

**UNIVERSIDADE DO VALE DO PARAÍBA
INSTITUTO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO**

JOSÉ DE RIBAMAR BARROS DOS SANTOS

**ANÁLISE DA VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA E DO
COMPORTAMENTO DO SISTEMA NERVOSO AUTÔNOMO EM
ALUNOS MILITARES DURANTE A INSTRUÇÃO DE TIRO USANDO
FUZIL HK33**

São José dos Campos, SP

2009

JOSÉ DE RIBAMAR BARROS DOS SANTOS

**ANÁLISE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA E DO COMPORTAMENTO DO
SISTEMA NERVOSO AUTÔNOMO EM ALUNOS MILITARES DURANTE A
INSTRUÇÃO DE TIRO USANDO FUZIL HK33**

Dissertação de Mestrado apresentada no programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica da Universidade do Vale do Paraíba, como complementação dos créditos necessários para obtenção do título de Mestre em Engenharia Biomédica.

Orientador: Prof. Dr. Wellington Ribeiro.

São José dos Campos, SP
2009

S235a

Santos, José de Ribamar Barros dos

Análise da frequência cardíaca e do comportamento do sistema nervoso autônomo em alunos militares durante a instrução de tiro usando fuzil hk33 / José de Ribamar Barros dos Santos; Orientadores: Prof. Dr. Wellington Ribeiro-São José dos Campos, 2009.

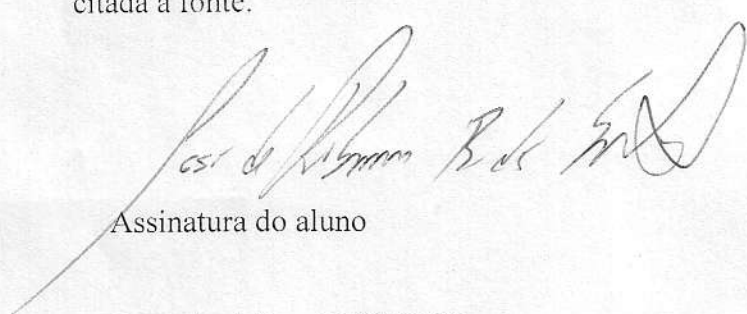
1 Disco laser: color.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica do Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento da Universidade do Vale do Paraíba, 2009.

1. Batimento cardíaco 2. Sistema nervoso 3. Militares 4. Estudante
I. Ribeiro, Wellington,, Orient. II. Costa, Maricilia silva III. Título

CDU: 612

Autorizo exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta dissertação, por processos fotocopiadores ou transmissão eletrônica, desde que citada a fonte.



Assinatura do aluno

Data: da defesa 28/01/2009

JOSÉ DE RIBAMAR BARROS DOS SANTOS

“ANÁLISE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA E SISTEMA NERVOSO AUTÔNOMO EM ALUNOS MILITARES NA INSTRUÇÃO DE TIRO USANDO FUZIL HK33”

Dissertação aprovada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Biomédica, do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica, do Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento da Universidade do Vale do Paraíba, São José dos Campos, SP, pela seguinte banca examinadora:

Prof^ª. Dra. **MARICÍLIA SILVA COSTA** (UNIVAP)

Prof. Dr. **WELLINGTON RIBEIRO** (UNIVAP)

Prof^ª. Dra. **TATIANA DE SOUSA DA CUNHA** (UNIFESP)

Prof^ª. Dra. Sandra Maria Fonseca da Costa

Diretor do IP&D – UniVap

São José dos Campos, 28 de janeiro de 2009.

DEDICATÓRIA

“Dedico a Deus, pela oportunidade de melhorar, aos meus pais pela oportunidade de nascer, aos meus filhos pela oportunidade de aprender e a minha companheira pela confiança e apoio na minha busca pelo conhecimento.”

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Wellington Ribeiro, pela confiança, companheirismo e orientações.

A Prof. Dr. Rodrigo Laso Osório, por aceitar a participação na banca de apresentação deste trabalho.

A Profa. Tatiana de Sousa da Cunha, por aceitar participar da banca de apresentação do nosso trabalho.

A todos os professores da UNIVAP – IP&D, pela transmissão dos conhecimentos.

A bibliotecária Rúbia pelos excelentes serviços prestados com muita competência e dedicação.

Aos funcionários do IP&D, Ivone, Valéria, Neusa e Vanessa pela atenção e dedicação na resolução das nossas dúvidas.

Aos colegas de mestrado, Maria Isabel, Maria Augusta, Marco Aurélio e Giovani, pela divisão das nossas derrotas e das vitórias, na procura de aprender a sermos melhores.

Ao comandante do Corpo de Alunos da EEAR, Cel. Genésio Seixas Filho pela autorização e apoio ao estudo.

Ao ten. Luis Emilio Guimarães Boldrin, pelo apoio nas instruções de tiro, sem o qual não seria possível o estudo.

Aos colegas de profissão por segurarem a “barra” durante nossa ausência.

E a todos os voluntários alunos do Curso de Formação de Sargentos.

OBRIGADO A TODOS.

ANÁLISE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA E SISTEMA NERVOSO AUTÔNOMO EM ALUNOS MILITARES NA INSTRUÇÃO DE TIRO USANDO FUZIL HK33

Resumo

Objetivo. O objetivo deste estudo foi analisar o comportamento do sistema nervoso autônomo através da análise da variabilidade da frequência cardíaca em alunos militares do curso de formação de sargentos (CFS) da Escola de Especialista de Aeronáutica (EEAR) em Guaratinguetá. **Métodos.** Foram analisados 12 alunos militares do sexo masculino, saudáveis, com idade de 22 ± 2 anos. Os alunos foram submetidos a três protocolos durante a instrução de tiro, onde suas frequências cardíacas e intervalo RR foram aferidos através de um monitor cardíaco (Polar® S810), em repouso, na instrução de tiro e recuperação, dados tratados (software Matlab) no domínio da frequência através da Transformada Wavelet Contínua, para análise do SNA. **Resultados.** Observou-se que a energia calculada através da área sob a curva entre 0,04 e 0,15 Hz (LF) foi de 776.5 ± 606.8 para a área simpática no repouso e de 1837.7 ± 1690.6 na instrução de tiro e de 2191.6 ± 789.5 na recuperação, apresentando diferença significativa $p \leq 0.05$. Os valores de intensidade de energia para a faixa de frequência de 0.15 a 0.40 Hz (HF) que representa área parassimpática foram de 1301.6 ± 842.2 para o repouso, 903.6 ± 793.7 na instrução de tiro e de 1165.5 ± 870.2 na recuperação. Esses resultados não apresentaram diferenças, demonstrando que o ramo parassimpático do SNA não sofre grandes estimulações nas situações supracitadas, adotando como significância $p \leq 0.05$. Para a razão encontramos no repouso valores de 0.89 ± 0.75 , de 3.06 ± 1.86 na instrução de tiro e para a recuperação 2.01 ± 1.56 onde encontramos diferenças significativas entre as razões impulsionadas pela grande estimulação da área simpática durante a instrução de tiro e recuperação. Para a frequência cardíaca na situação de repouso foi de 60.78 ± 9.13 , 85.37 ± 16.95 para a instrução de tiro e de 79.97 ± 14.53 na recuperação com significativa diferença $p \leq 0.05$. A frequência respiratória no repouso foi de 12.50 ± 1.83 e para a recuperação de 13.16 ± 2.58 . **Conclusão.** Para as fases de repouso e instrução de tiro, os resultados esperados, na recuperação o simpático apresenta-se ainda bastante ativado. A VFC para a análise do controle autônomo mostrou ser uma ferramenta não invasiva, numa instrução real de tiro.

Palavras-chave: Transformada Wavelet Contínua, simpático, parassimpático.

ANALYSIS OF HEART RATE AND AUTONOMOUS NERVOUS SYSTEM IN STUDENTS IN MILITARY INVESTIGATION OF SHOOTING USING RIFLE HK33

Abstract

Objective: This study aimed to analyze the behavior of autonomic nervous system by analyzing the variability of heart rate in students of military training course for sergeants (CFS) in the Escola de Especialista de Aeronáutica (EEAR) in Guaratinguetá. **Methods.** 12 students military male, healthy, aged of 22 ± 2 years. The students were subjected to three protocols during the musketry, where your heart rate and RR interval were measured by a heart monitor (Polar ® S810), at rest, the musketry and recovery, data (Matlab software) in the field of frequency through Wavelet Transform to review the SNA. **Results.** It was noticed that the calculated energy in the area under the curve between 0.04 and 0.15 Hz (LF) was 776.5 ± 606.8 sympathetic to the area and the rest of 1837.7 ± 1690.6 in the musketry and 2191.6 ± 789.5 in the recovery, showing significant difference $p \leq 0.05$. The intensity values of energy for the frequency range of 0.15 to 0.40 Hz (HF), which represents parasympathetic area were 1301.6 ± 842.2 for the rest, 903.6 ± 793.7 in musketry and 1165.5 ± 870.2 in the recovery. Those results showed no differences, demonstrating that the parasympathetic branch of the SNA did not suffer major stimulations in the situations mentioned above, adopting as significant $p \leq 0.05$. To find the right values in the rest of 0.89 ± 0.75 , from 3.06 ± 1.86 in musketry and for the recovery 2.01 ± 1.56 where there are significant differences between the reasons driven by the large area of sympathetic stimulation during the musketry and recovery. For the heart rate in the state of rest was 60.78 ± 9.13 , 85.37 ± 16.95 for the musketry and 79.97 ± 14.53 in the recovery with a significant difference $p \leq 0.05$. The respiratory rate at rest was 12.50 ± 1.83 and for the recovery of 13.16 ± 2.58 . **Conclusion.** For the phases of rest and musketry, the expected results, recovery in the nice presents itself still enabled. The HRV for the assessment of autonomic control proved to be a noninvasive tool in an actual shooting instruction

Keywords: Continuous Wavelet Transform, Sympathetic, Parasympathetic.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Condução elétrica do coração.....	18
Figura 2: Inerções cardíacas, divisões autonômicas.....	19
Figura 3: Divisões parassimpáticas e simpáticas e sua complexidade.....	22
Figura 4: Fibras colinérgicas e adrenérgicas.....	23
Figura 5: Intervalo RR do eletrocardiograma.....	24
Figura 6: SDNN = Desvio padrão de todos os intervalos R-R, em milissegundos (ms).....	25
Figura 7: SDANN = Desvio padrão das medias dos intervalos R-R de todos os segmentos de 5 minutos de gravação inteira, em milissegundos (ms).....	25
Figura 8: SDNN-i = Media dos desvios padrão dos intervalos R-R de todos os seguimentos de 5 minutos, em milissegundos (ms).....	26
Figura 9: rMSSSD = Raiz quadrada da media da soma dos quadrados das diferenças entre os intervalos R-R adjacentes, em milissegundos (ms).....	26
Figura 10: pNN50 = Percentual das diferenças entre os intervalos R-R adjacentes maiores que 50 ms.	26
Figura 11: Potência total e a decomposição em bandas distintas.....	27
Figura 12: Wavelet-mãe.....	29
Figura 13: Função que define a TWC.....	29
Figura 14: Posição de tiro deitado com fuzil HK33.....	35
Figura 15: Transmissão do sinal do monitor <i>Polar S 810i</i> para o software <i>Polar Precision Performance</i> ® via infravermelho.....	36
Figura 16: Algoritmo de análise dos dados através da Variabilidade da Frequência Cardíaca.....	37
Figura 17: O comportamento da pressão arterial sistólica e diastólica, nas diferentes fases da instrução de tiro, repouso e recuperação. * $p \leq 0.05$ quando comparado pressão arterial sistólica de recuperação (PAS.Rec.) e pressão arterial diastólica de recuperação (PAD.Rec.) com pressão arterial sistólica de repouso (PAS.Rep.) e pressão arterial diastólica de repouso (PAD.Rep.).....	39
Figura 18: Comportamento da Frequência cardíaca nas diferentes fases da instrução de tiro, repouso (FCRep.), instrução de tiro (FCI.T.) e de recuperação (FCRec.). * $p \leq 0.0005$ quando comparado frequência cardíaca de repouso(FCRep.) com frequência cardíaca na instrução de tiro (FCI.T.) e frequência cardíaca de recuperação (FCRec.).....	40
Figura 19: Comportamento da banda de baixa frequência, para as diferentes fases da instrução de tiro, repouso (LF.Rep.), instrução de tiro (LF.I.T.) e recuperação (LF.Rec.). * $p \leq 0.05$ quando comparado a baixa frequência de repouso (LF.Rep.) com baixa frequência na instrução de tiro (LFI.T.) e baixa frequência na recuperação (LFRec.).....	41
Figura 20: Comportamento da banda de alta frequência, para diferentes fases da instrução de tiro, repouso (HF.Rep.), instrução de tiro (HF.I.T.) e recuperação (HF.Rec.).....	42
Figura 21: Comportamento da razão entre baixa e alta frequência (LF/HF) par o repouso (LF/HF.Rep.), instrução de tiro(LF/HF.I.T.) e recuperação (LF/HF.Rec.). * $p \leq 0.0024$ quando comparado a razão de repouso (LF/HFRep.) com a razão na instrução de tiro (LF/HF.I.T) e a razão da recuperação (LF/HF.Rec.).....	Erro! Indicador não definido.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Valores médios da característica antropométricos e idade média dos doze voluntários submetidos á instrução de tiro.	38
Tabela 2: Comportamento da pressão arterial sistólica e diastólica (mmHG) nas diferentes fases da instrução de tiro, repouso e na recuperação.	38
Tabela 3: Comportamento da Frequência Respiratória durante as diferentes fases da instrução de tiro no Repouso (FR.Rep.) e Recuperação (FR.Rec.).....	39
Tabela 4: Comportamento frequência cardíaca nas diferentes fases da instrução de tiro, Repouso (FCRep.), Instrução de tiro (FCI.T.) e Recuperação (FC.Rec.).....	40
Tabela 5: Comportamento da banda de baixa frequência (LF) nas diferentes fases da instrução de tiro, repouso (LF.Rep.), instrução de tiro (LF.I.T.) e recuperação (LF.Rec.).....	41
Tabela 6: Comportamento da banda de alta frequência nas diferentes fases da instrução de tiro, repouso (HF.Rep.), instrução de tiro (HF.I.T.) e recuperação(HF.Rec.).....	42
Tabela 7: Comportamento da razão (LF/HF) nas diferentes fases da instrução de tiro, repouso (LF/HF.Rep.), instrução de tiro (LF/HF.I.T.) e recuperação (LF/HF.Rec.). Erro! Indicador não definido.	

