

Universidade do Vale do Paraíba
Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento

KARINA ELENA WHITAKER

VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA EM JOGADORES DE FUTSAL
SUBMETIDOS A UM TESTE DE POTÊNCIA ANAERÓBICA-WINGATE

São José dos Campos, SP

2006

KARINA ELENA WHITAKER

**VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA EM JOGADORES DE FUTSAL
SUBMETIDOS A UM TESTE DE POTÊNCIA ANAERÓBICA-WINGATE**

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

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Aléxis Lazo Osorio.

São José dos Campos, SP

2006

W582v

Whitaker, Karina Elena

Variabilidade da Frequência Cardíaca em Jogadores de Futsal Submetidos a um Teste de Potência-Anaeróbia-Wingate / Karina Elena Whitaker. Santa José dos Campos: UniVap, 2006.

76f.: il.; 30cm.p.

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Bioengenharia do Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento da Universidade do Vale do Paraíba.2006.

1. Variabilidade da Frequência Cardíaca 2. Domínio do Tempo 3. Sistema Nervoso Autônomo 4. jogadores de futsal I. Osorio, Rodrigo Aléxis Lazo.Orient. II Título

CDU: 612.171

Autorizo, exclusivamente pra fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial dessa dissertação, por processo fotocopiador ou transmissão eletrônica.



Karina Elena Whitaker

Data: 22/03/06

**“VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA EM JOGADORES DE FUTSAL
SUBMETIDOS A UM TESTE DE POTÊNCIA ANAERÓBICA – WINGATE”**

Karina Elena Whitaker

Banca Examinadora:

Prof. Dr. **ALDERICO RODRIGUES DE PAULA JR.** (UNIVAP)

Prof. Dr. **RODRIGO ALEXIS LAZO OSÓRIO** (UNIVAP)

Prof. Dr. **ARIOVALDO ANTONIO MARTINS** (UNESP)

Prof. Dr. Marcos Tadeu Tavares Pacheco
Diretor do IP&D - UniVap

DEDICATÓRIA

Aos meus pais Afonso e Marisa que sempre acreditam em mim, me apoiando em cada dificuldade, para que este trabalho e esta etapa da vida fossem superadas com sucesso.

Ao meu namorado Tiago. Amor te adoro!

Às minhas irmãs Luciana e Adriana e aos meus cunhados Emerson e Danilo pela força e apoio moral.

Ao meu sobrinho Luquinhas que esperamos muito e veio melhor que a encomenda.

Aos meus avós Arlindo e Lia que acompanham a minha caminhada à muito tempo.

AGRADECIMENTOS

À Deus em primeiro lugar, por ter me abençoado durante todos esses dias, dando-me força para continuar a seguir em frente e nunca desistir dos meus objetivos.

Agradeço ao reitor da Universidade do Vale do Paraíba (Univap), Prof. Dr. Baptista Gargione Filho, ao Diretor do IPeD, Prof. Dr. Marcos Tadeu Tavares Pacheco.

Ao meu orientador Prof. Dr. Rodrigo Aléxis Lazo Osorio, meus sinceros agradecimentos pela confiança e apoio na realização deste trabalho.

Ao Walter Andrés pela ajuda na análise dos dados.

Agradeço ao meu pai e a minha mãe por ficar ao meu lado, me apoiando sem medir esforços.

Ao Tiago pela dedicação, carinho e muita paciência. Seu apoio foi essencial, você é especial pra mim!

Aos meus amigos Leiry e Henry, que foram também meus companheiros de mestrado e aos companheiros de mestrado que se tornaram meus amigos (José Martins, Ovídio, Nilton, Kioshy, Maria Cristina, Karla, Pablo, Maurício, e Poliana). Nesses dois anos vocês fazem parte das boas lembranças Boa sorte pra vocês!

RESUMO

A presente pesquisa tem como objetivo estudar a variabilidade da frequência cardíaca em jogadores de futsal submetidos a um teste de potência anaeróbica (Wingate). Participaram voluntariamente 9 jogadores semi-profissionais de um time de futsal, do sexo masculino e com faixa etária de $19,44 \pm 1,81$ anos de idade. Após minuciosa informação dada sobre a pesquisa e seus respectivos objetivos os participantes assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido e, na seqüência realizou-se a avaliação antropométrica (peso e altura) dos participantes. Para realizar o teste de potência anaeróbica utilizou-se a bicicleta ergométrica do Laboratório de Reabilitação Cardiovascular da Universidade do Vale do Paraíba (UNIVAP) de São José dos Campos-SP. Previamente ao teste, cada participante permaneceu 180 segundos em repouso, seguido de 60 segundos de atividade física (30 s submáxima e 30 segundos de máxima) com posterior recuperação ativa e passiva (120 e 180 segundos, respectivamente). Durante a realização do teste a frequência cardíaca foi monitorada para fins de estudo da sua variabilidade. Na análise dos resultados foi constatado que as potências máxima e média (absoluta e relativa) apresentam um decréscimo gradativo a partir do início da realização do exercício submáximo em todos os voluntários, sendo que no período de 0-5 segundos o valor médio da potência máxima correspondeu a $721,78 \pm 80,84$ W atingindo no final de 30 segundos um valor médio de $438,67 \pm 5,57$ W, especialmente no período de 10 a 25 segundos. Já em relação à variabilidade da frequência utilizando o parâmetro MNN observou-se dois comportamentos distintos: no repouso, houve uma grande variabilidade notado pelos maiores valores de MNN e, durante as demais fases do protocolo adotado para VFC, a variabilidade sofreu uma diminuição estatisticamente significativa ($p = 0,008$). Utilizando o parâmetro SDNN para a estratificação do risco cardíaco nos jogadores de futsal, foi determinado que durante o repouso 5 voluntários apresentaram médio risco (SDNN entre 50 e 100 ms), enquanto os demais (4) o risco foi baixo (SDNN > 100 ms). No entanto, durante as demais fases do protocolo adotado para VFC todos os voluntários apresentaram alto risco cardíaco, uma vez que se encontravam sob a influência do sistema nervoso simpático. No que diz respeito aos valores obtidos a partir da análise dos parâmetros indicativos da atividade vagal (PNN50 e RMSSD) foi possível constatar que durante o repouso todos os voluntários apresentaram o predomínio da atividade vagal, pois os valores de PNN50 e RMSSD encontravam-se abaixo de 24% e acima de 30 ms, respectivamente. No entanto, durante as demais fases do protocolo adotado para VFC o comportamento destas variáveis foi inverso, na maioria dos voluntários, ou seja, os valores de PNN50 e RMSSD foram de: < 4% e < 30 ms, respectivamente. Assim sendo, o método de análise da função autonômica cardíaca pela variabilidade da frequência cardíaca mostrou-se confiável à proposta do estudo e, além disso, demonstrou que mesmo em atividade física dinâmica de alta intensidade, a função autonômica cardíaca tem importância na adequação de sua função à nova condição metabólica.

Palavras-Chave: variabilidade da frequência cardíaca; domínio do tempo; sistema nervoso autônomo; jogadores de futsal.

ABSTRACT

The present research intends to study the variability of cardiac frequency in male futsal players, ages $19,44 \pm 1,81$ years old, subjected to anaerobic power test (Wingate). After the thorough information given about the research and its respective objectives, the participants signed a free and explained term of permission and, next, it was performed the anthropometric evaluation (weight and height) of the participants. To accomplish the anaerobic power test, it was used the ergometric bicycle of the Cardiovascular Rehabilitation Lab of University of Vale do Paraíba (UNIVAP) in São José dos Campos-SP. Previously before the test, each participant stayed the protocol 180 seconds in rest, followed by 60 seconds of physical activity (30 s submaximal e 30 seconds maximal) with posterior active and passive recovery (120 and 180 seconds, respectively). During the test the cardiac frequency was monitored to study the variability of cardiac frequency. In the analysis, it was noticed that the medium and maximum power (absolute e relative) shows a gradative decrease from the beginning of the submaximal exercise in all players, and in the period of 0-5 seconds the medium value of maximal power corresponded to $721,78 \pm 80,84$ W hitting at the end of the 30 segundos a medium value of $438,67 \pm 5,57$ W, especially in the period of 10 to 25 seconds. Regarding the variability of frequency using the MNN parameter it was noticed two different behaviors: in rest, there was great variability noticed by the greater values of MNN and, during the other phases of the Wingate test protocol, the variability suffered a statistically meaningful decrease ($p = 0,008$). Utilizing the SDNN parameter to the stratification of cardiac risk in the futsal players, it was determined that while in rest 5 players showed medium risk (SDNN between 50 and 100 ms), while to the others (4) the risk was low (SDNN > 100 ms). However, during the other phases of the Wingate test protocol all the players showed high cardiac risk, once they were under the influence of the sympathetic nervous system. Regarding the values obtained from the analysis of the indicative parameters of vagal activity (PNN50 and RMSSD) it was possible to notice that during rest all the players showed the predominance of vagal activity, since the values of PNN50 and RMSSD were under 24% and over 30 ms, respectively. However, during the other phases of the Wingate test protocol the behavior of these variables was inverse in most of the players, that is, the values of PNN50 and RMSSD were: $< 4\%$ and < 30 ms, respectively. Thus, the method of analyzing the autonomic function through cardiac variability showed trustworthy to the study proposal and, besides, showed that even in high intensity dynamic physical activity, the autonomic cardiac function has an importance in the fitting of the cardiac function to the new metabolic condition.

Key Words: variability of cardiac frequency; time domain; autonomic nervous system; futsal players.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Inervação autonômica do coração (Powers; Howley, 2000).....	17
Figura 2 – Curvas de potencial de ação das diferentes estruturas cardíacas e a correspondente gênese do ECG.(SANCHES; MOFFA, 2001)	23
Figura 3 – Correlação entre a despolarização e a repolarização no coração e no ECG (SILVERTHORN, 2003).....	24
Figura 4 – Ilustração do traçado eletrocardiográfico com suas respectivas ondas, segmentos e intervalos. (SILVERTHORN, 2003).....	25
Figura 5 – Média dos intervalos RR (NN), MNN de cada voluntário durante as fases do protocolo da VFC.....	47
Figura 6 – Valores médios de NN (MNN) com seus respectivos desvios padrão dos intervalos NN na mesma escala no grupo de voluntário.....	48
Figura 7 – Comportamento dos valores de PNN50 de cada voluntário durante as fases do protocolo da VFC.....	52
Figura 8 – Valores médios de PNN50 com seus respectivos desvios padrão dos intervalos NN na mesma escala no grupo de voluntários.....	53
Figura 9 – Comportamento dos valores de RMSSD de cada voluntário durante as fases do protocolo da VFC.....	56
Figura 10 - Valores médios com seus respectivos desvios padrão do parâmetro RMSSD.....	57

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Parâmetro no DT (Task Force, 1996).....	31
Tabela 2 - Características antropométricas (peso e altura), idade, potências (máxima e média – absolutas e relativas) e índice de fadiga, com seus valores médios e respectivos desvios padrão	42
Tabela 3 - Comportamento da potência máxima atingida (W) durante o teste de Wingate dos voluntários e do grupo, nos diferentes intervalos do teste.....	43
Tabela 4 - Nível e significância dos intervalos do teste de Wingate.....	44
Tabela 5 - Valores de MNN e SDNN de cada voluntário e do grupo de voluntários e Desvios Padrão durante as fases do protocolo da VFC.....	46
Tabela 6 - Correlação de Pearson para cada fase do protocolo da VFC e apresentação dos valores do nível de significância no parâmetro MNN.....	49
Tabela 7 - Valores de PNN50 de cada voluntário durante as fases do protocolo da VFC.	51
Tabela 8 - Correlação de Pearson para cada fase do protocolo da VFC, no parâmetro PNN50.....	54
Tabela 9 - RMSSD de cada voluntário durante as fases do protocolo da VFC, bem como a média do grupo com seus respectivos desvios padrão.	55
Tabela 10 - Correlação de Pearson para cada fase do protocolo da VFC levando em consideração o parâmetro RMSSD.....	58

