9	-9,5	-38,9	60,6	53,4	-7,2	-11,8