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Participação dos fenômenos relacionados as bandas de frequência. Erro! Indicador não definido.	
Quadro 2: Correlação entre as medidas da VFC tempo e frequência.....	28

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

CFS	Curso de Formação de Sargentos
CEP	Comitê de Ética em Pesquisa
Cm	Centímetros
CNS	Conselho Nacional de Saúde
EEAR	Escola de Especialista de Aeronáutica
ECG	Eletrocardiograma
FC	Frequência Cardíaca
FC.Rep.	Frequência Cardíaca de repouso
FC.Rec.	Frequência Cardíaca de recuperação
FR.Rep.	Frequência respiratória de repouso
FR.Rec.	Frequência respiratória de recuperação
GWS	Global Wavelet Spectrum
HF.Rep.	Alta frequência repouso
HF.I.T.	Alta frequência na instrução de tiro
HF.Rec.	Alta frequência de recuperação
HF	High frequency, banda de alta frequência
Hz	Hertz
HRV	Heart Rate Variability
IP&D	Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento
IMC	Índice de Massa Corporal
LF.Rep.	Baixa frequência de repouso
LF.I.T.	Baixa frequência na instrução de tiro
LF.Rec.	Baixa frequência de repouso
LF	Low frequency, banda de baixa frequência
LF/HF.Rec.	Razão do repouso
LF/HF.I.T.	Razão na instrução de tiro
LF/HF.Rec.	Razão da recuperação
LF/HF	Razão <i>LF/HF</i> ; Razão Baixa/Alta Frequência
ms ²	Milisegundos ao quadrado
p	Índice de significância
PAS. Rep.	Pressão arterial sistólica de repouso
PAS. Rec.	Pressão arterial sistólica de recuperação

PAD. Rep. Pressão arterial diastólica de repouso
PAD. Rec. Pressão arterial diastólica de recuperação
RR Intervalos entre duas ondas R
SNA Sistema Nervoso Autônomo
SNC Nervoso Central
TWC Transformada Wavelet Contínua
TXT Arquivo texto
VFC Variabilidade da frequência cardíaca
VLF Very low frequency, banda de muito baixa frequência

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
1.1 O coração	16
1.2 Controle da atividade cardíaca.....	17
1.2.1 Controle intrínseco.....	17
1.2.2 Controle Extrínseco	18
1.3 Sistema Nervoso Autônomo (Divisões Funcional e Anatômica)	20
1.4 Variabilidade da Frequência Cardíaca	23
1.4.1 Métodos de Análise e Avaliação	24
1.4.2 A Transformada Wavelet Continua	28
1.5 O Fuzil HK33 na Instrução de Tiro	30
2 OBJETIVOS	31
2.1 Objetivo geral	31
2.2 Objetivos específicos.....	31
3 JUSTIFICATIVA	32
4 MATERIAL E MÉTODOS	33
4.1 População do Estudo.....	33
4.2.1 Aspecto Ético do Estudo.....	33
4.2.2 Critérios de Inclusão.....	33
4.2.3 Critérios de Exclusão	33
4.3 Local do Estudo	33
4.4 Materiais utilizados	34
4.5 Procedimentos Realizados	34
5 RESULTADOS	38
7 CONCLUSÃO	49
ANEXO A: TCLE	56
Termo de Consentimento Livre e Esclarecido – TCLE	56
ANEXO B: APROVAÇÃO DO COMITE DE ÉTICA EM PESQUISA	57

1 INTRODUÇÃO

A variabilidade da frequência cardíaca (VFC) é caracterizada por uma variedade de oscilações periódicas e não periódicas, tem em sua dinâmica uma fonte importante de informações a respeito do controle cardiovascular autônomo (FORLAN, R. et al, 1990).

A análise da VFC, parte do princípio, que em condições normais, a frequência cardíaca modifica-se em resposta a estímulos diversos, como exercício e estresse mental, ou mesmo em condições de repouso. Análise de sua dinâmica tem sido considerada como fonte provedora de importantes informações a respeito do controle cardiovascular autônomo. (FORLAN; GUZZETI et al, 2005).

A prática de tiro nas Forças Armadas é fundamental para as operações militares. A instrução de tiro do Curso de Formação de Sargentos (CFS) da Escola de Especialistas de Aeronáutica (EEAR) fornece ao aluno militar um realismo bélico, que durante a instrução de tiro produz alterações na frequência cardíaca possíveis de ser mensuradas e analisadas através da VFC, técnica não invasiva o que torna uma avaliação do sistema nervoso autônomo (SNA), em diferentes condições e atividades (FERREIRA, 2004). Fornece-nos uma janela para a obtenção de informações sobre os mecanismos responsáveis pela regulação do sistema cardiovascular, em diferentes condições fisiológicas (RIBEIRO et al, 2005).

Na sua análise a Variabilidade da Frequência Cardíaca (VFC), possibilita a compreensão dos mecanismos extrínsecos dos ritmos cardíacos, e que uma alta VFC é um bom sinal de boa adaptabilidade indicando bom funcionamento do controle autônomo cardíaco (CAMPELO et al, 1992; PUMPRLA et al, 2002). Por outro lado, a possibilidade de monitorar e quantificar, de modo preciso, simples e a baixo custo, atividades do cotidiano fora do ambiente de laboratório, tem sido fundamental para ampliação do horizonte da pesquisa.

A Transformada Wavelet Continua como ferramenta matemática desenvolvida para processamento de sinais não estacionários (BOLZAN, 2004; TORRENCE; COMPO, 1998), foi escolhida por nós para análise dos dados da VFC no nosso estudo do SNA, durante a instrução de tiro.

1.1 O coração

No sistema cardiovascular, que constituem dos vasos sangüíneos, artérias, veias e capilares, tem como órgão central na manutenção da homeostasia, o coração, com características próprias na sua função fisiológica de manter a estabilidade hemodinâmica,

reagindo rapidamente a vários estímulos externos e internos, como atividades físicas e mentais, variavelmente aumentando ou diminuindo a frequência de seus batimentos (PUMPRLA, 2002).

Dividido por quatro câmaras e considerado como duas bombas musculares numa única bomba, possui como um dos constituintes fundamentais o músculo cardíaco ou miocárdio, responsável pela contração e volume de ejeção de sangue do coração (JOHNSON, L. R, 2000).

Na sua estrutura ambos os músculos cardíacos e esqueléticos apresentam as mesmas estruturas básicas. As diferenças também em relação a presença de canais de Ca^{++} no automatismo e condutibilidade das fibras cardíacas, todas as fibras ou células individuais interconectadas automaticamente, agem como uma única grande fibra (FOX; FOSS; BOWERS, 1991).

Células musculares cardíacas atriais são separadas dos ventrículos por tecido conjuntivo que não permitem transmissão de impulsos elétricos. Átrios e ventrículos se contraem separadamente, não possuem muitos tipos de fibras, são de natureza aeróbia (POWERS; HOWLEY, 2000).

As alterações elétricas e mecânicas referentes ao padrão de repetição e do relaxamento do coração, respectivamente sístole e diástole refere-se ao ciclo cardíaco, que ocorre em um único batimento cardíaco. O numero de frequência ou ritmo desses batimentos cardíacos, denomina-se frequência cardíaca (FC) (FOX; FOSS; BOWERS, 1991). Em repouso a FC atinge 75 batimentos/minutos, aproximadamente 0,3 segundo na diástole e 0,5 segundo na sístole.

1.2 Controle da atividade cardíaca

O controle se faz tanto de forma intrínseca como de forma extrínseca. De acordo com Folkow, a organização hierárquica do controle cardíaco pode ser dissociada em três níveis distintos:

- a- controle local, atividade miogênica do miocárdio;
- b- controle bulbar, estímulos enviados pelos barorreceptores e quimiorreceptores ;
- c- centros superiores neurais.

1.2.1 Controle intrínseco

O sistema elétrico do coração tem função de gerar e distribuir a corrente elétrica, garantindo o seu funcionamento mecânico (FOX; BOWERS; FOSS, 1989). Células do músculo cardíaco estão ligadas umas as outras, uma única célula pode desencadear o batimento do coração. Na sua despolarização forma um potencial de ação, este potencial irá espalhar-se de célula para célula através do coração para proporcionar a contração cardíaca como um todo. Estas células são conhecidas como, células marca-passo, no coração normal, a atividade elétrica espontânea está limitada a uma região especial localizada no átrio direito, o nodo sinoatrial (nodo SA) (POWERS; HOWLEY, 2000).

O potencial de ação espalha-se rapidamente de célula para célula, através dos átrios direito e esquerdo, o mesmo potencial de ação aciona os ventrículos, via um sistema especial de células localizado entre os átrios e ventrículos, as vias intermodais. Esta via consiste do nodo atrioventricular (AV) (JOHNSON, 2000). Os nodos sinoatrial (SA) e atrioventricular (AV), o ramo do feixe de Hís e as fibras de Purkinje são conjuntamente denominados, sistema especializado de condução do coração (JOHNSON, 2000). A seguir, há curta pausa, para total enchimento do ventrículo com sangue, conseqüentemente, os dois ventrículos se contraem, quase simultaneamente. Por fim, o coração inteiro relaxa-se e enche-se novamente (FOX; BOWERS; FOSS, 1989).

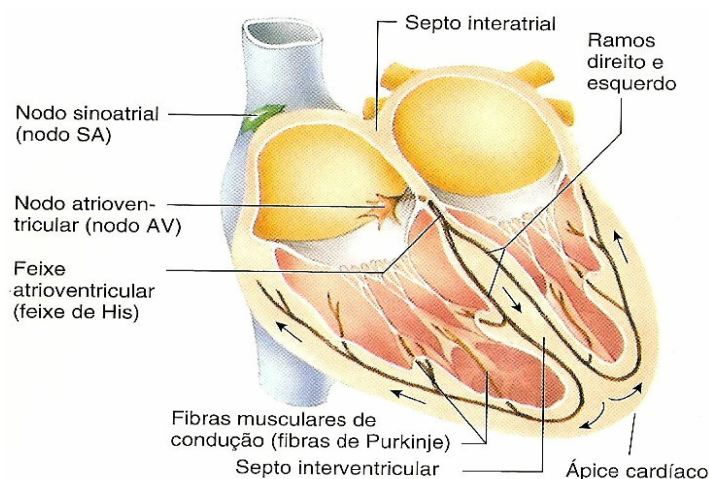


Figura 1: Condução elétrica do coração.
Fonte: Powers e Holey (2000)

1.2.2 Controle Extrínseco

Apesar de sua automaticidade intrínseca, o coração é um órgão amplamente submetido ao controle neural que se sobrepõem ao ritmo inerente ao miocárdio (TASK FORCE, 1996). A multiplicidade dos sinais periféricos e centrais é integrada pelo sistema nervoso central, por

meio da estimulação ou inibição de dois principais efetores, o vago e o simpático. Influências que são originadas no centro cardiovascular do bulbo.

Os nodos SA e AV, densamente inervados por ambas as divisões autonômicas, (figura 2) e a F.C. irá refletir o efeito modulador destas sobre frequência elétrica de disparo intrínseca das células marca-passo (PUMPRLA, 2002). Os neurotransmissores noradrenalina e acetilcolina afetam as células marca-passo do coração. A acetilcolina retarda a despolarização espontânea das células marca-passo ativando receptores colinérgicos muscarínicos nas membranas celulares. A ativação destes receptores promove uma queda na velocidade do fluxo iônico através de canais de íons responsáveis pela despolarização espontânea das células marca-passo.

A acetilcolina faz com que as células marca-passo demorem a atingir o limiar, de modo que ocorrerá longo intervalo entre os batimentos do coração. De efeito contrario, a noradrenalina acelera as trocas de canais iônicos, responsáveis pela despolarização espontânea de células (JOHNSON, 2000). A noradrenalina exerce efeito nos receptores B-adrenérgicos na membrana das células marca-passo, elevando-se a FC. Os neurônios parassimpáticos liberam acetilcolina nas células do nodo SA, diminuindo a F.C. (POWERS; HOWLEY, 2002).

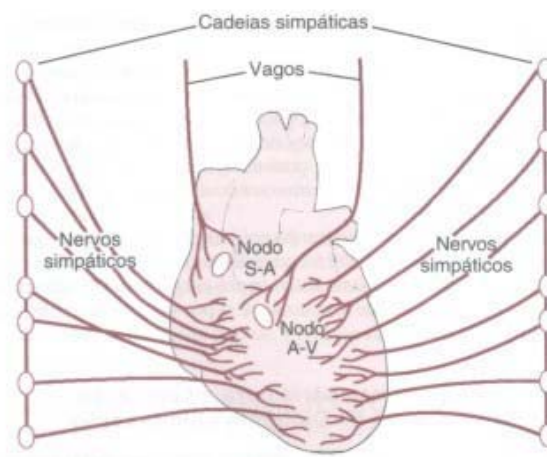


Figura 2: Inerções cardíacas, divisões autonômicas
Fonte: Guyton e Hall (2002).

Fibras parassimpáticas que inervam o coração originário de neurônios do centro cardiovascular no bulbo, entram em contato com o nodo SA e AV, estimuladas liberam acetilcolina acarretando uma diminuição da atividade do nodo SA e AV, resultando em redução da F.C. e da força de contração. As fibras simpáticas chegam ao coração através de nervos aceleradores cardíacos, inervando tanto nodo SA quanto os ventrículos, liberando

noradrenalina, resultando em aumento da F.C. e força de contração (POWERS; HOWLEY, 2002).

Em situação de repouso, as fibras vasomotoras simpáticas possuem certo nível de atividade espontânea ou basal (TASK FORCE, 1996).

A descarga do marca-passo nodal sinusal, a condução atrioventricular, a excitabilidade do sistema de condução ventricular de His-Purkinge e a contratilidade do miocárdio atrial e ventricular são diminuídas pela atividade parassimpática cardíaca, enquanto a atividade simpática as estimula. Embora as ações simpáticas e vagais, sejam geralmente antagônicas, estas se relacionam de forma complexa de modo que a resposta cardíaca à atividade neural de uma das divisões depende do nível de atividade da outra: recíprocas, independentes ou não recíprocas. O vagal, porém, predomina sobre o simpático em condições normais, de forma que uma descarga vagal intensa supera o tônus simpático (OLSHANSKY, 2005).

Moduladores cardiovasculares, sob influências neurais se fazem de maneira tônica e reflexa, este por meio de impulsos motores ao coração em resposta da necessidade cardiovascular. Níveis de pressão arterial basal ou sua regulação durante processos adaptativos resultam da interação de mecanismo vasculares regionais e cardíacos como sistema simpato-adrenal e também com diversos sistemas hormonais/humorais, como renina-angiotensina-aldosterona e substâncias vasoativas liberadas pelo endotélio (NISHIKINO et al, 2006).