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

ACM – Associação Cristã de Moços

AR – Auto Regressivo

AV – Atrioventricular

bpm – batimento por minuto

Ca⁺⁺ - Ion cálcio

CEP – Comitê de Ética em pesquisa

DC – Débito Cardíaco

DF – Domínio da Frequência

DT – Domínio do tempo

ECG – Eletrocardiograma

FA – Frequência Alta

FB – Frequência Baixa

FC – Frequência Cardíaca

FCR – Frequência cardíaca de repouso

FIFA – Associação da Federação Internacional de Futebol

FIFUSA – Federação Internacional de Futebol de Salão

FUB – Frequência ultra baixa

FMB – Frequência muito baixa

FUTSAL – Futebol de Salão

HRV – Hert Rate Variability

HZ - Hertz

IAM – Infarto Agudo do Míocárdio

K⁺ - Íon Potássio

Kg - Kilogramas

Matlab – Ambiente para processamento de sinais e cálculos com matrizes

MBPM – Média da frequência cardíaca expressa em batimentos por minuto

MNN – Média dos intervalos NN

Ms - milissegundos

Mv - Milivoltagem

Na⁺ - Íon Sódio

NN – Intervalo entre duas ondas R do eletrocardiograma, sinal normal

PAS – Pressão arterial sistólica

PNN50 – Porcentagem de intervalos NN subsequentes com diferença de duração superior a 50 milissegundos

RMSSD – Raiz quadrada da média das diferenças entre intervalos NN subsequentes em milissegundos

RR – Intervalo entre ondas R do eletrocardiograma

RVR – Resistência Vascular Periférica

SA – Sino atrial

SDNN – Desvio padrão dos intervalos nn em milissegundos

SNA – Sistema Nervoso Autônomo

SNP – Sistema nervoso parassimpático

SNS – Sistema nervoso simpático

VFC – Variabilidade da Frequência Cardíaca

VCO₂ – Produção de dióxido de carbono

VO₂ – Consumo de oxigênio

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
1.1 Objetivos.....	13
1.2 Justificativa.....	13
2. REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1 Futebol de Salão ou Futsal	15
2.2 A Inervação do Coração	16
2.3 Sistema Cardiovascular e o Treinamento com Exercício Físico	19
2.4 Eletrocardiograma	21
2.5 Variabilidade da Frequência Cardíaca (VFC)	26
2.5.1 Variabilidade da Frequência Cardíaca e Exercício Físico.....	28
2.6 Métodos de Análise da Variabilidade da Frequência Cardíaca.....	30
2.7 Teste de Wingate	33
3. MATERIAL E MÉTODOS	35
3.1 Casuística.....	35
3.2 Materiais	35
3.3 Métodos	36
3. 4. Análise estatística	39
4. RESULTADOS	41
4.1. Características dos voluntários e resultados do teste de Wingate	41
4.2. Análise dos resultados dos voluntários nos parâmetros do domínio do tempo	44
5. DISCUSSÃO	59
6. CONCLUSÃO	66
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	67
ANEXOS	72
ANEXO A - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido – TCLE.....	73
ANEXO B – Comitê de Ética em Pesquisa da UNIVAP	74

1. INTRODUÇÃO

O sistema nervoso autônomo (SNA) produz uma variação no ritmo cardíaco batimento a batimento, cuja valorização, como parâmetro fisiológico, tem sido reconhecida somente na última década (GRUPI et al., 1994). Assim, utiliza-se a avaliação não-invasiva da atividade autonômica sobre o coração onde se verifica a variabilidade da frequência cardíaca (VFC), ou seja, das variações da frequência cardíaca (FC) instantânea ou dos intervalos entre as ondas R sucessivas do eletrocardiograma (DAVINI et al., 2004).

Os registros dos batimentos cardíacos seguidos de análise feitas com o emprego do método da VFC podem oferecer informações importantes sobre o comportamento autonômico cardíaco, permitindo estabelecer a magnitude dos ajustes feitos em diferentes condições funcionais metabólicas (PASCHOAL et al., 2003). Portanto, a VFC é uma das confiáveis e acessíveis fontes de informação sobre a integridade da modulação do SNA sobre o coração e tem sido investigada tanto em indivíduos saudáveis quanto no acompanhamento de atletas em diferentes fases de treinamento físico (PASCHOAL et al., 2003; NOVAIS et al., 2004).

Durante o exercício físico, ocorrem alterações complexas nos processos biológicos dos organismos vivos, originando grande número de ajustes fisiológicos dinâmicos que integram todos os sistemas. Esses ajustes dependem da eficácia dos sistemas cardiovascular, respiratório, sangüíneo e muscular (MARÃES et al., 2003). Desta forma, o exercício físico, em si, é um comportamento que provoca importantes modificações no funcionamento do sistema cardiovascular e em seus mecanismos de ajustes autonômicos. Assim, o estudo da VFC durante o exercício físico pode permitir uma análise adicional e não-invasiva do controle neural da FC durante esse comportamento (ALONSO, 1998).

1.1 Objetivos

- ✓ Avaliar a potência máxima e média (absoluta e relativa) dos jogadores de futsal e relacioná-la com o tempo de execução do teste de Wingate.
- ✓ Verificar a variabilidade da frequência cardíaca de acordo com os intervalos MNN nos voluntários durante as diferentes fases do protocolo adotado para VFC.
- ✓ Determinar o risco cardíaco entre os voluntários utilizando o parâmetro SDNN nas diferentes fases do protocolo adotado para VFC.
- ✓ Analisar o predomínio do sistema nervoso autônomo (simpático e parassimpático) nos voluntários durante as diferentes fases do protocolo adotado para VFC utilizando os parâmetros PNN50 e RMSSD.

1.2 Justificativa

A capacidade cardiorrespiratória é de fundamental importância para as atividades desportivas independentemente de ser de caráter recreativo ou de rendimento (SANTANA, 2001). Portanto, o exercício físico é generalizadamente apontado como um dos mais potentes agentes de estresse orgânico (REBELO et al., 1997) e a avaliação da capacidade física durante a realização do teste ergométrico convencional fornece informações extremamente úteis (KAWAMURA, 2001).

No entanto, como o futebol, o futsal também é uma modalidade desportiva caracterizada por esforços intermitentes, de extensão variada e de periodicidade aleatória. Além disso, o futsal atual exige esforços de grande intensidade e curta duração, diferenciando esta modalidade desportiva de outras de alto nível (LIMA; SILVA; SOUZA, 2001).

Sendo assim, a potência e a capacidade anaeróbias são variáveis importantes para o

desempenho esportivo desta modalidade, mas a avaliação dessas variáveis apresenta problemas de validação teórica. No entanto, o teste de Wingate tem sido amplamente utilizado como alternativa para avaliar a potência e a capacidade anaeróbias (FRANCHINI, 2002), pois o mesmo trata-se de um teste não-invasivo, de fácil aplicabilidade, com alta reprodutibilidade e por poder ser administrado em diversos segmentos populacionais incluindo crianças e pessoas debilitadas (OKANO, 2001). Além disso, ressalta-se ainda que as respostas fisiológicas são fatores que limitarão o desempenho do atleta frente às solicitações físicas da movimentação e execução dos fundamentos técnicos do futsal (SANTANA, 2001). Assim, as variações encontradas nos parâmetros hemodinâmicos batimento a batimento expressam a resposta fisiológica de uma série de comandos neurohumorais na tentativa de sustentar a função cardiovascular (PITZALIS, 1996; RIBEIRO; BRUM; FERRARIO, 1992).

Desta forma, este estudo justifica-se, fundamentalmente, pelo fato de se aplicar a uma modalidade muito popular e, no entanto, ainda carente de uma abordagem mais científica sobre diversos aspectos que o caracterizam e cujos resultados passarão a constituir mais uma referência na caracterização do complexo quadro de jogadores de Futsal.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Futebol de Salão ou Futsal

Existe uma grande controvérsia sobre a origem do futebol de salão ou futsal, onde Voser e Gíusti (2002) descreveram que o mesmo originou-se a partir da década de 30 e foi criado na Associação Cristã de Moços (ACM) de Montevidéu, Uruguai. Por outro lado, Apolo (2004) relatou que não se sabe se foram os brasileiros que, ao visitarem a ACM, levaram do Brasil o hábito de jogar futebol em quadras de basquete, ou se conheceram a novidade ali ao chegarem e, retornando, difundiram a prática em território nacional.

Atualmente o futsal é o esporte que possui o maior número de participantes no Brasil e, no mundo, são mais de 70 países que participam, destacando em quatro continentes os seguintes países: Rússia, Ucrânia, Paraguai, Espanha, Portugal, Itália e Austrália, entre outros (VOSER; GÍUSTI, 2002).

O futsal, um elegante e vigoroso esporte de quadra, desenvolve no seu praticante a rapidez de raciocínio para a tomada de decisões, habilidades para dribles em espaço disponível geralmente reduzido, além da forma física que é fundamental para o bom salonista (SANTANA, 2001). Além disso, este esporte apresenta como características principais, a velocidade nas jogadas, movimentação constante e consciente, bem como pelas exigências das capacidades físicas de seus participantes, ou atletas.

Destaca-se ainda que atualmente o futsal é a recreação e lazer desportivo da preferência de mais de 12 milhões de brasileiros, tendo assim, grande relevância não só na manifestação esporte – performance, como também em outras manifestações como: esporte – educação e esporte – participação (APOLO, 2004).

A posição dos esportistas no futsal são compostas de: goleiro (é responsável por defender e impedir que a bola ultrapasse a linha do gol), Fixo (principal função é a defensiva,

agindo como organizador, abrindo espaço para os companheiros e chegando como homem surpresa para arremate a gol), Ala Direita e Ala Esquerda (ambos são responsáveis pela construção das jogadas e tem a tarefa de marcar e atacar, atuam na maioria das vezes pelas laterais, com infiltrações para o meio da quadra) e Pivô (é responsável pela distribuição das jogadas e quando acionado, exerce as ações de finalização e de abrir espaços na área adversária para penetração dos seus companheiros, tendo como característica fundamental saber jogar de costas para o gol (VOSER; GIUSTI, 2002).

De acordo com Santana (2001) a capacidade cardiorrespiratória é de fundamental importância para as atividades desportivas independentemente do seu caráter (recreativo ou de rendimento). Metabolicamente o futsal pode ser caracterizado como uma modalidade de solicitação mista, mas com predominância anaeróbica láctica. Fato este que pode ser comprovado pela elevada concentração de ácido láctico na corrente sanguínea dos atletas, algo em torno de 4 a 6 mmol, após uma partida. Porém, muitos técnicos e preparadores físicos atribuem ao futsal um caráter predominante aeróbico pela primazia dada ao condicionamento aeróbico por muitos deles no período de preparação. Mas isto ocorre pelo desconhecimento da real razão do porque de se trabalhar a capacidade cardiorrespiratória, no período de pré-temporada no futsal. Existem diversos testes e protocolos para predição da capacidade cardiorrespiratória, utilizando meios variados para tal fim. Os mais comuns voltados para os esportes coletivos são de pista, bicicleta e esteira (SANTANA, 2001).