Dentre os mecanismos reguladores reflexos a importância do barorreceptor, proposto como principal mediador vagal entre F.C. e a pressão arterial. É o responsável pela manutenção da pressão dentro dos estreitos limites de variação e ajustes autonômicos, ativado pela distensão das paredes vasculares da aorta e das carótidas, onde se localizam suas terminações neurais. Na elevação da pressão arterial, ativação dos barorreceptores se caracteriza por aumento na atividade eferente parassimpática, redução na atividade eferente simpática. Na redução acentuada da pressão arterial os barorreceptores deixarão de ser excitados, com conseqüente aumento na atividade cardíaca (MACHADO et al, 2001).

1.3 Sistema Nervoso Autônomo (Divisões Funcional e Anatômica)

Considerado parte do sistema nervoso, o sistema nervoso autônomo, controla as funções viscerais do corpo (FOX; BOWERS; FOSS, 1989). Sua permanente influência exercida sobre o funcionamento dos diversos órgãos, aparelhos e sistemas que compõem o

organismo é essencial para a preservação das condições do equilíbrio fisiológico interno, permitindo que o mesmo exerça adequada interação com o meio ambiente circundante (JUNQUEIRA, 1998). A homeostasia, conceito que foi criado pelo fisiologista Francês Claude Bernard (1813 -1878) (SERRTRICE et al, 1997). A denominação de Sistema Nervoso Autônomo (SNA) criada pelo fisiologista Britânico John Langley (1835 -1925), que acreditava no funcionamento em considerado grau de independência do restante do sistema nervoso (SABBATINE, 2003).

O SNA é ativado principalmente por centros localizados medula espinhal, no tronco cerebral e no hipotálamo, com também porção do córtex cerebral, podem transmitir impulsos para centros inferiores (KANDEL et al, 2000). Inervam órgãos efetores, como coração, glândulas e musculatura lisa. Embora involuntária sua função esta intimamente ligada a emoção (POWERS; HOWLEY,2002). Uma das suas características mais notáveis é a rapidez e intensidade nas alterações das funções viscerais (KANDEL et al, 2000) . Os rápidos ajustes dessas variáveis permitem ao organismo uma perfeita adaptação a cada nova situação funcional ou metabólica, em um curto período de tempo, no exemplo das variáveis cardiovasculares, principalmente à ação de seus componentes simpáticos e parassimpáticos, que via de regra age conjuntamente no sentido de manter a homeostasia orgânica (MACHADO et al, 2001).

Exerce permanente influência sobre o funcionamento dos diversos órgãos aparelhos e sistemas que compõem o organismo humano, preservando o equilíbrio fisiológico interno, a qualquer fator que provoque desequilíbrio, restabelecendo equilíbrio funcional (PASCHOAL et al, 2006).

O SNA pode ser dividido, funcional e anatomicamente em divisão simpática e parassimpática, derivadas da palavra grega que significa “harmonia, solidariedade”, na verdade esses dois sistemas têm funções contrárias, conseqüentemente, a atividade de um determinado órgão pode ser regulada de acordo com a relação entre os impulsos simpáticos e parassimpáticos ao tecido (POWERS; HOWLEY, 2002).

As divisões simpáticas e parassimpáticas são complexas, a divisão simpática possui corpos celulares dos neurônios pré-ganglionares, nas regiões torácicas e lombares da medula espinhal. A divisão parassimpática, corpos celulares localizados no tronco cerebral e na porção sacral da medula espinhal, conforme a figura 3

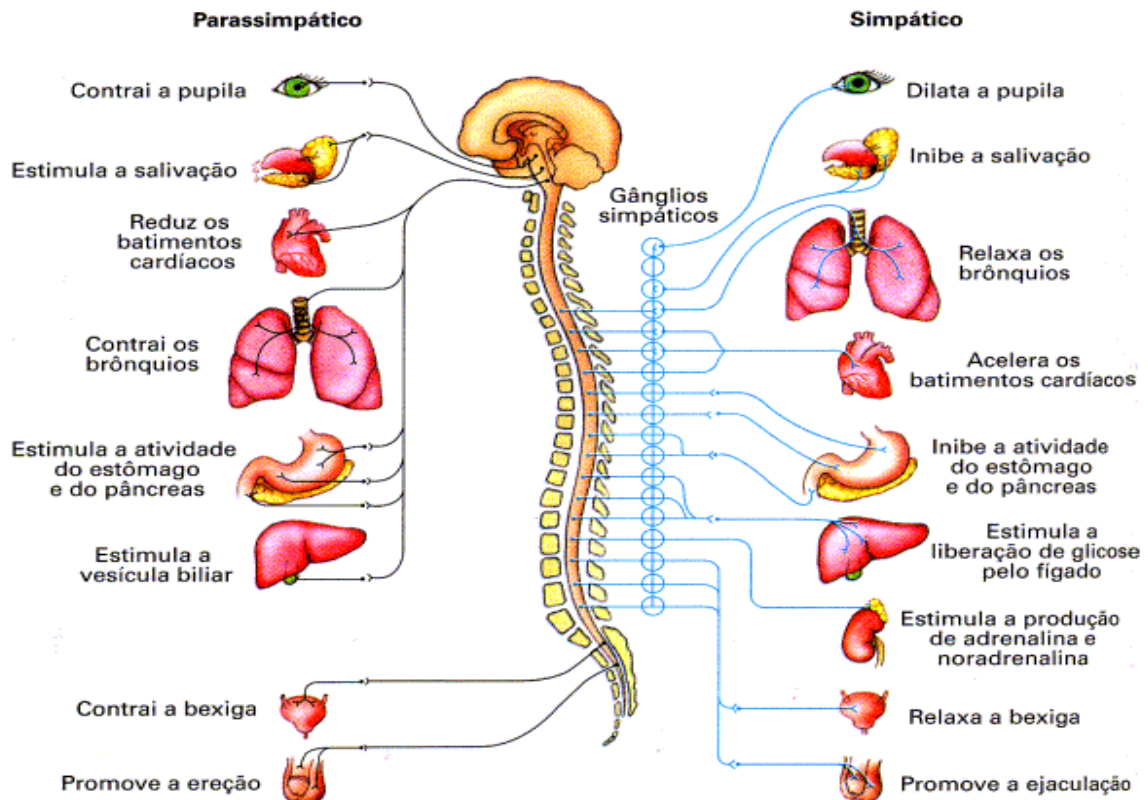


Figura 3: Divisões parassimpáticas e simpáticas e sua complexidade
 Fonte: Powers e Howley (2002).

O vago é o nervo parassimpático, de ampla distribuição transporta as fibras parassimpáticas a praticamente todas as regiões do corpo exceção da cabeça e das extremidades. Todas as funções autônomas são mediadas pela liberação de substâncias químicas, os neurotransmissores, duas são importantes como transmissores autônomos: a acetilcolina e a noradrenalina, secretadas pelos neurônios pós-ganglionares atuando sobre diferentes órgãos causando efeitos, respectivamente parassimpáticos ou simpáticos, conhecidos também como mediadores colinérgicos e adrenérgicos, figura 4 (EYZAGUIRRE, 1977).

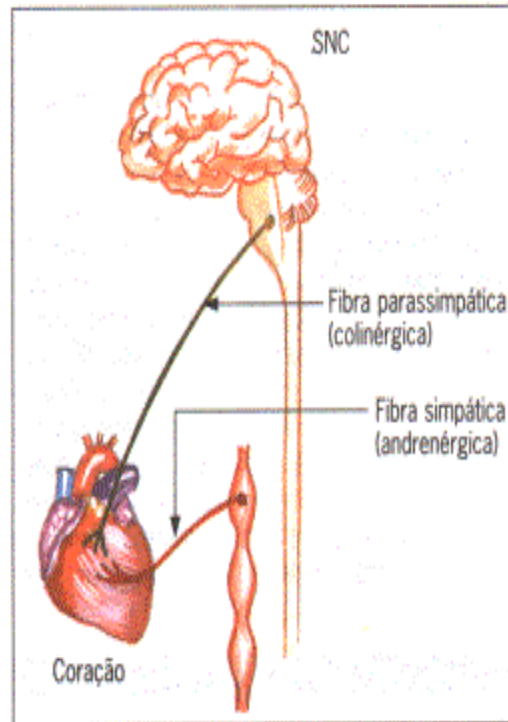


Figura 4: Fibras colinérgicas e adrenérgicas
Fonte: Lopes e Sônia (2002).

O sistema simpático participa da resposta do corpo ao estresse, enquanto o parassimpático atua para conservar os recursos do corpo e restauram o equilíbrio do estado de repouso, como um modulador as respostas simpáticas (FOX; BOWERS; FOSS, 1991).

1.4 Variabilidade da Frequência Cardíaca

A variabilidade da Frequência Cardíaca (VFC) em inglês, tem sido usada para avaliar atividade autonômica cardíaca, como ferramenta não-invasiva da integridade da função neurocardíaca (NEVES et al, 2006). Sua análise possibilita a observação e compreensão dos mecanismos extrínsecos do controle do ritmo cardíaco em situações fisiológicas e patológicas (PUMPRLA, 2002).

Definida como variação que ocorre entre batimentos cardíacos, aplicado as variações nas flutuações batimento-batimento do intervalo RR (figura 5). Sua dinâmica tem sido considerada como fonte provedora de importantes informações a respeito do controle cardiovascular autonômico (FORLAN; GUZZETI et al, 2005). As flutuações da F.C. batimento a batimento, refletem a interação do sistema nervoso simpático e parassimpático, oferecendo uma oportunidade para o estudo do SNA, partindo do estudo da VFC.

O primeiro documento observando a variabilidade cardiovascular é de 1733, creditado ao reverendo Stephen Hales, que observou relação entre o ciclo respiratório e intervalo entre os batimentos cardíacos. Mas sua aplicação clínica, bem definida ocorreu somente em 1965 com Hon e Lee na monitoração dos batimentos cardíacos fetais. Entretanto apenas em 1977, Wolf et AL mostraram a associação entre menor VFC e maior risco de mortalidade em pacientes com infarto do miocárdio (NADINE, 2005).

Na sua análise a VFC parte do princípio que em condições normais a F.C. modifica-se em resposta a estímulos, como exercício, estresse mental ou mesmo condições de repouso, fluuando em torno de uma média. Relacionando-se predominantemente, às alterações do balanço simpático-vagal em resposta a mecanismos de controle cardiovascular (TASK FORCE, 1996). A análise da VFC abriu enorme potencial de exploração de mecanismo fisiológicos de regulação do sistema cardiovasculares ainda carentes de detalhamentos, monitorando e quantificando, de modo preciso, simples e a baixo custo, atividades do cotidiano, fora do ambiente de laboratório nas diversas áreas onde é empregada, ampliando horizontes da pesquisa da fisiologia.

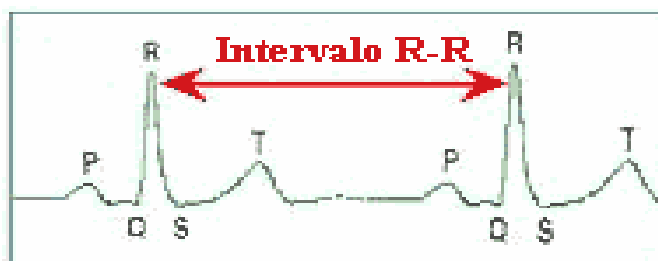


Figura 5: Intervalo RR do eletrocardiograma.
Fonte: Simões (2005).

1.4.1 Métodos de Análise e Avaliação

O batimento cardíaco não possui regularidade, que segundo Nakamura (2005), oscilações do tônus simpático e parassimpático do SNA, age sobre o nódulo sinoatrial do coração, onde a inferência quantitativa referentes às oscilações sobre a atividade cronotrópica cardíaca tem sido feitas a partir da medida da VFC.

A VFC estudada por técnicas matemáticas que abordam características estatísticas da variação ou estudos que permitem observações de diferentes divisões do SNA, domínio do tempo e frequência, respectivamente, conhecido como métodos lineares ou ainda por métodos não-lineares que utilizam avançados métodos da matemática (TASK FORCE, 1996).

Os métodos lineares são os mais utilizados, na avaliação da VFC, domínio do tempo e frequência. A análise no **domínio do tempo**, realizada através de métodos estatísticos que fornecem índices de cálculo simples, que avaliam a dispersão dos intervalos entre os batimentos cardíacos em torno de uma media ou comparam a duração de ciclos adjacentes (PORTELLA, 2006). Sua análise reflete atividade autonômica de maneira global. Em traçados de curta e longa duração os principais índices e suas abreviações internacionais, segundo Task Force, estão descritos a seguir, nas figuras abaixo:

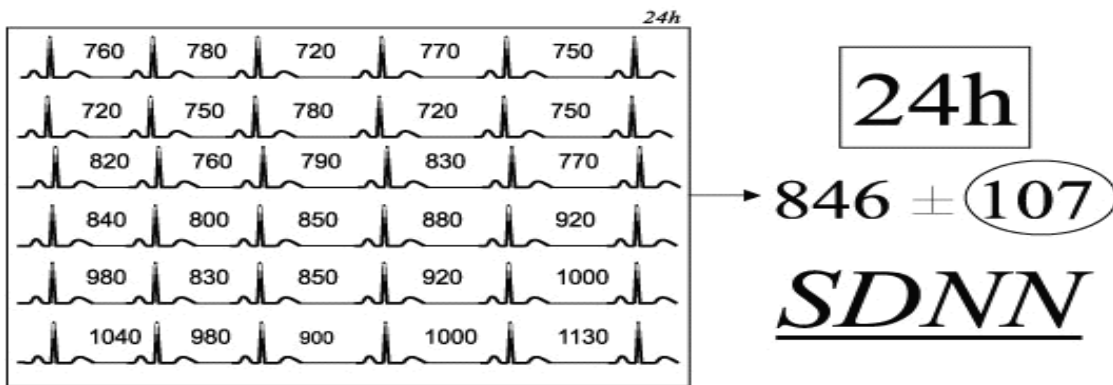


Figura 6: SDNN = Desvio padrão de todos os intervalos R-R, em milissegundos (ms).