2.2 A Inervação do Coração

O SNA, através dos seus componentes simpático e parassimpático, desempenham um importante papel nos ajustes do sistema cardiovascular (DAVINI et al., 2004; POWERS; HOWLEY, 2000).

Embora o coração tenha um padrão de contração inata, também é innervado pelo SNA a fim de responder as alterações fisiológicas necessárias do corpo. Os nodos sinoatrial (SA) e atrioventricular (AV) possuem ambas as inervações simpática e parassimpática. A inervação simpática é feita através de fibras dos gânglios cervicais e torácicos superiores e a inervação parassimpática é feita através de ramos dos nervos vagos, como pode ser observado na figura 1. Ramos do vago direito innervam o nó SA, e ramos do vago esquerdo innervam o nó AV (GRAFF, 2003; GUYTON; HALL, 2002).

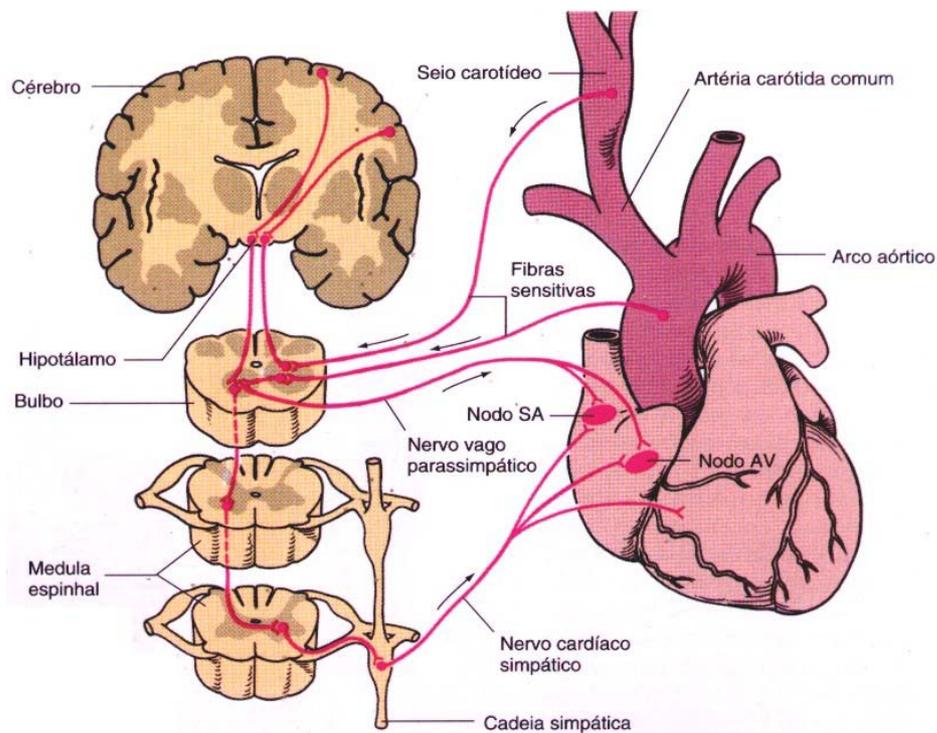


Figura 1 – Inervação autonômica do coração.

Fonte: Powers e Howley,(2000, p. 161.)

Um das características mais notáveis do SNA é a rapidez e a intensidade com que ele pode alterar as funções viscerais (GUYTON; HALL, 2002; FREITAS, 2000).

A estimulação simpática intensa pode aumentar a frequência cardíaca, nos adultos jovens, de 70 batimentos/minuto para 180 a 200 e até 250 batimentos/minuto. Além disso, a estimulação simpática também aumenta a força de contração cardíaca e, conseqüentemente o volume de sangue bombeado e a pressão de ejeção. Assim, a estimulação simpática, em geral, pode

umentar o débito cardíaco (DC) por duas a três vezes (GUYTON; HALL, 2002). Deste modo a estimulação simpática estimula as ações corporais que são necessárias durante uma situação emergencial ou estressante, considerando o exercício físico uma forma positiva de estresse (FOSS; KETEYIAN, 2000).

Em contrapartida, a estimulação parassimpática (vagal) intensa e contínua do coração pode interromper os batimentos cardíacos por alguns segundos, e posteriormente o coração retorna com uma frequência de 20 a 40 batimentos/minuto, cerca de 40% abaixo do normal. Além disso, a estimulação vagal pode diminuir a força de contração em 20% a 30% (GUYTON; HALL, 2002).

No entanto, o SNA influencia tônica e reflexamente as principais variáveis do sistema cardiovascular. A ativação e a desativação reflexas do simpático e parassimpático determinam ajustes de débito cardíaco e de resistência vascular periférica, contribuindo para a estabilização e a manutenção da pressão arterial (FRANCHINI, 2000).

A influência simpática se deve a estimulação dos nervos cardiovasculares simpáticos que libera as catecolaminas, como a adrenalina e norepinefrina (noroadrenalina) (McARDLE; KATCH; KATCH, 1998). O mecanismo exato, pelo qual esses neurotransmissores atuam nas terminações nervosas simpáticas das fibras musculares cardíacas ainda não está totalmente elucidado, mas acredita-se que a norepinefrina aumente a permeabilidade da fibra aos íons sódio (Na^+) e cálcio (Ca^{++}) (GUYTON; HALL, 2002).

Por outro lado, a influência parassimpática ou vagal na FC é medida pela liberação de acetilcolina pelo nervo vago. Receptores muscarínicos de acetilcolina respondem a essas liberações, principalmente por um aumento na permeabilidade da célula aos íons de potássio (K^+) (McARDLE; KATCH; KATCH, 1998; TASK FORCE, 1996). Isso provoca aumento negativo no interior das fibras, efeito de hiperpolarização, o qual faz com que o tecido excitável fique menos excitável. Este estado de hiperpolarização diminui o potencial de

repouso da membrana no nodo SA para um valor mais negativo (-65 a -75mV) que o normal (-55 a -60 mV). Portanto, a elevação do potencial de membrana do nodo SA provocado pelo influxo de Na^+ necessita mais tempo para alcançar o potencial limiar para excitação. Isso diminui a frequência da ritmicidade das fibras nodais. Se a estimulação vagal é muito intensa, é possível parar a auto-excitação rítmica deste nodo (GUYTON; HALL, 2002). Contudo a ativação parassimpática ou vagal retarda a FC, aumentando o tempo de condução átrio-ventricular, deprime a excitabilidade das fibras condutoras especializadas e do miocárdio (PUMPRLA et al., 2002; TASK FORCE, 1996).

As fibras nervosas simpáticas e parassimpáticas secretam principalmente uma das substâncias transmissoras sinápticas, a norepinefrina e/ou acetilcolina, respectivamente. As fibras que secretam acetilcolina são chamadas de colinérgicas e, áqueles que secretam norepinefrina são chamadas de adrenérgicas (GUYTON; HALL, 2002).

Portanto, a maior parte dos efeitos do SNA no sistema cardiovascular é exercido pelos neurotransmissores noroadrenalina e acetilcolina. Esses neurotransmissores podem contribuir para a magnitude da resposta à noroadrenalina e à acetilcolina, ampliando as oportunidades de controle por aumentar ou diminuir a sensibilidade dos músculos cardíaco e vascular liso às estimulações simpática e parassimpática (FRANCHINI, 2000).

2.3 Sistema Cardiovascular e o Treinamento com Exercício Físico

O treinamento com exercício cria um desequilíbrio entre a atividade tônica dos neurônios aceleradores simpáticos e depressores parassimpáticos, em favor de uma maior dominância vagal. Isso é mediado principalmente por um aumento na atividade parassimpática e, talvez, por uma redução na descarga simpática (McARDLE; KATCH; KATCH, 1998). Entretanto, para se chegar a esse nível de adaptação ao exercício realizado,

uma série complexa de ajustes acontece durante a execução da atividade física dinâmica. Dentre eles, é essencial a regulação da função cardíaca, promovida, principalmente, pelo SNA. Esse sistema regula o denominado balanço vago-simpático cardíaco, organizando a função cardíaca de acordo com as demandas orgânicas e teciduais, respondendo as informações que partem dos centros superiores do sistema nervoso central e dos receptores periféricos (PASCHOAL et al., 2003).

Por outro lado, o exercício físico, em si, é um comportamento que provoca importantes modificações no funcionamento do sistema cardiovascular e em seus mecanismos de ajustes autonômicos. Além disso, a resposta mais precoce do sistema cardiovascular ao iniciarmos uma atividade física, é o aumento na frequência cardíaca (FC). Esse aumento ocorre de forma linear e proporcional ao aumento da intensidade de exercício (RONDON et al., 2005; FOSS; KETEVIAN, 2000).

Assim, durante a atividade submáxima de treinamento físico, a frequência cardíaca aumenta até a intensidade alvo e é mantida constante durante a execução do exercício. E na atividade física progressiva máxima, como a que ocorre durante o teste de esforço máximo, a frequência cardíaca aumenta de forma linear e proporcional ao aumento da potência executada, até a interrupção do esforço por exaustão do indivíduo. Nessa situação de esforço máximo, não ocorre a estabilização da frequência cardíaca. Basicamente, esse aumento durante o exercício ocorre por dois mecanismos principais: 1) diminuição no tônus vagal sobre o coração, o que por si só já provoca aumento na frequência cardíaca e, 2) ativação do componente simpático sobre o coração. Essa intensificação simpática ocorre de forma progressiva e proporcional à potência executada (RONDON et al., 2005; McARDLE; KATCH; KATCH, 1998).

Desta forma, Weineck (2000), Amoretti e Brion (2001) mostraram que o exercício físico intensivo e prolongado induz á adequações cardiovasculares que permitem, ao coração

do atleta, desempenho fisiológico excepcional. Portanto, fica claro que a prática regular ao exercício ao longo do tempo (treinamento físico) promove um conjunto de modificações morfológicas e funcionais que conferem maior capacidade ao organismo para responder ao exercício físico (CARNEIRO; LOPES; MOREIRA, 2002; NOBREGA, 2000); essas adaptações provocam uma variedade de alterações funcionais e anatômicas, que podem se situar fora dos limites da normalidade (WILMORE; COSTILL, 2001).

Um dos efeitos mais marcantes do exercício realizado cronicamente, sobre o sistema cardiovascular, é a bradicardia de repouso. Desta forma, após um período de treinamento físico ocorre diminuição da FC de repouso em relação ao período pré-treinamento. E assim essa adaptação cardiovascular tem sido explicada por um dos três mecanismos básicos: 1) aumento do tônus vagal no coração; 2) diminuição do tônus simpático no coração, ou 3) diminuição da FC intrínseca de marcapasso (RONDON et al., 2005).

Salienta-se ainda que em repouso o sistema parassimpático apresenta uma influência marcante e, durante o exercício com cargas crescentes de trabalho, a elevação da frequência cardíaca se deve, nas cargas mais leves, à atenuação da atividade vagal ou retirada vagal e à medida que aumenta a carga de trabalho, cresce proporcionalmente a estimulação simpática (MACIEL et al. 1998 apud LIMA; KISS, 1999).

2.4 Eletrocardiograma

O registro gráfico da atividade elétrica do coração é denominado eletrocardiograma (ECG), onde essa atividade elétrica cria um campo elétrico que se propaga por todo o corpo. Como os líquidos corporais salinos proporcionam um excelente meio condutor, a seqüência de eventos elétricos antes e durante cada ciclo cardíaco pode ser captada na forma de alterações da voltagem por eletródios colocados sobre a superfície cutânea (GUYTON; HALL, 2002; McARDLE; KATCH; KATCH, 1998).

Em indivíduos treinados é possível encontrar uma série de alterações eletrocardiográficas, que podem ser representadas desde por modificações na FC, no ritmo e no sistema de condução, até por alterações na despolarização e repolarização ventricular (RONDON et al., 2005).

A atividade elétrica da célula miocárdica compreende a sucessão cíclica de dois eventos: o potencial de repouso e o potencial de ação. No músculo ventricular o potencial da célula em repouso é cerca de -85mV a 90mV e tem seu valor aumentado para cerca de $+20\text{mV}$ durante cada batimento. O potencial de repouso da membrana da fibra sinusal tem negatividade máxima entre apenas -55 a -60mV , em comparação com -85 a 90mV para a fibra muscular ventricular (Figura 2) (GUYTON; HALL, 2002; SANCHES; MOFFA, 2001).

Os sinais elétricos cardíacos são transmitidos por meio de potenciais de ação, em três fases: a) fase de repouso: a membrana está polarizada negativamente (-55 mV). Nesta fase, canais rápidos de sódio (Na^+) estão inativados e vão se tornar carregados, quando positivamente; b) fase de despolarização: a permeabilidade ao Na^+ aumenta muito, ou seja, vários canais de sódio (geralmente receptores) se abrem e, c) fase de repolarização: quando os canais de Na^+ se fecham, as bombas de sódio-potássio repolarizam novamente a célula. Quando os canais lentos de cálcio-sódio fecham, a permeabilidade da membrana para os íons de potássio (K^+) aumenta rapidamente e o potencial de ação volta para seu valor de repouso (GUYTON; HALL, 2002; SANCHES; MOFFA, 2001)

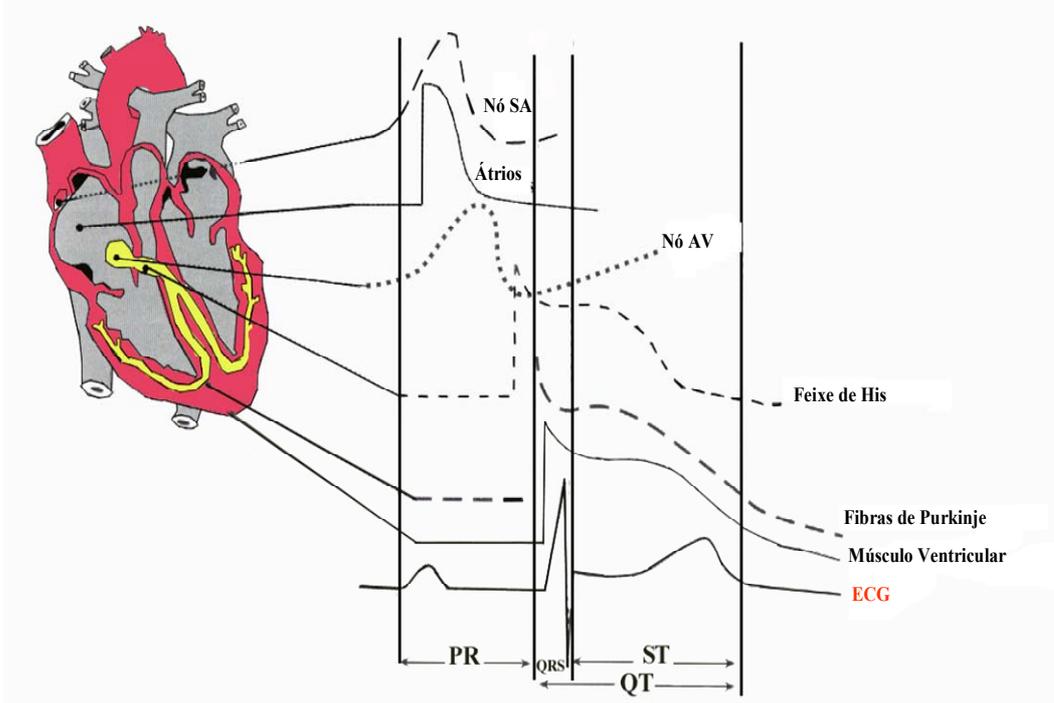


Figura 2 – Curvas de potencial de ação das diferentes estruturas cardíacas e a correspondente gênese do ECG.

Fonte: Sanches e Moffa (2001, p.20.)

O estímulo elétrico tem origem no nodo SA, o qual é uma estrutura oval e alongada, que se localiza posteriormente ao ângulo de união da veia cava superior com o átrio direito. Assim, a partir da despolarização espontânea do nodo SA o estímulo elétrico prossegue de forma concêntrica em todas as direções, difundindo-se nas aurículas e, conseqüentemente produzindo o primeiro sinal denominado “onda P” (SANCHES; MOFFA, 2001). Desta forma, a onda P representa a despolarização dos átrios e dura cerca de 0,15 segundos e antecede a contração atrial. Cada onda P é seguida pelo complexo QRS, cuja duração é relativamente grande, variando de 0,12 segundos a 0,20 segundos (Figura 3). Este complexo reflete as alterações elétricas causadas pela despolarização de ambos os ventrículos e, após esta despolarização ocorre a contração dos ventrículos (Figura 3) (SANCHES; MOFFA, 2001; MCARDLE; KATCH; KATCH, 1998).

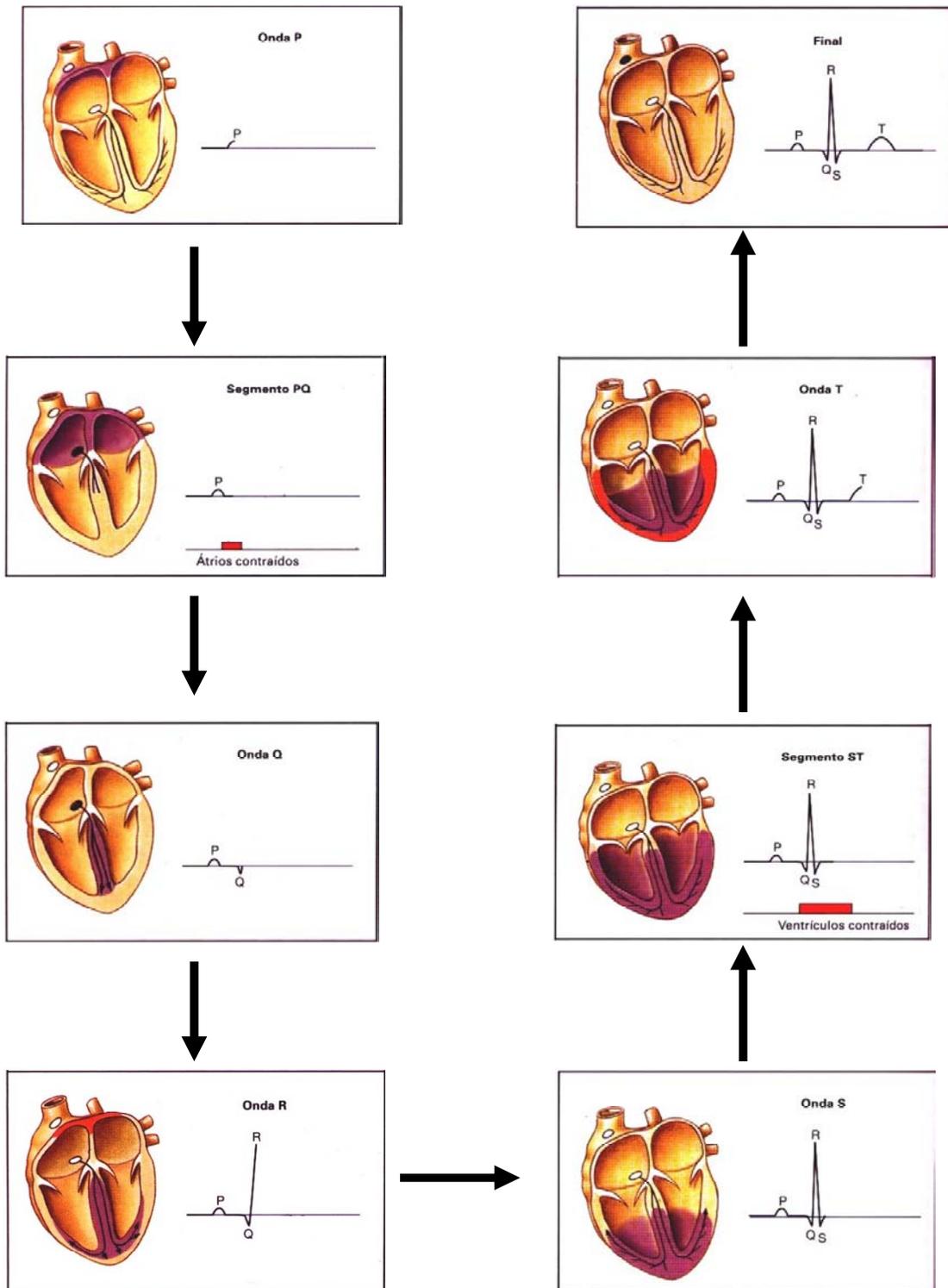


Figura 3 – Correlação entre a despolarização e a repolarização no coração e no ECG.
Fonte: Silverthorn,(2003, p.428.)

Já em relação à repolarização das estruturas que sofreram a despolarização (átrios e ventrículos) esta ocorre da seguinte forma: a repolarização atrial que acompanha a onda P

produz uma onda tão pequena que costuma ser obscurecida pelo grande complexo QRS. Já a repolarização dos ventrículos é representada pela onda T que ocorre durante a diástole ventricular. O período de despolarização relativamente longo do coração, de aproximadamente 0,20 a 0,30 segundo, é necessário para que possa receber outro impulso e contrair-se novamente (SANCHES; MOFFA, 2001; GUYTON; HALL, 2000).

Esse período refratário de repouso, ou curto intervalo de “tempo livre”, desempenha uma função importante, pois proporciona tempo suficiente para o enchimento ventricular entre cada batimento (SANCHES; MOFFA, 2001; McARDLE; KATCH; KATCH, 1998; HALLKE, 1994). Portanto, a VFC pode ser estimada com base na série de intervalos entre os batimentos (intervalo RR), por serem mais facilmente calculados como sendo os períodos entre ondas R consecutivas, ou intervalos RR. A figura 4 representa um traçado eletrocardiográfico típico, destacando as ondas P, Q, R, S e T, bem como o intervalo RR.