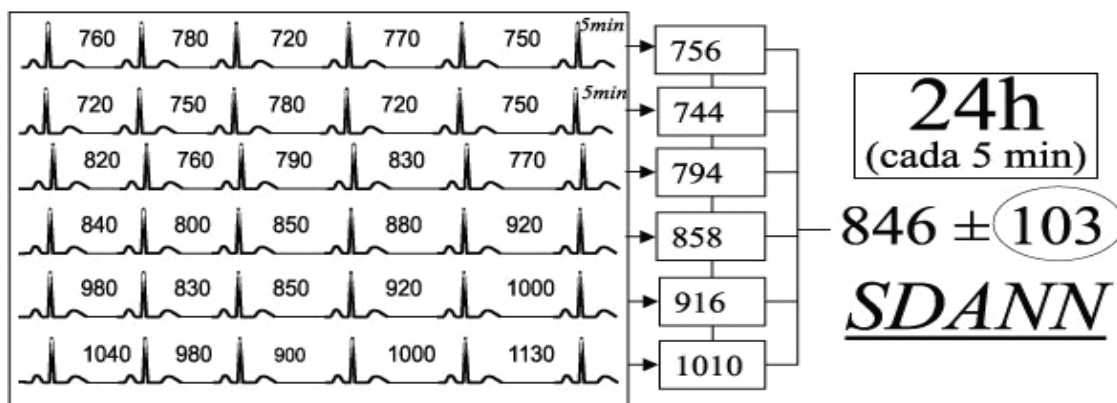


Figura 7: SDANN = Desvio padrão das medias dos intervalos R-R de todos os segmentos de 5 minutos de gravação inteira, em milissegundos (ms).

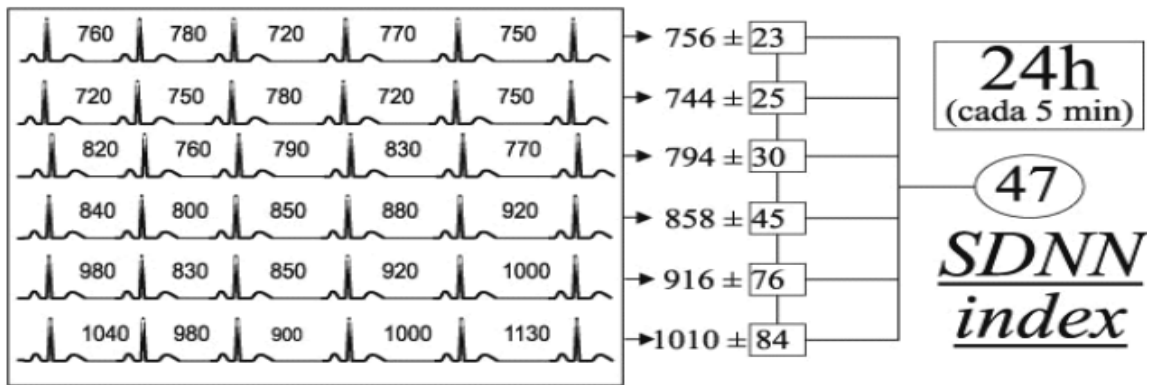


Figura 8: SDNN-i = Média dos desvios padrão dos intervalos R-R de todos os seguimentos de 5 minutos, em milissegundos (ms)

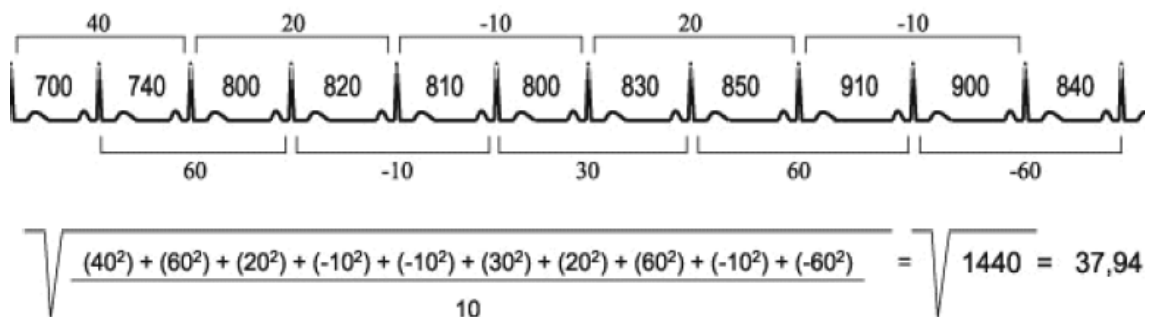


Figura 9: rMSSD = Raiz quadrada da média da soma dos quadrados das diferenças entre os intervalos R-R adjacentes, em milissegundos (ms).

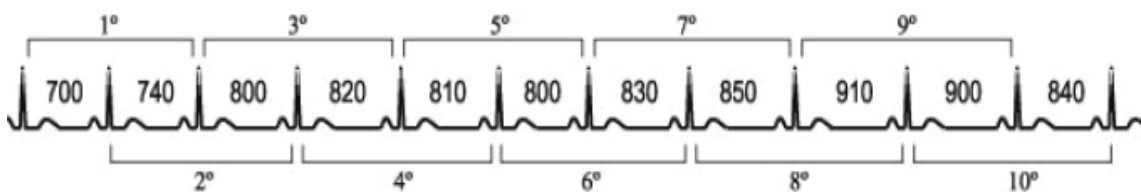


Figura 10: pNN50 = Percentual das diferenças entre os intervalos R-R adjacentes maiores que 50 ms.

Outra forma linear de análise da VFC, no **domínio da frequência** ou **análise espectral**, permite decompor o sinal eletrocardiográfico oriundo da série temporal (tacograma) em diferentes componentes de frequências, as bandas, de frequências, (TASK FORCE, 1996) expressas em Hertz (Hz) no seu eixo horizontal, e no vertical amplitude da curva como densidade de potência espectral (PSD), em ms^2 (LONGO et al, 1995, TASK FORCE, 1996). Na análise espectral a participação individual de cada um dos fenômenos especiais relacionados as bandas de frequência, que representam as ações de regulação humoral, vasomotora, temperatura, sistema renina-angiotensina e a modulação pelos tónus simpáticos e parassimpático por meio da atividade barorreflexa. Assim como sua relação com

os principais sistemas que interferem com a VFC, podem ser melhor estudadas. (GODOY et al, 2005) (quadro 1).

Quadro 1: Participação dos fenômenos relacionados as bandas de frequência.

Ritmos circadianos		
UBF	≤ 0.003 Hz	Sistema neuroendócrino
Termoregulação renina-angiotensina		
MBF	0.003 – 0.04 Hz	
Simpática* e ambas**		
BF	0.04 – 0.15 Hz	Atividade baroreflexa
Frequência respiratória		
AF	0.15 – 0.4 Hz	Atividade vagal

A análise espectral permite caracterizar quantitativa e qualitativamente, de maneira individual e simultânea, absolutas e relativas, atividades simpáticas e parassimpáticas cardíacas por meio das frequências das ondas e suas origens fisiológicas (KAWAGUCHI et al, 2007). A potência total decompõe-se em bandas distintas, conforme figura 11, por meios de algoritmos matemáticos como transformada de Fourier, Transformada Wavelet Contínua ou modelos auto-regressivo. Sendo esta, a principal diferença em relação à análise no domínio tempo, diferenciando de modo geral quais os ritmos ou oscilações dominantes que conferem a frequência cardíaca sua variabilidade (BOLZAN, 2004).

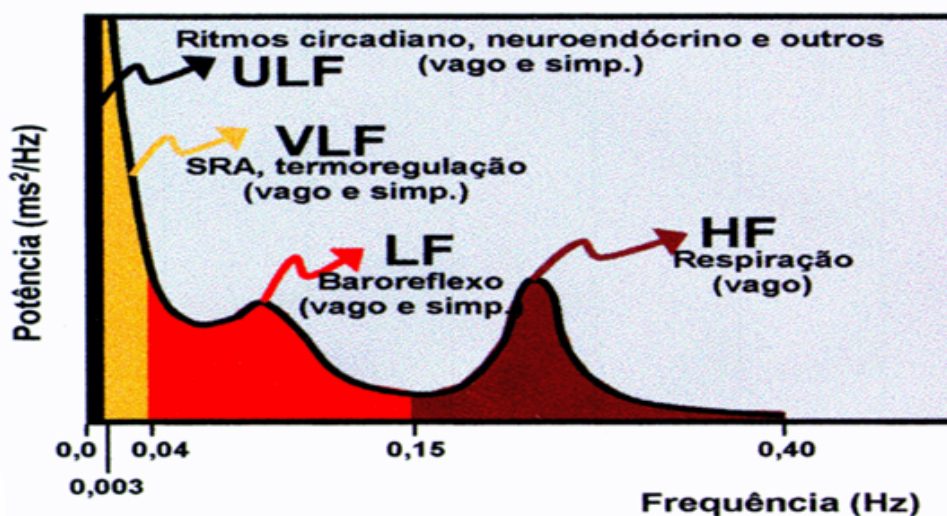


Figura 11: Potência total e a decomposição em bandas distintas

Fonte: Mialaret, (2007)

A relação entre LH/HF, e outra medida utilizada, e considerada como um índice do equilíbrio simpátovagal. Fornecendo informações úteis sobre o balanço entre os sistemas;

- Razão > 1 indica simpaticotonia relativa
- Razão < 1 indica vagotonia relativa
- Razão $= 1$ indica anfotonia (equilíbrio vago-simpático)

Os seus significados fisiológicos, quando calculados por períodos longos de tempo, têm sido estudados basicamente através de correlação com a análise espectral (TASK FORCE, 1996). Esta correlação se apresenta basicamente como;

Quadro 2: Correlação entre as medidas da VFC tempo e frequência

Domínio do Tempo	Domínio da Frequência
SDNN	Potência Total
SDANN	UBF
Rmssd pNN50	AF

1.4.2 A Transformada Wavelet Contínua

Trata-se de uma ferramenta matemática para o processamento de sinais não-estacionários (TORRENCE; COMPO, 1998), onde é aplicada nas diversas áreas do conhecimento, como também no processamento de sinais biológicos. O seu uso se fez necessário devido ao fato que as séries temporais tomadas de qualquer sistema físico não possuem estacionariedade (BOLZAN, 2004).

No século XIX Joseph Fourier utilizou seno e cossenos para representar qualquer série temporal, onde variáveis periódicas podem ser analisadas em função do tempo de observação ou em função da frequência na qual o evento ocorre (RIBEIRO et al, 1992; SILVA; EYNG, 2000). A Transformada de Fourier tradicional multiplica o sinal inteiro por senos e cossenos de diferentes frequências, calculando a integral de cada um desses produtos (BOLZAN, 2004).

A Transformada Wavelet é muito bem aceita para uma ampla faixa de sinais que não são periódicas e que podem conter ambos os componentes senodais e de impulso (HWAN; AGGARVAL, 2000). Já a Transformada Wavelet Contínua que no final da década de 70, passou a ter identidade própria, para a análise de sinais similar à Transformada de

Fourier. Diferentemente de Transformada de Fourier a Transformada Wavelet decompõe o sinal em diferentes escalas, com diferentes níveis de resolução, a partir de uma única função, e apresenta representações locais no domínio do tempo e da frequência (SANTOSO, et al, 1996), sendo esta sua maior vantagem em termos básicos.

As Wavelets são famílias de funções que se geram escalado e translação de uma função denominada Wavelet-mãe;

$$\Psi_{a,b}(t) = |a|^{-1/2} \Psi\left(\frac{t-b}{a}\right) \quad [1]$$

Figura 11: Wavelet-mãe

Já a Transformada Wavelet Continua, são obtidas de funções de base comprimindo ou dilatando uma Wavelet-mãe e deslocando-se no tempo. A Transformada Wavelet Continua de uma função é definida por;

$$\mathcal{W}(a,b) = |a|^{-1/2} \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \Psi^*\left(\frac{t-b}{a}\right) dt \quad [3]$$

Figura 12: Função que define a TWC.

Na comparação de diferentes análises de sinais não estacionários Karlsson, Gerdle e Akay (2001), concluíram que a Transformada em ondeletas apresentou os melhores resultados, onde o gráfico de média espectral das frequências, conhecido como Espectro de Ondeletas Global (GWS) foi obtido através do cálculo da soma das energias existentes em cada intervalo de frequência, como uma forma similar do espectro de energia obtido via Transformada Rápida de Fourier (TORRENCE; COMPO, 1998).

A Transformada Wavelet Continua, propicia uma alternativa matemática para o estudo da VFC por meio do escalograma, que apresenta seus resultados através das diferentes tonalidades das cores, o que permite mensurar as influências simpáticas e parassimpáticas do SNA sobre a frequência cardíaca, uma vez que o ramo parassimpático responde mais rápido

que o simpático, onde se torna possível distinguir suas influências na divisão do espectro em faixas de frequência (CARVALHO, 2003).

1.5 O Fuzil HK33 na Instrução de Tiro

O militar das Forças Armadas independente de sua formação ou especialidade, é sempre visto como um profissional no trato das armas aos olhos da sociedade ou justiça militar (MORAES, 2007).

A instrução de tiro pode ser composta de uma ou mais series de tiro, ordenado por meio de módulos com armamento terrestre, desenvolvida anualmente para o militar (MCA5, 2005). É integrante obrigatório dos currículos dos cursos de formação do militar, composta de módulos teóricos e práticos, aplicados em progressão didática (MCA5, 2005).

O uso do fuzil automático HK33 pela FAB deu-se pelo constante aperfeiçoamento das armas de guerra. Após longos estudos e testes, foi decidida a aquisição do fuzil automático HK33 que substituiu com êxito o antigo mosquetão. Seu sistema de funcionamento permite o trancamento ou destrancamento exclusivamente por ação muscular do atirador. Seu calibre de 5.56 mm, é uma arma de fogo cuja a construção obedece os princípios mais modernos na sua parte técnica (MORAES, 2007). Ele permite, com a culatra fechada, disparar tiro a tiro (intermitente) e rajada (tiro automático), qualquer que seja a posição do atirador.

Sua alça de mira pode ser ajustada para 100, 200, 300 ou 400 m (MORAES; GUERRA, 2007). Após o disparo, seu projétil atinge o alcance letal sem curvatura na sua trajetória.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Analisar o comportamento do sistema nervoso, nas suas divisões simpáticas e parassimpáticas, através da variabilidade da frequência cardíaca em alunos do Curso de Formação de Sargentos da Escola de Especialista de Aeronáutica, numa instrução de tiro com o fuzil HK33.

2.2 Objetivos específicos

Comparar as respostas autonômicas cardíacas, antes, durante e após a instrução de tiro através da Variabilidade da Frequência Cardíaca com a utilização da Transformada Wavelet Continua.

Análise por meio da VFC do controle autonômico da frequência cardíaca em ambiente diferente do laboratório.

3 JUSTIFICATIVA

A análise da modulação do SNA sobre o coração através da variabilidade da frequência cardíaca (VFC) poderá nos permitir uma análise não invasiva do controle neural, antes, durante e após uma instrução de tiro.

A importância da instrução de tiro para o militar em formação. É o número reduzido de trabalhos científicos abordando este tema.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 População do Estudo

Foram analisados 12 alunos do Curso de Formação de Sargentos (CFS), da primeira série da Escola de Especialistas de Aeronáutica (EEAR).

4.2.1 Aspecto Ético do Estudo

Todos os voluntários foram previamente esclarecidos e orientados sobre todos os procedimentos a que seriam submetidos. O Termo de Consentimento Livre e Esclarecido-TCLE (ANEXO A) e o protocolo da pesquisa foram submetidos e aprovados pelo Comitê de Ética e Pesquisa (CEP) (ANEXO B) da Universidade do Vale do Paraíba sob nº H372/CEP/2007. Este estudo foi conduzido de acordo com a resolução 196/6 do Conselho Nacional de Saúde (CNS).

4.2.2 Critérios de Inclusão

Foram incluídos neste estudo, alunos militares do sexo masculino do CFS, com idade entre 18 a 24 anos, não fumantes e sadios, segundo Organização Mundial de Saúde e que nunca praticaram tiro com o fuzil HK33.

4.2.3 Critérios de Exclusão

Foram excluídos, todos os alunos militares que estavam fazendo uso de medicamentos ou substâncias cardioestimuladoras ou cardiodepressoras e os alunos militares que se recusassem a participar da pesquisa.

4.3 Local do Estudo

Este estudo foi realizado nas dependências da Escola de Especialistas de Aeronáutica (EEAR), em Guaratinguetá, São Paulo, com as avaliações de peso e altura, e dobras cutâneas no dôjo do Corpo de Alunos da EEAR. As práticas de tiros foram realizadas no estande de tiro, com a devida autorização do responsável pelo setor.

4.4 Materiais utilizados

- Monitor cardíaco *Polar S810i*®;
- Sensor *Wearlink Polar*®;
- Software *Polar Precision Performance*®;
- Software *Matlab*® da *Mathworks*;
- Software Primer of Biostatistics
- Notebook Positivo Mobile V 56
- O adaptador USB IrDA
- Balança eletrônica com régua, *FILIZOLA*®
- Compasso de dobras cutâneas *LANGE*®
- Esfigmomanômetro de coluna de mercúrio
- Estetoscópio
- Cronometro
- Abafadores de ruído
- Óculos de proteção com lentes que não estilhacem
- Gandola com mangas estendidas
- Fuzil HK33
- Munição calibre 5.55
- Alvo

4.5 Procedimentos Realizados

A massa corpórea e estatura foram avaliadas em uma balança eletrônica *FILIZOLA*® com um estadiômetro acoplado. Em seguida foram aferidas as dobras cutâneas com a utilização de um compasso de dobras cutâneas *LANGE*®, com a aplicação de três sítios (torax, abdome e coxa) e determinado o percentual de gordura estimado pela equação de *Jacson& Pollock (1978)* para homens.

A coleta de dados foi realizada utilizando-se de três fases, sempre no período da manhã, em ambiente aberto:

- Repouso;
- Instrução de tiro;
- Recuperação;

Na fase de repouso os voluntários permaneceram deitados no chão, na posição decúbito dorsal, onde foi realizada a verificação da pressão arterial de repouso e a frequência respiratória de repouso com duração de 1 minuto. Os voluntários encontravam-se sem o equipamento de segurança (abafador de ruídos e óculos), com estímulos visuais e auditivos, com os sinais eletrocardiográficos coletados por 10 minutos, para este protocolo.

Na fase da instrução de tiro, os voluntários passaram para posição em decúbito ventral, na posição tiro deitado, (Figura 14). Realizaram três séries de tiros com 10 tiros em cada série sem intervalo determinados, com o alvo a duzentos metros de distância, e com duração média de 25 minutos para esta fase. Imediatamente após término da última série de tiros foi verificada a pressão arterial.

Na fase de recuperação os voluntários retornaram a posição de decúbito dorsal, onde foi aferida a frequência respiratória de recuperação com duração de 1 minuto. Os voluntários ainda encontravam-se equipados nesta fase, com duração de 10 minutos.



Figura 13: Posição de tiro deitado com fuzil HK33.
Fonte: Módulo único armamento e tiro.

Durante as três fases os sinais eletrocardiográficos foram captados por um freqüencímetro marca *Polar S810i*[®]. Os sinais foram filtrados e convertidos para o formato de arquivo de texto (TXT). O sensor *Wearlink Polar* foi colocado sobre a região do precórdio do voluntário, este preso por um cinto com sistema de elástico as suas costas, para boa fixação.

Os dados coletados foram transmitidos via sensor infravermelho para um computador, equipado com software *Polar Precision Performance*, onde foram extraídos os intervalos RR em arquivos de texto (TXT), (Figura 15).



Figura 14: Transmissão do sinal do monitor *Polar S 810i* para o software *Polar Precision Performance*® via infravermelho.

Fonte: <http://www.info.cardiozone.de/.../s810iscienmodell>

Os dados foram tratados, a seguir, no programa Matlab 6.1 para transformada Wavelet Contínua para obtenção da evolução da potência do sinal, onde diferentes níveis de frequências foram decompostos, proporcionando o cálculo temporal da evolução dos índices do Sistema Nervoso Autônomo (SNA), cálculos das áreas de baixa frequência (LF = 0,04 – 0,15 Hz) e da alta frequência (HF = 0,15 – 0,4), (Task Force, 1996).

A Transformada Wavelet Contínua (TWC), foi calculada na plataforma *MatLab* 6.1® através da função “*analysevfc*” desenvolvido pelo Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento (IP&D) da Universidade do Vale do Paraíba (UNIVAP).

Os espectrogramas, baseados em wavelet, ou escalogramas foram obtidos através do cálculo da TWC, e os seus resultados obtidos através das ondoletas, Global Wavelet Spectrum (GWS), gerado através do cálculo da média de energias, que já existem em cada intervalo de frequência. Para as áreas do sistema nervoso, simpático e parassimpático de acordo com suas bandas de frequências foram utilizados os valores de GWS.

Na análise da Variabilidade da Frequência Cardíaca (VFC), os dados foram analisados de acordo com o tempo:

- Repouso, duração de 6 minutos no período de 0 a 600s ;
- Instrução de tiro com duração de 25 minutos no período de 600s a 1500s ;
- Recuperação duração de 10 minutos no período de 1500s a 2100s.

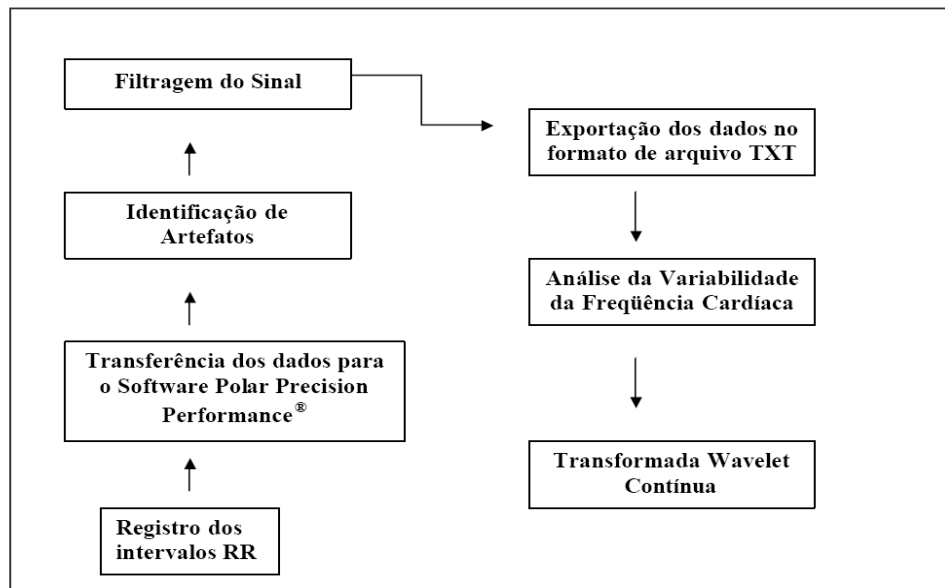


Figura 15: Algoritmo de análise dos dados através da Variabilidade da Frequência Cardíaca. Fonte: Fagundes (2007).

4.6 Análise Estatística

Todos os dados foram expressos em Média e Desvio Padrão. Os dados coletados foram submetidos a análise estatística pela ANOVA (one way), seguido o teste Tukey para variância com diferença alfa ≤ 0.05 . Para geração de gráficos utilizou-se o software Primer of Biostatistics, para análise comparativa.

5 RESULTADOS

A tabela 1 apresenta a caracterização da amostra quanto à idade, dados antropométricos e porcentagem de gordura.

Tabela 1: Valores médios da característica antropométricos e idade média dos doze voluntários submetidos á instrução de tiro.

Nº de Ind.	Idade (anos)	Altura (cm)	Peso (Kg)	IMC (Kg/m²)	Gordura (%)
12	22,25 ± 2,92	1,73 ± 0,05	67,14 ± 4,69	22,25 ± 1,63	7,54 ± 1,74

Valores expressos em Média (X) ± Desvio Padrão (DP); IMC = índice de massa corporal.

A tabela 2 apresenta e a figura 17 ilustram o comportamento da pressão arterial sistólica de repouso (PAS.Rep.), pressão arterial diastólica de repouso (PAD.Rep.), pressão arterial sistólica de recuperação (PAS.Rec.) e pressão arterial diastólica no início da recuperação (PAD.Rec.), segundo o protocolo de repouso e recuperação.

Tabela 2: Comportamento da pressão arterial sistólica e diastólica (mmHG) nas diferentes fases da instrução de tiro, repouso e na recuperação.

PAS. Rep.	PAD. Rep.	PAS. Rec.	PAD. Rec.
116.67 ± 7.78	77.50 ± 6.21	121.67 ± 5.77 *	80.83 ± 6.68

Valores expressos em Média ± DP. * p ≤ 0.05 quando comparado pressão arterial sistólica de recuperação (PAS.Rec.) com pressão arterial diastólica de recuperação (PAD.Rec.), pressão arterial sistólica de repouso (PAS.Rep.) e pressão arterial diastólica de repouso (PAD.Rep.).

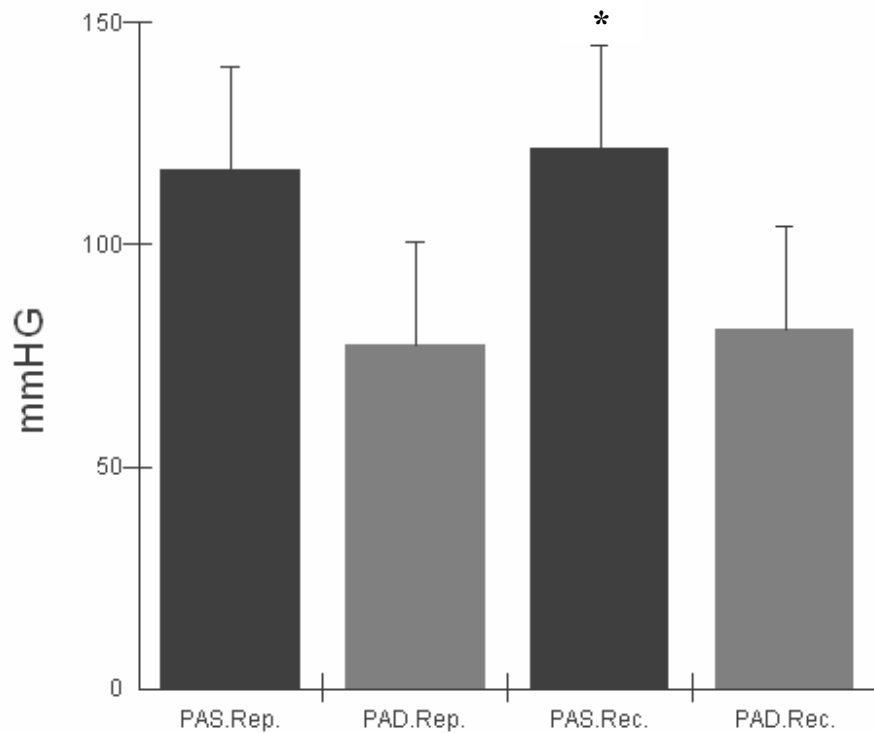


Figura 16: O comportamento da pressão arterial sistólica e diastólica, nas diferentes fases da instrução de tiro, repouso e recuperação. * $p \leq 0.05$ quando comparado pressão arterial sistólica de recuperação (PAS.Rec.) com pressão arterial diastólica de recuperação (PAD.Rec.), pressão arterial sistólica de repouso (PAS.Rep.) e pressão arterial diastólica de repouso (PAD.Rep.).

Analisando o comportamento da frequência respiratória, representada numericamente na tabela 3, onde obtivemos os seguintes valores para frequência respiratória de repouso (FR.Rep.) de 12.50 ± 1.83 e para frequência respiratória de recuperação (FR.Rec.) de 13.16 ± 2.58 .

Tabela 3: Comportamento da Frequência Respiratória durante as diferentes fases da instrução de tiro no Repouso (FR.Rep.) e Recuperação (FR.Rec.).

FR. Rep.	FR. Rec.
12.50 ± 1.83	13.16 ± 2.58

Valores expresso em Média aritmética \pm DP, para frequência respiratória de repouso (FR.Rep.) e frequência respiratória de recuperação (FR.Rec.). $p \leq 0.99$, adotando $p \leq 0.05$.

A tabela 4 apresenta e a figura 18 ilustra o comportamento da frequência cardíaca de repouso (FCRep.) 60.783 ± 9.1370 , frequência cardíaca na instrução de tiro (FCI.T.) 85.372 ± 16.958 e a frequência cardíaca de recuperação (FCRec.) 79.974 ± 14.535 , onde realizada a análise estatística obtivemos $p \leq 0.0005$ que constatou diferença estatisticamente significativa, adotando $p \leq 0.05$.

Tabela 4: Comportamento frequência cardíaca nas diferentes fases da instrução de tiro, Repouso (FCRep.), Instrução de tiro (FCI.T.) e Recuperação (FC.Rec.).

FC Rep.	FC I.T.	FC Rec.
60.78 ± 9.13	85.37 ± 16.95 *	79.97 ± 14.53 *

Valores expresso em Média aritmética \pm DP. * $p \leq 0.0005$ quando comparado frequência cardíaca de repouso (FCRep.) com frequência cardíaca na instrução de tiro (FCI.T.) e frequência cardíaca de recuperação (FCRec.).