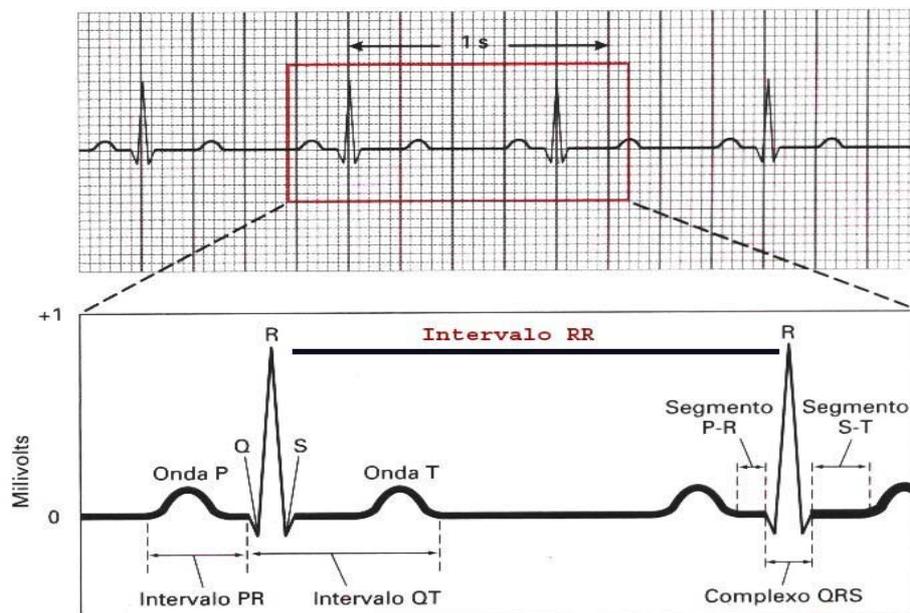


Figura 4 – Ilustração do traçado eletrocardiográfico com suas respectivas ondas, segmentos e intervalos.

Fonte: Silverthorn,(2003, p.427.)

Assim sendo, o sinal de VFC pode ser obtido diretamente do sinal de ECG e baseado nessa informação sobre os instantes das contrações cardíacas é que se constrói o sinal RR,

onde VFC descreve os batimentos consecutivos ao longo do tempo (GRUPI et al., 1994).

2.5 Variabilidade da Frequência Cardíaca (VFC)

Os avanços na bioengenharia e no processamento de sinais biológicos têm permitido inúmeras possibilidades de novos procedimentos terapêuticos não-invasivos, bem como aumento na capacidade de diagnóstico, especialmente na área cardiovascular (MALIK; WRITING, 1996; RIBEIRO; BRUM; FERRARIO, 1992). Assim, uma das formas de diagnóstico na área cardiovascular que merece destaque é a análise da VFC realizada por computador, a qual trouxe possibilidades reais de observação contidas nos sinais biológicos, bem como a compreensão dos mecanismos extrínsecos do controle do ritmo cardíaco em situações fisiológicas e patológicas (OLIVEIRA; GOMES; AGUIRRE, 2002; GALLO et al., 2001; RIBEIRO; BRUM; FERRARIO, 1992).

A análise de sinais da VFC (*heart rate variability*, ou *HRV*) é importante quando se estuda o SNA, pois ajuda a avaliar o equilíbrio entre as influências simpática e parassimpática no ritmo cardíaco (CARVALHO et al., 2002); considerando que o coração não tem os seus batimentos regulares com intervalos fixos, o ritmo sinusal apresenta certo grau de variação que é separado e comum em indivíduos sadios (GRUPI et al., 1994). Portanto, a análise da variabilidade cardíaca permitiu uma melhor percepção no mecanismo de controle neural do coração (AUBERT; SEPS; BECKERS, 2003).

Além disso, a VFC é um método simples e não-invasivo de avaliação da modulação autonômica cardíaca. A análise dos intervalos de tempo entre os complexos QRS consecutivos do eletrocardiograma – intervalos RR – constitui a forma mais simples e usual de avaliação da modulação autonômica da frequência cardíaca (CARVALHO et al., 2002; NADAL, 2000 apud ALBERTO; NADAL, 2002). De acordo com Grupi et al. (1994) a VFC é definida como variação que ocorre entre batimentos cardíacos sucessivos em ritmo sinusal.

Desta forma, os ciclos sinusais não têm todos a mesma duração, ainda que em condições de repouso. Essas variações ocorrem devido às modificações no equilíbrio

autônomo, como aquelas provocadas pelos movimentos respiratórios alterando o tônus vagal ou mudanças na atividade simpática global (SANCHES; MOFFA, 2000). Os indivíduos normais têm uma variação fisiológica nos intervalos interbatimentos em fase com os ciclos respiratórios. Esta “arritmia sinusal” tem sido considerada como sinal de um sistema cardiovascular saudável e é mais acentuada nos jovens e nos desportistas (LONGO; FERREIRA; CORREIA, 1995).

Torna-se importante acrescentar que a frequência cardíaca sinusal é modulada pela atividade do SNA. O aumento da atividade parassimpática diminui a FC, pela liberação de acetilcolina e o aumento da atividade simpática eleva a frequência cardíaca (FC) pela liberação de norepinefrina (LIMA; KISS, 1999). Assim, o SNA no coração, por meio de seus ramos eferentes simpáticos e parassimpáticos, regulam e modulam as respostas e as oscilações da frequência cardíaca (CARVALHO et al., 2002; USHIZIMA, 2000), ou seja, as variações da duração dos intervalos RR estão na dependência da atividade dos sistemas tanto simpático quanto parassimpático. Essas variações constituem o que é comum designar-se por VFC (LONGO; FERREIRA; CORREIA, 1995).

A atividade das fibras simpáticas para o coração aumenta durante a inspiração, enquanto as atividades das fibras vagais aumenta na expiração. A acetilcolina, liberada nos terminais nervosos vagais, é removida tão rapidamente que ocorrem variações rítmicas na frequência cardíaca. Inversamente, a norepinefrina, liberada pelos terminais simpáticos, é removida lentamente, e por isso não é capaz de provocar oscilações rítmicas da FC. Então, as variações rítmicas da FC são atribuídas, quase que inteiramente, às oscilações da atividade vagal (LIMA; KISS, 1999).

A atividade simpática e parassimpática é permanentemente exercida sobre o coração, e se faz de forma tônica e de forma fásica. A influência tônica resulta em um balanço vago simpática basal, relativamente constante, ora com predominância da atividade parassimpática (vagotonia), ora simpática (simpaticotonia), ou com equilíbrio de ambas (anfotonia). A influência fásica, ou de natureza reflexa, determina modificações transitórias, sinérgicas ou antagônicas, relativas ou absolutas, das atividades simpáticas e parassimpáticas, segundo as

necessidades de ajustes funcionais agudos (JUNQUEIRA JÚNIOR, 1998).

2.5.1 Variabilidade da Freqüência Cardíaca e Exercício Físico

A atividade física está associada às mudanças hemodinâmicas e altera as condições de carga do coração e, assim, as respostas cardiovasculares frente à prática de atividade física dependem do tipo e da intensidade do exercício realizado (AUBERT; SEPS; BECKERS, 2003). Desta forma, uma das respostas cardiovasculares durante a atividade física é o aumento da freqüência cardíaca denominado taquicardia. De acordo com Aubert, Seps e Beckers (2003) esta alteração fisiológica ocorre por dois mecanismos eferentes: a) diminuição no estímulo parassimpático, e b) aumento no estímulo simpático.

Contudo, a atividade física, além de provocar importantes alterações metabólicas, também promove alterações autonômicas que influenciam o funcionamento cardiovascular (GALO JÚNIOR, 1989). Estudando a regulação autonômica da FC em diferentes estágios do exercício, os pesquisadores observaram que a taquicardia inicial no exercício depende, principalmente, de uma retirada vagal, enquanto o adicional de incremento na FC numa dada carga absoluta depende de um incremento do sistema nervoso simpático (RIBEIRO; IBANEZ; STEIN, 1999; GALO JÚNIOR, 1989).

Além disso, Alonso (1998) ressaltou que os estudos recentes têm demonstrado que a atividade física progressiva, em indivíduos sedentários, treinados e cardiopatas provocam uma diminuição no sistema nervoso parassimpáticos e um aumento no sistema nervoso simpático, que controlam a freqüência cardíaca.

Portanto, durante a prática de exercício físico o SNA é um dos principais sistemas alvo desse fenômeno; tanto a atividade do sistema nervoso simpático como do sistema nervoso parassimpático mostram a sua sensibilidade ao exercício, quer agudo, quer crônico em atletas, sedentário, o equilíbrio entre o sistema nervoso parassimpático e do sistema nervoso simpático pode estar alterado, mesmo em estado de repouso (REBELO et al., 1997).

Os atletas altamente treinados têm uma FC em repouso mais baixa do que indivíduos sedentários. A antecipação da atividade física inibe os impulsos do nervo vagal para o coração e aumenta a descarga simpática. A frequência cardíaca durante o exercício é regulada pela modulação simpática aumentada e por um recuo da atividade parassimpática. Além disso, também se torna importante ressaltar que algumas características alteram a resposta da frequência cardíaca entre os indivíduos, como: hereditariedade (tamanho do ventrículo esquerdo; predisposição para certas atividades esportivas), nível físico, modo de exercício (treino de resistência ou treino estático), habilidade, posturas corporais (supina, sentado e de pé), variáveis ambientais (temperatura, umidade, e altitude), estado de espírito e estado hormonal também alteram a resposta da frequência cardíaca (AUBERT; SEPS; BECKERS, 2003). Novais et al. (2004) acrescentou que muitas condições podem levar à alteração da VFC, como o envelhecimento, patologias cardiovasculares e prática regular de exercício físico.

Mudanças na modulação autonômica da frequência cardíaca durante exercício foram tradicionalmente processados por medidas espectrais da VFC (ARAI et al., 1989). Porém, o uso desses índices em exercício mostrou resultados contraditórios, especialmente durante altas intensidades do exercício físico dinâmico (RIBEIRO; BRUM; FERRARIO, 1992; ARAI et al., 1989).

A recuperação da regulação autonômica da FC tem sido proposta a curto prazo dentro de alguns minutos depois de exercícios máximos ou submáximos. O efeito parassimpático na recuperação tem sido proposto como um mecanismo subjacente (KANNANKERIL; GOLDBERGER, 2002; ARAI et al., 1989; PERINI et al., 1989). Desta forma, a recuperação lenta da FC depois do exercício dinâmico máximo ou submáximo à curto prazo é considerado preditor poderoso de mortalidade global com base em dados populacionais (NISSINEN et al., 2003; COLE et al., 2000).

2.6 Métodos de Análise da Variabilidade da Frequência Cardíaca

O ramo simpático aumenta a FC (intervalos RR mais curtos) e diminui a VFC, por sua vez, o parassimpático diminui a FC (intervalo mais longos) aumentando a VFC (ALBERTO; NADAL, 2002; CARVALHO et al., 2002). Portanto, em virtude destes diferentes mecanismos de funcionamento de ambos os sistemas, mudanças das suas atividades podem ser identificadas por técnicas no domínio do tempo e na frequência (TASK FORCE, 1996; GRUPI et al., 1994; RIBEIRO; BRUM; FERRARIO, 1992). Assim sendo, a interpretação desses tipos de dados exige cuidado, pois provê a base para avaliação quantitativa e não-invasiva da atividade autonômica (PUMPRLA et al., 2002; GRUPI et al., 1994).

A análise da VFC no domínio do tempo (DT) corresponde à série de intervalos RR, indicando o grau da VFC e constitui a mais simples e usual forma de avaliação da modulação autonômica da FC (PUMPRLA et al., 2002). Neste tipo de análise utilizam-se índices extraídos das variações temporais dos ciclos em milissegundos ou dos percentuais de flutuação observados em ciclos subjacentes (SANCHES; MOFFA, 2001). No entanto, somente os intervalos entre batimentos de origem sinusal (normais) devem ser considerados, pois estes refletem esta modulação. Os batimentos de origem ectópica, nas formas de extrasístoles ventriculares isoladas ou episódios de taquicardia ventricular devem ser detectados e removidos do sinal (ALBERTO; NADAL, 2002; PUMPRLA et al., 2002; TASK FORCE, 1996).

Ressalta-se ainda que além destas alterações eletrocardiográficas devam ser excluídos também os artefatos ou interferências (como por exemplo, alterações advindas dos movimentos do indivíduo) para se obter uma série temporal de intervalos RR considerados como normais (NN – tacograma) (ALBERTO; NADAL, 2002).

De acordo com a Task Force (1996) os parâmetros estatísticos no DT, recomendados

pela sociedade Européia de Cardiologia para análise da VFC podem ser divididos em duas categorias: a) baseados na série de intervalos NN (MNN, MBPM, SDNN) e; b) baseados nas diferenças entre intervalos adjacentes (PNN50 e RMSSD), como podem ser observados na tabela 1 com suas respectivas equações.

Siglas	Parâmetros no domínio do tempo (DT). Significado	Equações
MNN	Média dos intervalos NN.	$MNN = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N x(n)$
MBPM	Média da FC expressa em batimentos por minutos	$MBPM = \frac{60 * 1000}{N} \sum_{n=1}^N \frac{1}{x(n)}$
SDNN	Desvio padrão dos intervalos NN, em milissegundos.	$SDNN = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N [x(n) - MNN]^2}$
PNN50	Porcentagem de intervalos NN subsequentes com diferença de duração superior a 50 milissegundos.	$PNN50 = \frac{\text{Número de vezes } x(n) - x(n-1) \geq 50ms}{N-1} * 100$
RMSSD	Raiz quadrada da média dos quadrados das diferenças entre intervalos NN subsequentes, em milissegundos.	$RMSSD = \sqrt{\frac{\sum_{n=2}^N [x(n) - x(n-1)]^2}{N-1}}$

Fonte: TASK FORCE, 1996, p. 358. Onde $x(n)$ é a série temporal dos intervalos NN

Os índices baseados na medida dos intervalos RR individualmente representam a variabilidade global e refletem a atividade de ambos os sistemas parassimpático e simpático. O desvio padrão dos intervalos NN, em milissegundos (SDNN), é um método de representar a dispersão dos valores ao redor da média e reflete todos os componentes cíclicos responsáveis pela variabilidade durante o período de gravação (PUMPRLA et al., 2002; TASK FORCE, 1996).

Por outro lado, os parâmetros PNN50 e RMSSD estimam variações de alta frequência na VFC e, desta forma, refletem predominantemente o tônus vagal (DELANEY; BRODIE, 2000), isto se deve ao fato de que a estimulação parassimpática resulta numa resposta rápida e de curta duração, fazendo-se notar já no primeiro ou segundo batimento. Por outro lado, a estimulação simpática tarda alguns segundos para se manifestar. Após um período latente de cerca 5 segundos a FC aumenta gradativamente até atingir um estado estável após 20 a 30 segundos (RIBEIRO; BRUM; FERRARIO, 1992).

Já em relação à análise da VFC no domínio da frequência se refere ao estudo dos componentes de frequência que compõem uma série temporal em um período definido. O método mais empregado para isso é a análise espectral que individualiza os diferentes componentes de frequência da série temporal (DIONNE, WHITE, TREMBLAY, 2002; SANCHES; MOFFA, 2001).

De acordo com Grupi et al. (1994) este método avalia e quantifica periodicidades, que podem ser encontradas na seqüência dos intervalos RR, mesmo sendo superimpostas. Um espectro dos componentes de periodicidade é obtido através de métodos de auto-correlação ou auto-regressão, baseados nas comparações de segmentos individuais e variáveis nos dados analisados. Desta forma, a análise espectral permite identificação e separação de grupos de ondas, construindo um gráfico no computador, em que frequências de ondas semelhantes são agrupadas.

Para se estimar a densidade espectral de potência do sinal da VFC, a partir do intervalo NN, dois algoritmos são normalmente usados: a transformada rápida de *fourier* e o modelo auto regressivo (AR) (PUMPRLA et al., 2002; CARVALHO et al., 2002; DELANEY, BRODIE, 2000).

2.7 Teste de Wingate

A avaliação da capacidade física durante a realização do teste ergométrico fornece informações extremamente úteis (KAWAMURA, 2001). Desta forma o teste de Wingate consiste de uma avaliação ergométrica e portanto auxilia na orientação de prescrição de exercício físico, na decisão de correção cirúrgica, na indicação de transplante cardíaco e na estratificação de risco (FRANCHINI, 2002; KAWAMURA, 2001).

O metabolismo anaeróbio também tem sua significância prática, tanto em algumas modalidades esportivas, como em algumas atividades do cotidiano. Desta forma, é necessária a avaliação da potência (definida como a quantidade total de energia disponível nesse sistema) e da capacidade anaeróbica. Existem vários testes que avaliam a potência e a capacidade anaeróbia, dentre os quais o teste de Wingate é o mais utilizado (FRANCHINI, 2002; HUTZLER, 1998). Além disso, de acordo com Denadai, Guglielmo e Denadai (1997) entre os testes mais utilizados pelos laboratórios de Fisiologia do Exercício para a avaliação anaeróbia está o teste de Wingate.

Este teste foi desenvolvido no instituto Wingate em Israel nos anos 70 por Bar-Or e Inbar e, desde então, tem sido utilizado em diversos trabalhos com os mais diferentes tipos de sujeito (FRANCHINI, 2002; FOSS; KETEVIAN, 2000). Adicionalmente, o teste de Wingate destina-se a determinar tanto a potência anaeróbica de pico como a potência média máxima durante o teste de trinta segundos. Portanto, este teste além de revelar ser altamente reproduzível também oferece um meio excelente de avaliar a potência máxima anaeróbica (POWERS; HOWLEY, 2000; COLEMAN, HALE; 1998; Bar-Or, 1987).

Desta forma, o teste de Wingate é um método que tem sido comumente usado para avaliar o desempenho anaeróbio, por se tratar de um teste não-invasivo, de fácil aplicabilidade, validade, com alta reprodutividade e por ser administrado inclusive em

crianças e pessoas debilitadas (COLONTONIO, BARROS, KISS, 2003; OKANO, 2001; FOSS; KETEYIAN, 2000; DENADAI; GUGLIEMO; DENADAI, 1997).

Franchini (2002), Okano (2001), McArdle, Katch, Katch (2002), Bar-Or (1987) relataram que o teste de Wingate consiste de um esforço supra máximo de 30 segundos, realizado em um ciclo ergômetro com carga proporcional à massa corporal do avaliado. A partir deste teste obtem-se importantes índices de desempenho motor, tais como a potência-pico, potência-média, índice de fadiga, além de possibilitar a identificação do membro em que a potência pico é atingida, durante o teste.

A potência gerada durante os 30 segundos é denominada potência média, e provavelmente reflete a resistência localizada do grupo muscular em exercício utilizando energia, principalmente das vias anaeróbias. A maior potência gerada de 3 ou 5 segundos é denominada potência de pico. Como a potência de pico ocorre normalmente nos primeiros 5 segundos do teste, acredita-se que tal atividade provenha essencialmente do sistema ATP-PC, com alguma contribuição da glicose. O teste proporciona também o índice de fadiga, que informa a queda do desempenho durante o teste, o qual é calculado conforme a equação demonstrada na seqüência (FRANCHINI, 2002).

$$\text{Índice de Fadiga (\%)} = \frac{(\text{Potência de Pico} - \text{Menor Potência Durante o Teste}) \times 100}{\text{Potência de Pico}}$$

A resistência ao exercício de pedalagem baseia-se na massa corporal (peso) (resistência de 0,075 kp/kg por kilograma de peso corporal), sendo aplicada dentro de 3 segundos após neutralizar a inércia inicial e resistência ao atrito sem qualquer carga do cicloergômetro (MACHADO,2002; McARDLE; KATCH; KATCH, 1998).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Casuística

A amostra foi constituída por 9 jogadores semi-profissionais de um time de futsal, todos do sexo masculino, os quais participam ativamente na Associação de Futsal de São José dos Campos-SP.

Para a seleção dos participantes em questão foram levados em consideração os seguintes fatores de inclusão: os voluntários deveriam jogar somente futsal e ser do sexo masculino (pois existem diferenças fisiológicas entre homens e mulheres e este fato pode interferir nos resultados, como por exemplo, o ritmo respiratório, sistema músculo esquelético, sistema cardiovascular, endócrino, entre outros (GUYTON; HALL, 2002). Por outro lado, foram excluídos as mulheres e indivíduos que apresentavam contra-indicações para a execução do teste de Wingate, como: Doença de Chagas, arritmias cardíacas, cirurgias cardiovasculares recente, entre outros.

3.2 Materiais

- 1 bicicleta ergométrica ou ciclo-ergométrico da marca CYBEX, Nova York, EUA.
- 1 balança antropométrica da marca Filizola.
- 1 estadiômetro da marca Cardiomed
- 1 computador Notebook Pentium – 2, da Extenser; acoplado a uma placa analógica – digital DATAQ DI – 194 RS;
- 1 Monitor cardíaco (osciloscópio) da marca ACTIVE ECAFIX.
- 45 Eletrodos auto-adesivos descartáveis para ECG Medi-Trace 200, Kendai Ag/AgCl.

- Álcool 70%.
- Algodão

3.3 Métodos

Os participantes deste estudo foram abordados coletivamente e neste contato foram prestadas importantes informações sobre a pesquisa com seus respectivos objetivos, bem como a informação de que a mesma não oferecia nenhum risco à saúde. Após esta detalhada explicação aos participantes, os mesmos assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido individualizado (ANEXO I).

Na seqüência, deu-se início a avaliação antropométrica (peso e altura) de cada participante, sendo que para a mensuração do peso corporal utilizou-se uma balança antropométrica da marca Filizola (Brasil) devidamente calibrada. Nesta avaliação o participante permaneceu descalço e com roupas leves sobre a plataforma da balança, mantendo a distribuição do peso igualmente entre os pés (HEYWARD; STOLARCZYK, 2000). Além disso, ressalta-se ainda que ao destravar a balança foi verificado se a haste móvel permaneceu equilibrada na horizontal, ou seja, na linha do ponto fixo de referência, como recomendado por Molinari (2000). E, sobretudo, a massa corporal foi mensurada em kilogramas, com aproximação de 0,1 Kg.

A estatura foi avaliada com estadiômetro da marca cardiomed, onde o voluntário permaneceu descalço, pés separados por aproximadamente 10 cm, com o peso distribuído em ambos os pés e, os braços soltos ao longo do corpo. Além disso, também foi pedido ao voluntário que permanecesse com a cabeça ereta e com o olhar para o horizonte (HEYWARD; STOLARCZYK, 2000). Cada medida obtida foi aproximada em 0,5 cm para a unidade mais próxima (para cima ou para baixo). Para a análise da VFC foi adotado um

protocolo, onde cada participante permaneceu por 180 segundos em repouso seguido de 30 segundos iniciais de fase submáxima e os 30 segundos por uma fase máxima ou seja de teste de Wingate, onde foram realizados em uma bicicleta ergométrica . Na seqüência foi dado o período de recuperação ativa de 120 segundos sendo que os voluntários continuaram pedalando sem carga, seguida da passiva de 180 segundos, que os voluntário permaneceram sem pedalar.