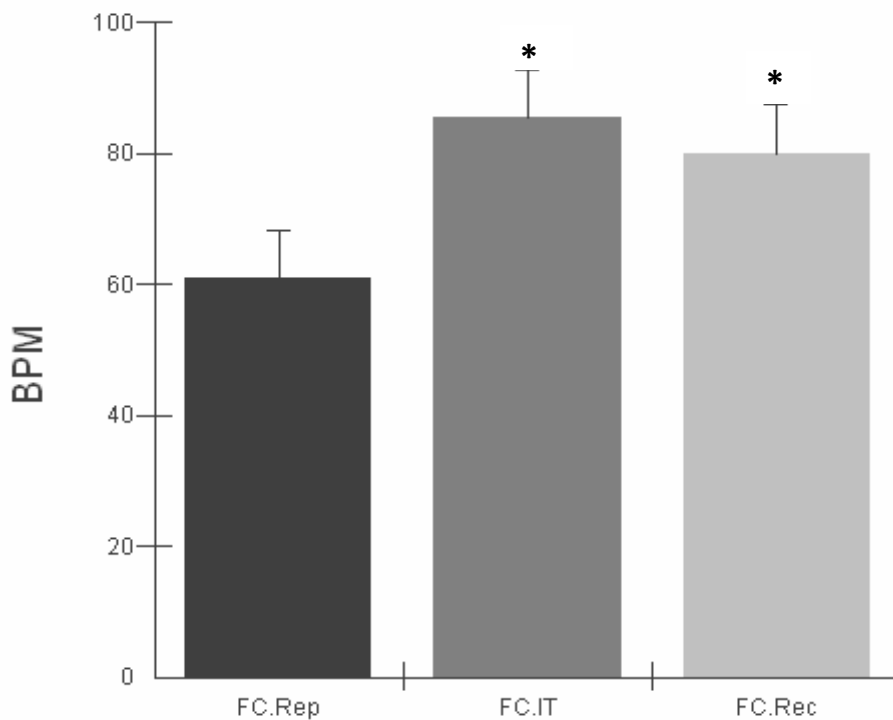


Figura 17: Comportamento da Frequência cardíaca nas diferentes fases da instrução de tiro, repouso (FCRep.), instrução de tiro (FCI.T.) e de recuperação (FCRec.). * $p \leq 0.0005$ quando comparado frequência cardíaca de repouso (FCRep.) com frequência cardíaca na instrução de tiro (FCI.T.) e frequência cardíaca de recuperação (FCRec.).

Na tabela 5 e na figura 19, observamos comportamento simpático (LF) de recuperação encontra-se muito ativado em relação aos valores de LF, repouso e da instrução de tiro. Quando tratados estatisticamente, observamos uma diferença significativa onde obteve $p \leq 0.05$, adotando como significância $p \leq 0.05$.

Tabela 5: Comportamento da banda de baixa frequência (LF) nas diferentes fases da instrução de tiro, repouso (LF.Rep.), instrução de tiro (LF.I.T.) e recuperação (LF.Rec.)

LF.Repouso	LF.I. Tiro	LF. Recuperação
776.58 ± 606.80	1837.7 ± 1690.6 *	2191.6 ± 789.57 *

Valores expressos em Média aritmética ± DP. * $p \leq 0.05$ quando comparado a baixa frequência de repouso (LF.Rep.) com baixa frequência na instrução de tiro (LFI.T.) e baixa frequência na recuperação (LFRec.).

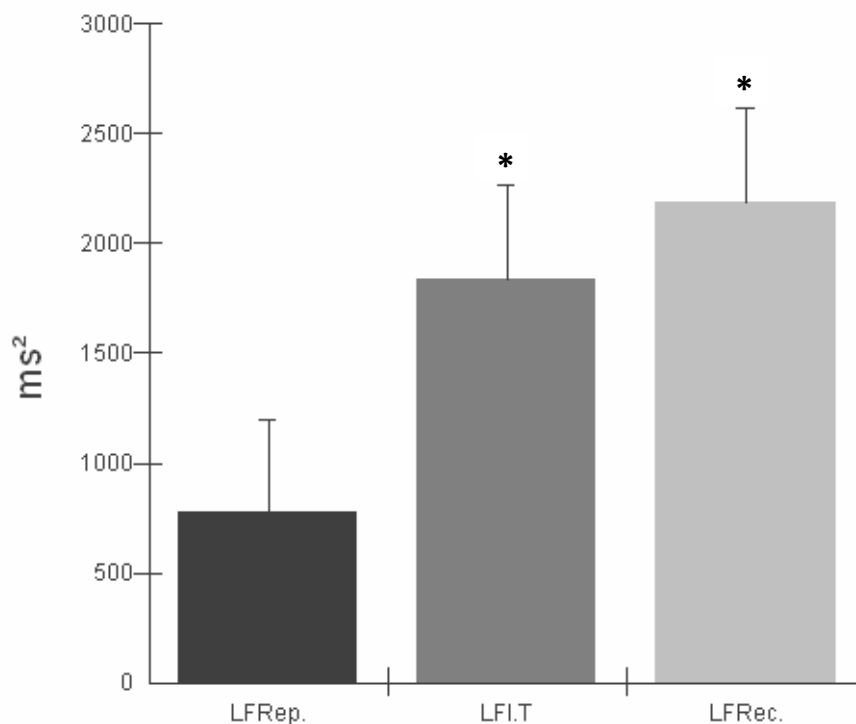


Figura 18: Comportamento da banda de baixa frequência, para as diferentes fases da instrução de tiro, repouso (LF.Rep.), instrução de tiro (LF.I.T.) e recuperação (LF.Rec.). * $p \leq 0.05$ quando comparado a baixa frequência de repouso (LF.Rep.) com baixa frequência na instrução de tiro (LFI.T.) e baixa frequência na recuperação (LFRec.).

Na tabela 6, onde estão representados os valores para a faixa de alta frequência (HF), e também ilustrados na figura 20 durante as fases de alta frequência para o repouso (HF.Rep.), alta frequência na instrução de tiro (HF.I.T) e alta frequência na recuperação (HF.Rec.). Quando tratados estatisticamente observou que não há diferença significativa, $p \leq 0.9046$ adotando $p \leq 0.05$.

Tabela6: Comportamento da banda de alta frequência nas diferentes fases da instrução de tiro, repouso (HF.Rep.), instrução de tiro (HF.I.T.) e recuperação(HF.Rec.).

HF.Repouso	HF. I. Tiro	HF. Recuperação
1301.6 ± 842.22	903.65 ± 793.72	1165.5 ± 870.20

Valores expressos em Média aritmética ± DP nas diferentes fases da instrução de tiro para alta frequência (HF), repouso (HF.Rep.), instrução de tiro (HF.I.T.) e na recuperação (HF.Rec.).

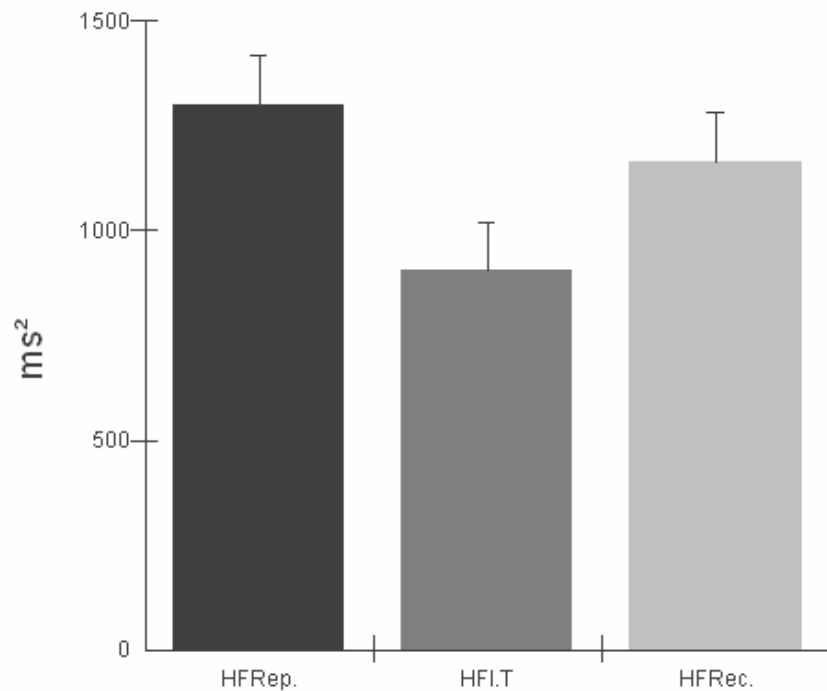


Figura 19: Comportamento da banda de alta frequência, para diferentes fases da instrução de tiro, repouso (HF.Rep.), instrução de tiro (HF.I.T.) e recuperação (HF.Rec.).

Quando analisamos a razão (LF/HF) entre as áreas de baixa frequência (LF) e de alta frequência (HF), apresentadas na tabela 7 e ilustradas na figura 21 entre as fases de repouso (LF/HF.Rep.), na instrução de tiro (LF/HF.I.T.) e de recuperação (LF/HF.Rec.). Aplicando-se análise estatística, encontramos um valor de $p \leq 0.0024$, adotando um $p \leq 0.05$ demonstrando

grande diferença entre as razões pela grande estimulação do ramo simpático durante a fase de instrução de tiro.

Tabela7: Comportamento da razão (LF/HF) nas diferentes fases da instrução de tiro, repouso (LF/HF.Rep.), instrução de tiro (LF/HF.I.T.) e recuperação (LF/HF.Rec.).

LF/HF.Repouso	LF/HF. I.Tiro	LF/HF. Recuperação
0.89097±0.75027	3.0603±1.8654	2.0194±1.5607

Valores expressos em Média aritmética ± DP. *p ≤ 0.0024 quando comparado a razão de repouso (LF/HFRep.) com a razão na instrução de tiro (LF/HF.I.T) e a razão da recuperação (LF/HF.Rec.)

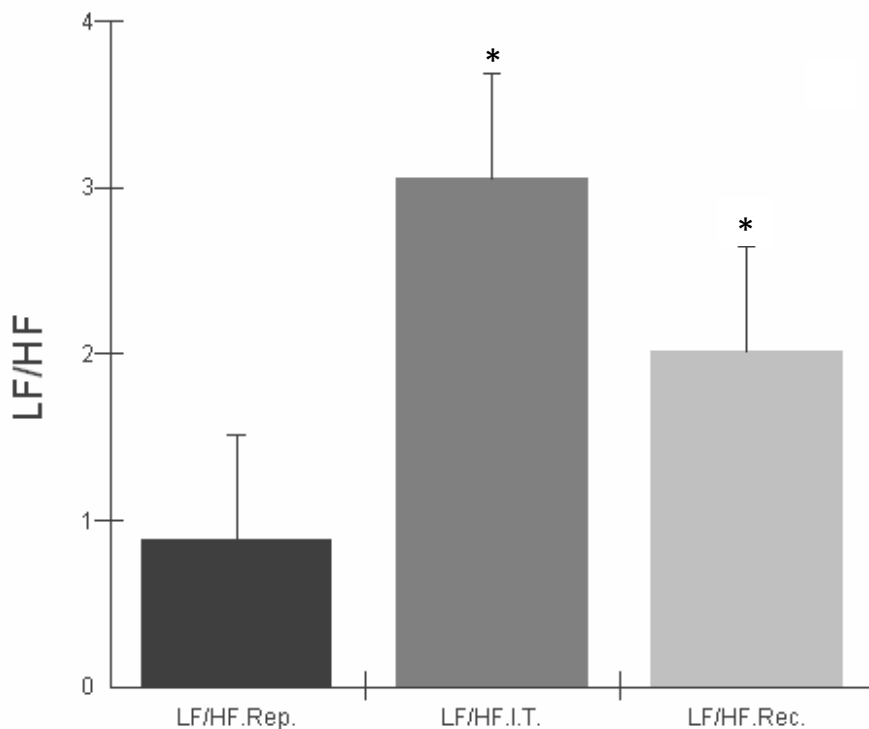


Figura 21: Comportamento da razão entre baixa e alta frequência (LF/HF) para o repouso (LF/HF.Rep.), instrução de tiro(LF/HF.I.T.) e recuperação (LF/HF.Rec.). *p ≤ 0.0024 quando comparado a razão de repouso (LF/HFRep.) com a razão na instrução de tiro (LF/HF.I.T) e a razão da recuperação (LF/HF.Rec.).

6 DISCUSSÃO

A influência que o sistema nervoso autônomo (SNA) exerce sobre diversos órgãos, aparelhos e sistemas que compõem o organismo humano é essencial para a preservação das condições do equilíbrio fisiológico interno (JUNQUEIRA, 1998).

O coração, apesar de sua inervação intrínseca, tem as funções amplamente moduladas pelo SNA. Por sua importância, o coração participa sob tutela do SNA, ativamente do processo homeostático orgânico, sendo o SNA responsável pela regulação do ritmo e da função de bombeamento cardíaco, adequando essas funções às necessidades metabólicas e teciduais a que estão expostos os seres humanos nas suas atividades diárias (PASCHOAL et al, 2006).

O controle autonômico do coração pode ser avaliado a partir da análise da variabilidade da frequência cardíaca (VFC) representando a medida da variação entre cada batimento sinusal através da atuação simpática e parassimpática (TASK FORCE 1996).

Uma alta variabilidade na frequência cardíaca é um bom sinal de boa adaptabilidade, indicando ser saudável com bom funcionamento dos mecanismos de controle autonômico, de modo oposto, a baixa variabilidade é frequentemente um indicador de adaptabilidade insuficiente e anormal do sistema nervoso autônomo, indicando estar associada com maior risco de desenvolver doença cardiovascular, conforme Pumpri et al (2002). Hoje a VFC é uma ferramenta empregada na investigação de diversas áreas clínicas entre outras, além de ser aplicada na avaliação de atletas e não atletas, atividades físicas do cotidiano.

No nosso trabalho a VFC foi utilizada como ferramenta na análise do SNA, numa instrução de tiro com fuzil automático HK33, utilizado pela Força Aérea Brasileira (FAB), no curso de formação de sargentos, nas 23 especialidades da Escola de Especialista de Aeronáutica (EEAR). Os alunos militares utilizaram o polar modelo S810i, modelo de monitor de frequência cardíaca para coleta dos intervalos RR cujo seu uso para essa finalidade é comprovado e validado ao ECG com margem de erro 0.40% conforme estudos de Gamelim et al (2006), que concluíram estreito limite de confiança para medir a VFC na posição supina, posição esta semelhante à utilizada no nosso estudo, posição pronada, em outro estudo o uso do polar S810i foi validado com um índice de 95% de aprovação por Nunan, Jakovljevic, (2008).