Posteriormente, à avaliação antropométrica, foi realizado o protocolo adotado para a VFC no Laboratório de Reabilitação Cardiovascular da Universidade do Vale do Paraíba-Univap localizado na cidade de São José dos Campos-SP, o qual ocorreu em um único dia. No entanto, salienta-se que para a realização deste protocolo cada voluntário antecipadamente (24 horas antes) foi informado sobre os procedimentos do mesmo e, assim, foi recomendado que eles não deveriam: fumar, beber bebidas alcoólicas, alimentos que continham cafeína (chocolate, café, chá, coca-cola, estimulantes), fazer sauna, comer três horas antes do teste, fazer exercício físico (se possível), pois tais atitudes iriam influenciar diretamente nos resultados dos testes de wingate. Além disso, para que os resultados fossem realmente satisfatórios os participantes deveriam ingerir bastante água no dia anterior e usar roupa esportiva leve (calção, camiseta, tênis) durante a realização do teste.

Salienta-se ainda que previamente à execução do protocolo os voluntários foram instruídos a realizarem um alongamento e aquecimento dos membros superiores, inferiores e tronco, ou seja, global, pois, segundo Wilmore e Costill (2001) esse período de alongamento e aquecimento aumenta tanto a frequência cardíaca quanto respiratória, preparando-o para um funcionamento eficiente e seguro de seu coração, seus vasos sanguíneos, de seus pulmões e músculos durante o exercício mais intenso posterior. Estes autores ainda acrescentaram que um bom alongamento e aquecimento reduzem, também, a quantidade de dores musculares e

articulares que o indivíduo possa vir sentir durante os estágios iniciais de um programa de exercício e pode diminuir o seu risco de lesão.

Sendo assim o protocolo da VFC foi executado utilizando uma bicicleta ergométrica ou ciclo-ergômetro da marca CYBEX, Nova York-EUA. Acrescenta-se ainda que durante a realização do protocolo da VFC os participantes tiveram a atividade elétrica do coração monitorada com o auxílio de um monitor (osciloscópio) da marca ACTIVE ECAFIX, sendo selecionado derivação MC5, conforme recomenda o Conselho Nacional de Ergometria (1995).

É importante salientar que com um comando verbal “já”, cessou o período de repouso (180 segundos) iniciou-se a fase submáxima e o participante pedalou numa velocidade contra uma resistência baixa para vencer a inércia e a resistência intrínseca do aparelho, e encurtar a fase de aceleração. Posteriormente, no início dos 30 segundos do teste foi aplicada a carga total pré-determinada para cada indivíduo sendo 7,5% do peso corporal. O encorajamento verbal foi feito no transcurso do teste de Wingate (30 segundos), quando o desconforto é maior e mais força de vontade e motivação são necessárias.

No término do teste foi solicitado a cada participante que permanecesse pedalando (recuperação ativa) sem carga durante 120 segundos. De acordo com Inbar (1996) apud Franchini (2002) e Okano (2001) este período de recuperação ativa é imprescindível, pois evitam o aparecimento de sintomas desagradáveis, como: náuseas, vômito, tontura e cefaléia. Por outro lado, a recuperação passiva consistiu de um período total de 180 segundos nos quais os participantes não realizaram nenhum esforço.

Em contrapartida, para coletar os dados da VFC foi utilizado um Notebook Pentium-2, da Extenser; Placa analógica – digital DATAQ DI – 194 RS. Lembrando que os dados eletrocardiográficos levados em consideração foram aqueles situados no período de repouso,

ou seja, os 180 segundos de repouso, 30 segundos de exercício submáximo previamente ao teste, bem como no período de recuperação ativa (120 segundos) e passiva (180 segundos).

A VFC neste estudo foi analisada através do parâmetro estatístico (DT), e foram selecionadas as variáveis, MNN, a média dos intervalos NN, os desvios padrão das médias dos NN (SDNN), a raiz quadrada das médias dos quadrados das diferenças entre os NN normais sucessivos (RMSSD), e a porcentagem de NN subsequentes, com diferença de duração superior a 50 (PNN500).

3. 4 Análise Estatística

Para interpretação dos dados da VFC, foram usados os programas MATLAB 4.0 e o programa ANAVC desenvolvido na Universidade do Vale do Paraíba – UNIVAP.

Após a coleta dos dados os mesmos foram tabulados no programa MATLAB 4.0 e organizados no MICROSOFT[®] EXCEL para a apresentação em tabelas, pois, são de fácil interpretação e descrevem de maneira direta todos os dados coletados.

Os valores obtidos do grupo de atletas de futsal, após a análise dos dados, foram apresentados como média aritmética (\bar{x}) com seus respectivos desvios-padrão (DP). Para uma visualização das variações das médias e desvios padrão ao longo do teste de Wingate, foram utilizados gráficos de dispersão do MICROSOFT[®] EXCEL sempre da forma variável versus (vs) fases do protocolo adotado para a VFC.

Para se analisar a variação dos dados de cada etapa, para cada variável avaliada, em torno da média, utilizou-se a ferramenta estatística chamada de Coeficiente de Variação (CV), que é calculado da forma “ $CV = \text{DesvPad} / \text{Média} * 100$ ”. Este parâmetro é dado em valores de porcentagem e indica grande ou pequena variabilidade de dados, quanto maior ou menor for o valor do CV respectivamente.

Foi realizado o teste *t-student* para análise dos dados da potência máxima a fim de verificar se os mesmos em fases diferentes apresentavam variações significantes.

Por último, utilizou-se o Teste de Correlação de Pearson, o qual indica as relações existentes entre as fases do protocolo adotado para VFC e com este foram analisadas as seguintes variáveis: comportamento de cada amostra, a sua distribuição e tendências de crescimento e diminuição através de valores que variam de -1 até 1, sendo que, -1 indica nenhuma correlação e 1 indica grande correlação. Além disso, este teste mostra o nível de significância ($p < 0,05$) entre as fases do protocolo da VFC.

4. RESULTADOS

4.1 Características dos voluntários e resultados do teste de Wingate

Neste estudo foi avaliado um total de 9 jogadores semi-profissionais de um time de futsal, todos do sexo masculino, os quais participam ativamente na Associação de Futsal de São José dos Campos-SP. A idade mínima correspondeu a 17 e a máxima 23 anos, sendo que a idade média do grupo foi de $19,44 \pm 1,81$ anos. Os valores médios com os seus respectivos desvios padrão de peso corporal e a altura do grupo avaliado corresponderam a $69,22 \pm 4,68$ kg e $174,44 \pm 4,88$ cm, respectivamente. Em relação às potências obtidas o grupo obteve um valor médio de potência máxima absoluta de $759,56 \pm 78,90$ W e um valor médio de potência máxima relativa de $10,98 \pm 1,05$ W/kg. Já a potência média absoluta do grupo atingiu um valor médio de $591,33 \pm 55,83$ W e a potência média relativa foi de $8,57 \pm 0,83$ W/kg. Por outro lado, no que diz respeito ao índice de fadiga o valor médio do grupo foi de $53,56 \pm 7,62\%$. Estes dados podem ser observados na tabela 2.

Na tabela 2 também é possível observar que o voluntário J.A. apresentou os maiores valores tanto para a potências máxima absoluta quanto para a potência máxima relativa durante o teste de Wingate com 870 W e 12,4 W/kg, respectivamente. No que diz respeito aos maiores valores de potência média absoluta e relativa nota-se que o voluntário F.S. apresentou um valor de 658 W para a potência média absoluta e 9,4 W/kg para a potência média relativa, sendo que este valor também foi atingido pelo voluntário R.S. No entanto, é imprescindível descrever que o voluntário D.G. apresentou o menor valor para a potência máxima absoluta (608 W), bem como para a potência máxima relativa (8,9 W/Kg) e, além disso, este voluntário também apresentou a menor potência média absoluta e a menor potência média relativa com 467 W e 6,9 W/Kg, respectivamente. Em relação ao índice de fadiga, o voluntário F.S. apresentou o maior índice (66%) e o voluntário J.A. apresentou o menor

índice (38%).

Tabela 2 – Características antropométricas (peso e altura), idade, potências (máxima e média – absolutas e relativas) e índice de fadiga, com seus valores médios ($\bar{0}$) e respectivos desvios padrão (DP).

Sujeitos	Idade	Peso	Altura	Potência Máxima		Potência Média		Índice de Fadiga
	(anos)	(kg)	(cm)	Absoluto	Relativo	Absoluto	Relativo	
				(W)	(W/Kg)	(W)	(W/Kg)	
A.L.	20	69	172	786	11,4	620	9	55
A.D.	18	75	176	755	10,1	598	8	52
D.G.	17	68	166	608	8,9	467	6,9	50
F.S.	19	70	182	744	10,6	658	9,4	66
J.A.	23	70	174	870	12,4	589	8,4	38
L.M.	20	75	180	845	11,3	646	8,6	56
R.G.	21	71	174	763	10,7	577	8,1	52
R.S.	19	60	176	683	11,4	563	9,4	60
R.T.	18	65	170	782	12	604	9,3	53
$\bar{0}$	19,44	69,22	174,44	759,56	10,98	591,33	8,57	53,56
\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm
DP	1,81	4,68	4,88	78,90	1,05	55,83	0,83	7,62

Na tabela 3 observa-se o comportamento da potência máxima nos voluntários de futsal ao longo de 30s durante a realização do teste de Wingate, portanto, é possível observar que durante a realização do referido teste houve um decréscimo progressivo na potência máxima. No entanto, salienta-se que esse decréscimo na potência máxima não demonstrou diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$) nos períodos correspondentes de 0-5 a 5-10 segundos

e 20-25 a 25-30 segundos, conforme a mostra a tabela 4.

Tabela 3 – Comportamento da potência máxima atingida (W) durante o teste de Wingate dos voluntários e do grupo, nos diferentes intervalos.

Sujeitos	Tempo (s)					
	0-5	5-10	10-15	15-20	20-25	25-30
Potência Máxima (W)						
A.L.	759	724	658	593	511	472
A.D.	728	719	662	573	485	421
D.G.	580	556	515	447	371	334
F.S.	644	637	618	601	555	498
J. A.	846	748	595	507	450	380
L.M.	798	739	672	611	555	503
R.G.	728	664	604	541	483	439
R.S.	668	638	590	547	488	445
R.T.	745	692	631	572	526	456
0	721,78	679,67	616,11	554,67	491,56	438,67
±	±	±	±	±	±	±
DP	80,84	62,2	48,36	51,88	57,01	54,57

Tabela 4 – Nível de significância dos intervalos do teste de Wingate ($p < 0,05$)

Períodos	0-5	5-10	10-15	15-20	20-25
do teste de Wingate					
5-10	p =0,2333				
10-15	p =0,0277				
15-20	p =0,0193				
20-25	p =0,0258				
25-30	p =0,615				

4.2 Análise dos resultados dos voluntários nos parâmetros do domínio do tempo.

Os resultados obtidos a partir do domínio do tempo estão dispostos em séries de intervalos NN (MNN, e SDNN) e baseados na diferença entre intervalos adjacentes (PNN50 e RMSSD) durante as fases do protocolo adotado para a análise da VFC, onde a fase de repouso é de 180 segundos, a fase submáxima é de 30 segundos, a fase máxima é de 30 segundos (teste de Wingate), a fase de recuperação ativa é de 120 segundos e a recuperação passiva é de 180 segundos.

Desta forma, na tabela 5 estão apresentados os valores de MNN em ms, considerando cada voluntário durante as fases do protocolo da VFC descritas anteriormente. Assim, nota-se que no repouso cada voluntário, bem como o grupo total demonstra um alto valor do intervalo RR (NN), caracterizando uma baixa frequência cardíaca. Além disso, foi possível observar que no momento que os voluntários cessam o repouso e iniciam o exercício submáximo há uma diminuição estatisticamente significativa ($p = 0,008$) nos intervalos NN (Tabela 6).