O uso desta ferramenta VFC, como método não-invasivo de análise do SNA, através do processamento de sinais biológicos nos permitem inúmeras possibilidades na área

cardiovascular, e o uso do polar S810i nos possibilitou o estudo do SNA nas condições bélicas mais próximas da realidade como ambiente, roupas de combate, arma e munição.

Os dados interpretados do monitor de frequência cardíaca para análise matemática, com a Transformada Wavalet Contínua que segundo Bolzan, (2004) o seu uso em sinais biológicos se faz necessário, pois sistemas físicos não possuem estacionaridade. Sua maior vantagem está na descrição de um evento simultaneamente no domínio do tempo como da frequência (SANTOSO et al, 1996).

A instrução de tiro faz parte do treinamento militar como já mencionamos, para as 22 especialidades da EEAR, por se tratar do manuseio de uma arma de fogo automática que requer técnica e atenção, o que poderia causar algum tipo de estresse físico e psicológico pela situação a ser enfrentada e responsabilidade do uso de tal armamento. O estudo do SNA e de seus ramos simpáticos e parassimpáticos, considerando a situação nos traz a possibilidade de observar as condições dos alunos na instrução, pois fisiologicamente o ramo simpático participa da resposta do corpo ao estresse, enquanto o parassimpático atua na conservação dos recursos do corpo (TORTURA; GRABOWSKI, 2002).

Neste estudo o comportamento da pressão sistólica na fase de repouso apresenta-se sem alteração significativa, observado na tabela 2, a diastólica de repouso e de recuperação, manteve-se na normalidade. Os ajustes hidrostáticos decorrentes da posição supina na verificação da pressão (SIEBERT, et al, 2004) a pouca elevação da frequência cardíaca (MACHADO, 2004) e a respiração controlada durante a instrução de tiro (NIEWIADOMSKI, et al, 2007), podem explicar o comportamento da pressão arterial para essas fases do protocolo.

A pressão sistólica de recuperação apresenta-se elevada significativamente nesta fase (Figura 17) possivelmente ainda em resposta a agentes estressantes que pode ser explicado quando estudos mostram que terminações nervosas simpáticas, liberam noradrenalina para cada impulso nervoso (RIBEIRO, et al, 2005) importante fator do aumento ramo simpático relacionado ao estresse emocional.

Observando a tabela 3 referente a frequência respiratória, não obtivemos valores estatisticamente significantes quando comparamos os protocolos de repouso com recuperação, essa frequência quase não se alterou, o que pode ser uma resposta ao treinamento da técnica do tiro onde a respiração deve se manter controlada, conforme estudos de Niewiadomski, et al (2007) após exercícios sub máximos encontrou frequência respiratória voluntária menor que a espontânea.

Nossos resultados mostram o comportamento da frequência cardíaca nos protocolos de repouso, instrução de tiro e recuperação, onde podemos notar na tabela 4, uma frequência cardíaca de repouso normal para indivíduos saudáveis e treinados fisicamente (AUBERT et al, 2003), com aumento significativo da frequência cardíaca na instrução de tiro. Este aumento já esperado pois segundo estudos de Hamer et al (2007) agentes estressantes induz em aumento da frequência cardíaca, aumento este caracterizado no instante que o organismo percebe o agente agressor, uma resposta adrenérgica medida pelo Sistema Nervoso Autônomo desencadeando taquicardia (CUSATIS, 2003).

Em outro estudo realizado comparando exercícios estáticos com exercícios dinâmicos de membros superiores, Princi et al, citado por Leicht et al, (2008) relata maior atividade simpática e retirada vagal para exercícios estáticos de membros superiores, semelhante a nossa instrução de tiro. Podemos observar na tabela 4 e ilustrado na figura 18 que o protocolo de recuperação a frequência cardíaca não apresenta diferença significativa em relação a instrução de tiro o que vem de encontro com estudos de Kaikkonen et al, (2007) que estudando a VFC na recuperação após exercício, observou altos níveis de atividade simpática durante o início da recuperação apesar da reativação parassimpática, no mesmo estudo cita Pierpont et al, (2000) onde exercícios de baixa intensidade o qual o simpático não está muito ativado, o que veremos mais a frente, podem ocorrer diferentes padrões de recuperação.

Conforme determinação da Task Force (1996) o SNA foi observado através do domínio da frequência adotando-se suas respectivas bandas e análise do GWS, onde obtivemos valores para áreas dos componentes simpático e parassimpático e para a razão nos protocolos de repouso, na instrução de tiro e recuperação apresentados na tabela 5.

Ao observarmos a tabela 6 e figura 20 para a área de alta frequência (HF), notamos que, esta banda não apresenta diferenças significativas nas três fases do protocolo. Quando voltamos a observar a frequência cardíaca de repouso da tabela 4, apesar de apresentar diferença significativa para as fases de instrução de tiro e recuperação, na fase da instrução de tiro a frequência média não se apresenta tão alta, o que pode nos mostrar que o grupo de alunos militares não se abalou psicologicamente, conforme estudos de Lipp e Frare (2005) relatam que a frequência cardíaca não é afetada por características psicológicas e sim pelo nível de estresse, e que este sim, poderia justificar a pequena reatividade da frequência cardíaca, o que pode refletir na pouca retirada vagal.

Outro parâmetro a serem observados para a pequena retirada vagal do repouso para a instrução de tiro os benefícios dos exercícios moderados de endurance, exercícios estes base da preparação física dos alunos voluntários, na atividade do sistema parassimpático com

redução do tônus simpático, (MIDDLETON, 2005), a faixa etária e o sexo dos voluntários (KAWAGUCHI, 2007), e também a posição da instrução em decúbito dorsal, posição que é semelhante a estudos realizados por Foreste et al (1997), Martinmäki e Rusko (2006) em posição supina onde descrevem predominância vagal para posição supina em indivíduos jovens e saudáveis.

Para a área de baixa frequência (LF) a tabela 5 com a figura 19 apresenta o comportamento nas três fases da instrução de tiro, onde podemos observar uma ativação simpática significativa na instrução de tiro em relação ao repouso, em resposta a elevação da frequência cardíaca, ilustrada na figura 18, (ALONSO et al, 1998; BUCHEIT et al, 2004) e alguns fatores que encontramos na literatura como estudos de Hansen et al (2003) que relata a análise da influência memória e atenção no tônus vagal de 53 marinheiros da real marinha norueguesa, selecionados pelo seu desenvolvimento físico e mental, a tarefas cognitivas de atenção sustentada, onde o tônus vagal mostrou-se sensível, atenção está bem relacionada a técnica do tiro.

Leicht et al, (2008) em seu estudo com 17 voluntários do sexo masculino em exercícios isométricos estáticos para os membros superiores, no domínio da frequência, relata o aumento da resistência periférica com o maior uso das fibras rápidas, aumento de estimulação simpática, relata também que os voluntários que não tinham familiaridade com exercício ocorria um aumento maior do simpático corroborando com Thomas et al, (1995).

Já Lampert et al, (2003) estudou populações que viveram catástrofes, relatou aumento da estimulação simpática, principalmente quando expostas a um ambiente hostil. Fatores estes, que reproduzem as situações de uma instrução de tiro real, longo prazo de estabilidade psicológica e atenção (ZHUANG et al 2008), exercício isométrico estático com exposição a ambientes hostis. Porém, a frequência cardíaca na fase da instrução de tiro não chegou a 60% da máxima para a idade do grupo, por fatores como a posição da instrução, em decúbito ventral, estudos da VFC na posição supina mostram uma atividade vagal predominante (BRUCHHEIT et al, 2004; MARTINMÄKI et al, 2006).

O controle respiratório umas das variáveis da instrução de tiro, com reflexos na frequência cardíaca (NOVAIS et al ,2004) e o condicionamento físico endurance moderado dos nossos avaliados.

O que nos chama a atenção é o significativo aumento da área de baixa frequência (LF) na fase de recuperação, ilustrados na figura 19, e observado de maneira mais acentuada na tabela 6, quando comparadas as fases de repouso e recuperação, onde autores como Mittleman et al, (1993), Albert et al, (2000), citados por Niewiadomski et al, (2007) descrevem que

riscos cardíacos, incluído morte súbita não aumenta só durante o exercício, mas também durante os períodos de recuperação. Em estudos de Goldberger, (1999), Javorta et al, (2002) e Mourot et al, (2004) relatam após exercícios moderados a alta intensidade, com a baixa frequência (LF) reduzidas no início da recuperação, mas de maneira insignificante.

Uma prolongada perturbação da atividade autonômica, semelhante à instrução de tiro, pode atrasar a retirada simpática na recuperação (NIEWIADOMSKI, 2007).

Os estudos de Martinmäki e Rusko, et al, (2006) em oito atletas de endurance, que praticavam também judô e tiro colocado, em repouso e na posição supina, onde ativação vagal após 10 minutos de repouso atingiu seu valor pré exercício embora, os efeitos vagais sobre o coração não tinham se recuperado totalmente. A frequência respiratória na recuperação passou a ser espontânea, mas não houve aumentos significativos com relação ao repouso, já colocados anteriormente.

Na observação da razão LF/HF, que representa o equilíbrio simpatovagal (TASK FORCE, 1996), apresentados na tabela 7 e no gráfico da figura 21, para a fase de repouso um equilíbrio próximo a resultados encontrados por Zhuang et al, (2008), para atiradores profissionais $1,33 \pm 0,58$, mostrando um bom equilíbrio para o nosso grupo de estudo, em vista de não serem praticantes.

Na fase da instrução de tiro a um forte desequilíbrio com predomínio simpático para a instrução de tiro, o que já era esperado pelos fatores já descritos anteriormente como estresse mental e físico e a familiaridade com o exercício. Na comparação com os atiradores profissionais (ZHUANG et al, 2008) no momento da pratica, onde o valor da razão 5.73 ± 4.59 para 3.06 ± 1.86 do nosso grupo de avaliados, esse desequilíbrio permanece alto com predomínio simpático na recuperação o que fortalece os dados apresentados na tabela 6 para a área de baixa frequência nas três fases do protocolo, e aparece com valores significativos desse desequilíbrio na recuperação, área simpática ainda ativada.

Podemos constatar que o acompanhamento de parâmetros fisiológicos numa instrução de tiro é de essencial importância para o sucesso do treinamento dos alunos militares, estudo este que mostra como o organismo responde principalmente a frequência cardíaca, sob controle autonômico.

7 CONCLUSÃO

A análise do SNA com utilização da VFC, através da Transformada Wavelet Continua, possibilitou a observação fisiológica do comportamento da frequência cardíaca numa instrução de tiro, onde as condições de ambiente diferem dos laboratórios, dando mais realismo ao estudo.

Os resultados nas três fases do protocolo apresentam para o repouso e instrução de tiro dados já esperados com predomínio parassimpático e simpático respectivamente, na fase de recuperação houve uma ativação maior e não esperada do ramo simpático, onde poucos estudos realizados de análise do SNA através da VFC em recuperação após atividades diferentes dificultaram chegar a conclusões que possam definir este fenômeno fisiológico.

A utilização do tiro para o militar é de fundamental importância na sua formação e operações de combate, o uso da VFC como ferramenta de análise do SNA mostrou-se eficaz na observação do domínio das diversas variáveis que ocorrem numa instrução de tiro.

Sugestões para trabalhos futuros

- Realizar análise do SNA por meio da VFC em militares do sexo feminino durante a instrução de tiro ;
- Comparar a VFC dos atiradores com o percentual de acertos no alvo durante a instrução de tiro.

REFERÊNCIAS

- AUBERT, A.E.; SEPS B.; BECKERS, F. Heart rate Variability in athletes. **Sports Med**, v.33, n.12, p. 889-919, 2003.
- ALONSO, D. O.; FORJAZ, C. L. M.; REZENDE, L. O.; BRAGA, A. M. F. W.; BARRETO, A. C. P.; NEGRÃO, C. E.; RONDON, M. U. P. B. Comportamento da frequência cardíaca e da sua variabilidade durante fases do exercício progressivo máximo. **Arq Bras Cardiol**; v.71, p. 787-792, 1998.
- BOLZAN, M. J. A. Analise da transformada em ondasletas aplicada em sinal geofísico. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 26, p 37-41.
- BRUCHHEIT, M.; SIMON, C. Effects of increased training load on vagal – related indexes of heart rate variability: a novel sleep approach. **AJP- Heart and Circulatory Physiology**, v.287, p. 97-121, 2004.
- CAMPELO, M; COUTINHO, J; FERNANDES, P; MACIEL, M. J.; GONÇALVES, F. R.; GOMES, M. C. Variabilidade da frequência cardíaca: uma perspectiva. **Revista Portuguesa de cardiologia**. v.11, p. 723-32, 1992.
- CARVALHO, J. L. A.; ROCHA, A. F.; NASCIMENTO, F. A.- Desenvolvimento de um sistema para análise da variabilidade da frequência cardíaca. In: **CBEB**, 2002. São José do Campos. **Anais...** São José dos Campos: UNIVAP, 2002, p. 345-348. v. 5.
- COSTA, V. S.; OLIVEIRA, D. N.; JUNIOR, J. B. L.; SCHIMITT, N.; ALMEIDA, J. C.; TIBERIO, F. F.; IVAN, W. M. T. B. **Efeitos agudos da corrida de curta distância na execução do tiro**. Rio de Janeiro: Escola de Educação Física do Exército . 2006.
- CUSATIS, N. R.; LIMA, J. M. Nível de estresse na polícia militar. **Fisioterapia Brasil**. v.4, p. 108-106, 2003.
- EYZAGUIRRE, C.; FIDONE, S. J. **Fisiologia del sistema nervoso**. Ed. Médica Panamericana, 1977.
- FAGUNDES, Alessandra de Almeida, **Análise do efeito da acupuntura auricular sobre o controle autonômico através da variabilidade da frequência cardíaca**. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) - Universidade do Vale do Paraíba, 2007.
- FERREIRA, A. T. R.- **Efeito da liberação miofacial na modulação autonômica do coração em sujeitos saudáveis**. 2004. (Dissertação em Engenharia Biomédica) – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento. Universidade do Vale do Paraíba, São José dos Campos, 2004.
- FORLAN, R.; GUZZETT, S.; HVELLINO, W.- Continuous 24 hour assesment of neural regulation of systemic arterial pressure and rr variabilities in ambulatory subjects, **Circulation**, v.81, n.2, p. 537-547, 1990.

FOLKOW, B.; BASSET, J. S.- Physiology of behavior and blood pressure regulation in animals. **Elsevier Science**, v. 9, p. 1-18, 1987.

FOX; BOWERS; FOSS.- **Bases fisiológicas da educação física e dos desportos**, 4ª edição Editora Guanabara S. A., 1989, p. 176-191.

FOREST, J.; BO, H.; HENDERSON, J. D.- Variability of rr, p wave-to-r wave, and r-wave-to-wave intervals. **AJP. Heart and Circulatory Physiology**, v 273, p, 1997.

GAMELIM, F. X.; BERTHOIN, S.; BOSQUET, L. Validity of the polar s810 heart rate monitor to measure rr intervals at rest.- **Med Sci Sport Exerc.** v.38, n.5, p.887-893,2006.

MANSO, M.; MARTIN-GONZALES, J. M.; SARMIENTO, S.; CALDERON, J.; MEDINA, G.; MEDINA, G.; BENITO, P.- Analise de resposta HRV em uma prova de esforço incremental. **Fit. Perf. J.**, v.6, p.181-187.

GOLDBERG, J. J. - Sympathovagal balance: how should we measure it? **Am. j. physiol, Heart circ. physiol.**, v. 276, p. 1273-1280, 1999.

GUYTON, A. C.; HALL, J. E. **Tratado de Fisiologia do Exercício**. 3.ed. Editora Guanabara, Rio de Janeiro, 2002.

GODOY, M. F.; CORREA, P. R.; TAKAKURA, I. T.- Relevância da análise do comportamento dinâmico não linear (teoria do caos) como elemento prognóstico de morbidade e mortalidade em pacientes submetidos à cirurgia de revascularização miocárdica.- **Aquivos de Ciência e Saúde**, v. 12, p. 71-167, 2005.

HAMER, M; STEPTOE, A.- Association between physical fitness, parasympathetic control and proinflammatory response to mental stress. **Psychosom. Med.**, v. 69, p.660-666, 2007.

HWAAN, K. C.; AGGARRWAL, R.- Wavelet transform in powers system: part 1 general introduction to the wavelet transform. **IEE- Power Engineering Journal**, v. 14, p. 81-87, 2000.

JACKSON, A. S.; POLLOCK, M. L. - Practical Assessment of Body Composition, **The Physician and Sportsmedicine**, v. 13, n.5, p. 85, 1985.

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**, v. 35, p. 991-1000, 2002.

JOHNSON, L. R.- **Fundamentos de Fisiologia Médica**. 2.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000, p. 725.

JUNQUEIRA, L. F. Jr.- **Disfunção Autonômica Cardíaca In: Porto cc. Doença do Coração-Tratamento e Reabilitação**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1998, p. 306.

KANDEL, E. R.; SHWARTS, J. H.; JESSELL, T. M- **Fundamentos da Neurociencia e do Comportamento**. 4.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000, p. 591.

KAIKKONEN, P.; RUSKO, H; MARTINMÄKI, K. - Post-exercise heart rate variability of endurance athletes after different high-intensity exercises. **Scand J Med Sci Sports**, v. 290, p. 2582-2589, 2007.

KARLSSON, B. J. S.; GERDLE, B.; AKAY, M.- Analyzing surface myoelectric signals recording during isokinetic contraction using wavelets. **IEE. Eng. Med. Biol. Mag.**, v. 20, p. 97-105, 2001.

KAWGUCHI, L. Y.; NASCIMENTO, A. C. P.; LIMA, M. S.; FRIGO, L.; JUNIOR, A. R. P.; TIERRA-CRIOULLO, C. J.; LOPES-MARTINS, R. A. B.- Caracterização da variabilidade da frequência cardíaca e sensibilidade do barorreflexo em indivíduos sedentários e atletas do sexo masculino. **Revista Brasileira de Medicina e Esportes**, v. 13, 2007.

LAMPERT, R. Destabilizing effects of mental stress on ventricular arrhythmias in patients with implantable cardioverter-desfibrillators. **Clinical Investigation and Reports**, 2003.

LONGO, A.; FERREIRA, D.; CORREIA, J. C. Variabilidade da frequência cardíaca. **Rev Port Cardiol**; v.14, p. 241-262, 1995.

LIPP, M. E. N.; FRARE, A.; SANTOS, F. U.- Efeitos de variáveis psicológicas na reatividade cardiovascular em monomentos de stress emocional. **Estudos de Psicologia**, v. 242, p. 161-167, 2007.

LEICHT, A. S.; SINCLAIR, W. H.; SPRINKS, W. L. Effects of exercise mode on heart rate variability during steady state exercise. **Europ. J. Appl. Physiol.**, v.102, p.195-204, 2008

MARTINMÄKI, K; RUSKO, H.; KOOISTRA, L.; KETTUNEN, J.; SAALASTI, S. Intra-individual validation of heart rate variability indexes to measure vagal effects on hearts. **Am J Physiol**, v. 290, p. 640-647, 2006.

MACHADO, B.; De PAULA, P. M.; CALLERA, J. C.- Fisiopatologia em Medicina Cardiovascular. Editora Revinter LTDA, 2001, p. 30-31.

MATSUGA, T.; YASUDA, K.; ADACH, T.; MORITANI, G.; TSUJIMOTO, G.; TSUDA, K.; AOKI, N.- Genetic variation in the rennin-angiotensin system and autonomic nervous system function in young healthy Japanese subjects. **The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism**, v. 91, p. 4676-4681, 2006

MIDDLETON, N.; DE VITO, G. Cardiovascular autonomic control in endurance-trained and sedentary young women. **Clin. Physiol. Funct. Imaging**, v.25, p.83-89, 2005.

MORAES, F. A; GUERRA, M. Armamento e tiro, módulo único. **Apostila do curso de formação de sargentos** . Guaratinguetá,SP:EEAR, 2007.

MCA5, Comando da aeronáutica, 2005.[Documento reservado].

MOUROT, L. Short-and-long-term effects of single bout of exercise on heart rate variability comparison between constant and interval training exercise. **Europe J. Appl. Physiol.**, v.92 p. 508-517, 2004.

NADINE, S. **Heart rate variability in relation to the menstrual cycle in trained and untrained women** (Dissertação) Institute of Sports Science of the Humboldt University of Berlin, 2004.

NAKAMURA, F. Y. et al. Alteração do limiar de variabilidade da frequência cardíaca após treinamento aeróbio de curto prazo. **Motriz**, Rio Claro, v11, n.1, p.1-9. Jan./abr. 2005

NEVES, P. N. M.; SAKABE, D. I.; CATAI, A. M.; GALLO, L. Jr.; SILVA, M. F. de S.; MARTATINS, L. E. B.; SILVA, E. Análise dos índices espectrais da variabilidade da frequência cardíaca em homens de meia idade e mulheres na pós-menopausa. **Revista Brasileira de Fisioterapia**, v. 10, p. 401-406, 2006.

NIEWIADOMSKI, W.; GASIOROWSKA, A.; KRAUSS, B.; MRŃZ, A.; CYBULSKI, G. Suppression of heart rate variability after supramaximal exertion. **Clinical Physiology and Imaging**, v. 27, p. 302-319, 2007.

NISHIKINO, M.; MATSUNAGA, T.; YASUDA, K.; ADACHI, T.; MORITANI, T.; TSUJIMOTO, G.; TSUDA, K.; AOKI, N.-Genetic variation in the renin-angiotensin system and autonomic nervous system function in young healthy Japanese subjects. **The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism**, v. 91, n.11, p. 4676-4681, 2006.

NUNAN, D.; JAKOVLJEVIC, D. G.; DONAVAN, G.; HODGES, L. D.; SANDERCOCK, A. B. Levels of agreement for RR intervals and short-term heart rate variability obtained from the polar S810 and an alternative. **European Journal of Applied Physiology**, v. 103, n. 5, 2008.

OLSHANSKY, B.- Interrelationships between the autonomic nervous system and atrial fibrillation. **Progress in Cardiovascular Diseases**, v. 48, p. 57-78, 2005.

PASCHOAL, M. A.; VOLANT, V. M.; PIRES, C. S.; FERNANDES, F. C. Variabilidade da frequência cardíaca em diferentes faixas etárias em diferentes faixas etárias. **Revista Brasileira de Fisioterapia**, v. 10, p. 413-419, 2006.

POWERS, S. K.; HOWLEY, E.T. **Fisiologia do Exercício**, 3ª edição Editora Manole, 2002, p. 153-161.

PRINCE, T.; ACCARDO, A.; PETEREC, D. Linear and non-linear parameters of heart rate variability during static and dynamic exercise in high-performance dinghy sailor. **Biomed. Sci. Instrum.**, v.40, p. 311-316, 2004.

PUMPRLA, J.; HOWORKA, K.; GROVES, D.; CHESTER, M.; NOLAN, J. Functional assessment of heart rate variability: physiological basis and practical applications. **Int J Cardiol.**; v. 84, p. 1-14, 2002

PORTELLA, R. B. **Disfunção na regulação autonômica vagal cardíaca em pacientes com hipertireoidismo subclínico sem cardiopatia aparente.** 2006. (Dissertação) Faculdade de Medicina da Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2006.

RIBEIRO, M.; BRUM, J. M.; FERRARIO, C. M.- Análise espectral da frequência cardíaca. Conceitos básicos e aplicação clínica. **Arquivos Brasileiro de Cardiologia**, v. 59 n.3, 1992.

RIBEIRO, J. P. Limiares metabólicos e ventilatórios durante o exercício. Aspectos fisiológicos e metodológicos. **Arq Bras Cardiol**; v. 64, p. 171-181, 1995.

RIBEIRO, J. P.; FILHO, R. S. M. Variabilidade da frequência cardíaca, como instrumento de investigação do sistema nervoso autônomo. **Revista Brasileira de Hipertensão**, v. 12, p. 14-20, 2005.

SABBATINE, C. Neurônios e sinapses: a história de sua descoberta. **Cérebro & Mente**, Revista eletrônica de divulgação científica em neurociência, 2003. Disponível em : http://www.cerebromente.org.br/n17/history/neurons1_p.htm

SANTOSO, S.; POWERS, E. J.; GRADY, W. M.; HOFMANN, P. Powers quality assessment via wavelet transform analysis. **IEE Transactions on Power Delivery**, v. 11, p. 924-930, 2004.

SERRATRICE, G; BILLE, F; SERRATRICE, J. **Systeme Nervous Autonome.** Editions Techniques Encyclopedic Medico-chirurgicale, 1997.

SIEBERT, J.; DRABIK, P.; LANGO, L.; SZYDLER, K. Variability and heart rate power spectrum in relation to posture changes in healthy subjects. **Med. Sci. Minit.**, v. 10, p.7-31, 2004.

SILVA, A.; EYNG, J.- Wavelets e wavelets packets. Seminario de visão Computacional-CPGCC, 2000. Disponível em <http://www.inf.ufsc.br/~visao> 2000/wavelets#2. Acesso em: 15 de out. 2008.

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. **Eur Heart J.**, v. 17, n.3, p.354-81, 1996.

TORTORA, G. J.; GRABOWSKI, S. R.- **Princípios de Anatomia e Fisiologia.** Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2002.

TORRENCE, C.; COMPO, G. P.- A practical guide to wavelet analysis. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v. 79, p. 641-678, 1998.

THOMAS, T.R.- Physiological and perceived exertion to six mode of submaximal exercise. **Res. Q. Exercise Sport**, v. 66 p.239-246, 1995.

ZHUANG, J. J.; HUANG, X. L.; NING, M.; SUN, B. Spectral analysis of heart rate variability applied in the exercise of professional shooting athletes. In: ASIAN- PACIFIC CONFERENCE ON MEDICAL AND BIOLOGICAL ENGINEERING, 7., 22-25, april, **Anais...**Beijing, China, 2008.

ANEXO A: TCLE**Termo de Consentimento Livre e Esclarecido – TCLE**

Consentimento formal de participação no estudo intitulado:- “Análise da Variabilidade da Frequência Cardíaca e Sistema Nervoso Autônomo em alunos militares na instrução de tiro usando fuzil HK33.”

Eu, _____, portador do RG _____, voluntariamente aceito participar do estudo científico nos termos do projeto proposto pelo acadêmico Curso de Mestrado em Engenharia Biomédica da Universidade do Vale do Paraíba, São José dos Campos-SP, José de Ribamar B. dos Santos, orientado pelo Prof. Dr. Wellington Ribeiro.

A pesquisa tem por finalidade analisar a variabilidade da frequência cardíaca, através de método não invasivo. Não haverá nenhum risco para a integridade física, mental ou moral do participante, seguindo os procedimentos de segurança da MAC50-1 item7 (2005) e os dados individualizados serão confidenciais. Os resultados coletados serão divulgados nos meios científicos.

As informações assim obtidas poderão ser usadas para fins estatísticos e/ou científicos sempre resguardando a privacidade de cada indivíduo. Acredito ter sido suficientemente esclarecido a respeito das informações que li ou foram lidas para mim, ficando claros os propósitos deste estudo, os procedimentos a serem realizados e as garantias de confidencialidade e esclarecimento permanentes. Além disso, ficou claro que minha participação é isenta de quaisquer despesas.

Assim aceito participar voluntariamente deste estudo e poderei retirar o meu consentimento a qualquer momento, antes ou durante o mesmo, sem penalidades ou prejuízos. Declaro que obtive de forma apropriada, livre e voluntária as informações e, assino o presente termo de consentimento livre e esclarecido para a participação neste estudo

Guaratinguetá, _____ de Junho de 2008.

Assinatura do Participante

Pesquisador

José de Ribamar B. dos Santos

Orientador

Prof. Dr. Wellington Ribeiro

São José dos Campos, 2008

ANEXO B: APROVAÇÃO DO COMITE DE ÉTICA EM PESQUISA**COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA
UNIVERSIDADE DO VALE DO PARAÍBA
UNIVAP****CERTIFICADO**

Certificamos que o Protocolo n.º H372/CEP/2007, sobre *“Análise da variabilidade da frequência cardíaca e sistema nervoso autônomo em alunos militares na instrução de tiro de fuzil HK33”*, sob a responsabilidade da Prof. Dr. *Wellington Ribeiro* está de acordo com os Princípios Éticos, seguindo as Diretrizes e Normas Regulamentadoras de Pesquisa Envolvendo Seres Humanos, conforme Resolução n.º 196/96 do Conselho Nacional de Saúde e foi **aprovado** por esta Comissão de Ética em Pesquisa.

Informamos que o pesquisador responsável por este Protocolo de Pesquisa deverá apresentar a este Comitê de Ética um relatório das atividades desenvolvidas no período de 12 meses a contar da data de sua aprovação.

São José dos Campos, 14 de Maio de 2008.



PROFA. DRA. STELLA REGINA ZAMUNER

Presidente do Comitê de Ética em Pesquisa

Universidade do Vale do Paraíba – Univap