Ressalta-se ainda que no teste máximo de Wingate os intervalos de NN ficam ainda mais próximos, ilustrando o aumento mais expressivo da frequência cardíaca. No entanto, ao

iniciar a recuperação observou-se que gradativamente cada voluntário aumenta progressivamente os intervalos de NN, principalmente na recuperação passiva, mostrando, desta forma, que durante a recuperação a frequência cardíaca sofre uma diminuição em um curto espaço de tempo (300 segundos correspondendo a 5 minutos).

Além disso, analisando a tabela 5 é possível comparar os voluntários de acordo com classificação de Kleigier., et al; 1987, em alto, médio e baixo risco cardíaco , nesta análise constatou-se que na fase de repouso quatro voluntários (D.G.; F.S.; R.G.; R.S.) apresentaram baixo risco cardíaco e os demais atingiram médio risco cardíaco.

Tabela 5 - Valores de MNN e SDNN de cada voluntário e do grupo de voluntários e Desvios Padrão durante as fases do protocolo da VFC.

Sujeitos	Repouso	Exercício	Teste Wingate	Recuperação	
		Submáximo	Máximo	Ativa	Passiva
	Duração de cada Fase (s)				
	(180)	(30)	(30)	(120)	(180)
A.L.	919,90 ± 75	461,00 ± 33	349,90 ± 8	396,50 ± 11	599,70 ± 12
A.D.	678,50 ± 59	419,80 ± 29	350,80 ± 8	395,50 ± 10	566,20 ± 13
D.G.	1065,00 ± 115	608,60 ± 36	387,40 ± 8	502,10 ± 21	633,90 ± 23
F.S.	887,20 ± 127	556,10 ± 18	371,00 ± 17	409,10 ± 6	577,20 ± 13
J.A.	713,70 ± 70	444,10 ± 12	491,60 ± 18	398,30 ± 12	382,90 ± 7
L.M.	1035,90 ± 72	576,50 ± 18	416,40 ± 16	469,00 ± 11	792,60 ± 40
R.G.	863,60 ± 109	454,80 ± 12	354,50 ± 13	418,90 ± 16	624,10 ± 14
R.S.	941,50 ± 104	629,10 ± 28	402,70 ± 13	475,60 ± 17	593,80 ± 13
R.T.	807,50 ± 57	477,90 ± 11	365,90 ± 13	440,30 ± 11	578,70 ± 28
0 ± DP	879,20 ± 78,56	514,21 ± 21,88	387,80 ± 12,66	433,92 ± 12,77	594,34 ± 18,11

Nas demais fases do protocolo da VFC, todos os voluntários individualmente apresentaram alto risco cardíaco. No entanto, considerando o grupo de voluntários, e analisando cada fase do protocolo adotado para a análise da VFC observou-se que na fase de repouso e recuperação passiva o risco cardíaco foi baixo, na fase de exercício submáximo o risco do grupo de voluntários foi classificado em médio e, por fim, o alto risco cardíaco foi observado durante a realização do teste de Wingate bem como durante a recuperação ativa.

Torna-se imprescindível destacar que dois voluntários apresentam comportamento adverso comparado aos demais voluntários, como pode ser observado na figura 5. Um deles, o voluntário J.A. apresentou na fase máxima (teste de Wingate) um aumento dos intervalos NN (enquanto todos os demais voluntários tiveram esses intervalos NN diminuídos) indicando uma menor frequência cardíaca. Este voluntário ainda mostra uma fase de recuperação tanto ativa quanto passiva diferenciada dos demais voluntários, ou seja, em ambas as fases os intervalos NN diminuíram (indicando um acréscimo da frequência cardíaca). O outro voluntário L.M. apresentou uma discrepância somente na fase de recuperação passiva, onde os seus intervalos NN aumentaram indicando uma baixa frequência cardíaca.

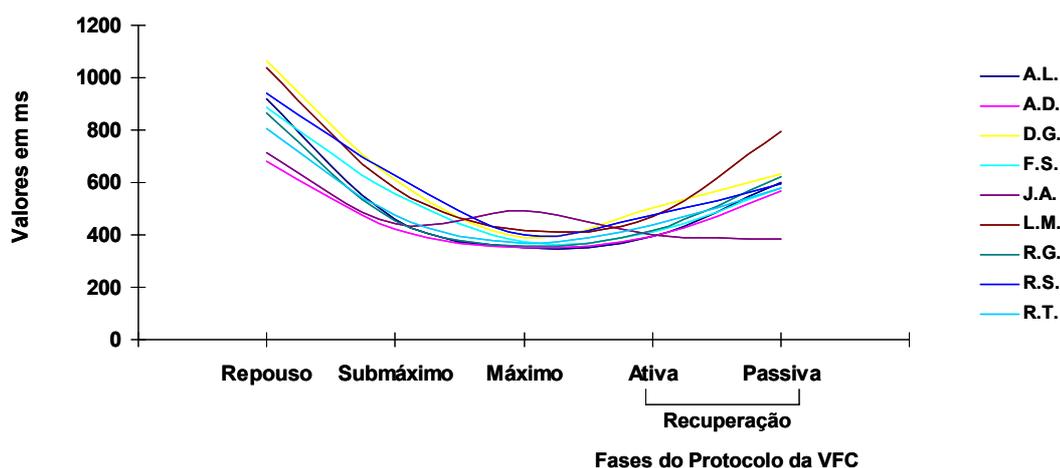


Figura 5 – Média dos intervalos RR (NN), MNN de cada voluntário durante as fases do protocolo da VFC.

Na análise das médias correspondentes a cada fase do protocolo adotado para a análise da VFC do grupo de voluntários foi verificado que, em termos absolutos, a fase que sofre maior variação é a de repouso, indicando que no repouso cada voluntário apresenta uma determinada frequência cardíaca. Durante o teste de Wingate e a fase de recuperação ativa são as que menos apresentaram variação em termos relativos, indicando por sua vez, que nessas fases os voluntários tendem a atingir a mesma frequência cardíaca, como pode ser observado na figura 6.

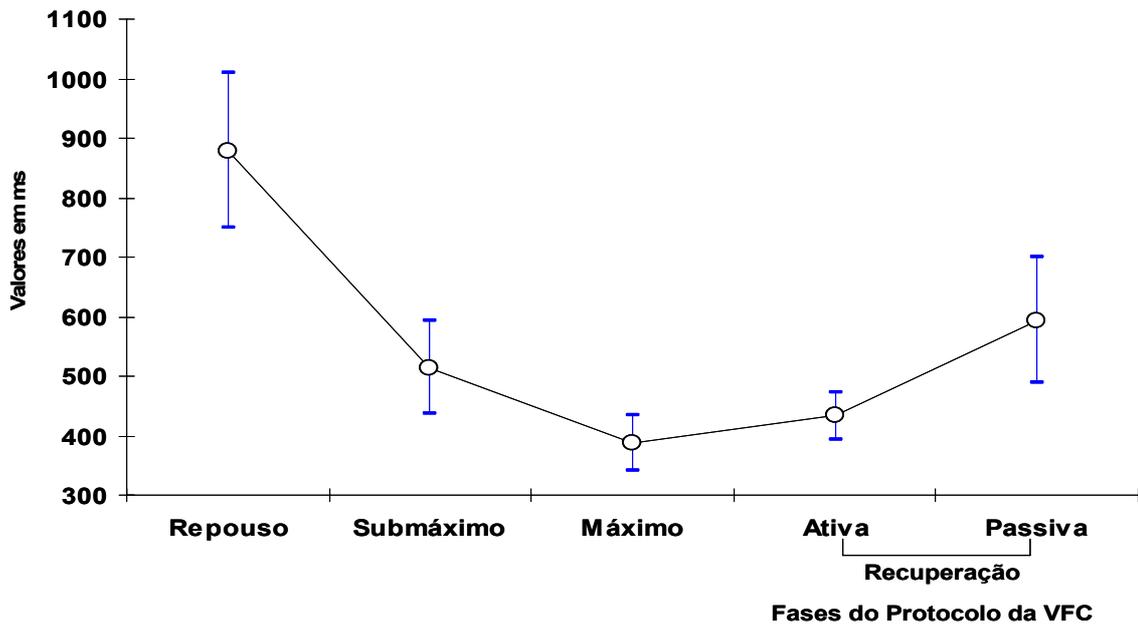


Figura 6 – Valores médios de NN (MNN) com seus respectivos desvios padrão dos intervalos NN na mesma escala no grupo de voluntários.

Além disso, utilizando o Coeficiente de Variação (esta medida mostra a dispersão dos dados em cada período da amostra, trazendo a tona a sua variação em termos relativos com a média) constatou-se que com a progressão do teste os valores de CV diminuem. Desta forma, notou-se que no repouso esta variação foi de 14,92%, no exercício submáximo foi de 15,26% e na recuperação passiva atingiu 17,63%, enquanto que as menores variações ocorreram durante a realização do Teste de Wingate (fase máxima) 11,71% e, principalmente durante a recuperação ativa (9,16%).

Notou-se também que além de mudar de forma significativa os intervalos de NN logo que os voluntários deixam o repouso e iniciam o exercício, a correlação entre a fase de exercício submáximo e a fase de recuperação ativa foi grande ($r = 0,847$) e apresentou um importante nível de significância ($p = 0,004$) mostrando que ambas as fases apresentam semelhança embora ilustrem diferentes períodos do protocolo adotado da VFC, ou seja, uma

fase representa o exercício submáximo e a outra fase é a recuperação ativa. Estes dados podem ser analisados na tabela 6.

Tabela 6 - Correlação de Pearson (r) para cada fase do protocolo da VFC e apresentação dos valores do nível de significância no parâmetro MNN 9. ($p < 0,05$)

Descrição das Fases	Repouso	Submáximo	Máximo	Rec. Passiva
Submáximo	r =0,810 p =0,008			
Máximo	r =-0,084 p =0,830	r =0,132 p =0,735		
Recuperação	Ativa	r =0,777 p =0,014	r =0,847 p =0,004	r =0,105 p =0,788
	Passiva	r =0,725 p =0,027	r =0,476 p =0,195	r =-0,416 p =0,266

Além disso, na tabela 6 também pode se observar que a fase de exercício submáximo e a de recuperação ativa apresentaram grande correlação ($r = 0,847$) e alto nível de significância ($p = 0,004$), indicando que a fase submáxima de exercício e a de recuperação ativa são de igual importância em um exercício físico. Acrescenta-se ainda que as fases de repouso e de exercício submáximo também se apresentaram com uma grande correlação ($r = 0,810$) e alto nível de significância de ($p = 0,008$), indicando que a frequência cardíaca de repouso é baixa, pois é compatível com o baixo metabolismo e no exercício submáximo, quando envolve o trabalho de uma grande quantidade de grupos musculares e, portanto, aumenta o metabolismo para o exercício, a frequência cardíaca sofre um aumento estatisticamente significativo.

Na análise das médias correspondentes a cada fase do protocolo adotado para a análise da VFC do grupo de voluntários foi verificado que, em termos absolutos, a fase que sofre maior variação é a de repouso, indicando que no repouso cada voluntário apresenta uma determinada frequência cardíaca. As fases de teste Wingate (máxima) e recuperação ativa são as que menos apresentaram variação em termos relativos, indicando por sua vez, que nessas fases os voluntários tendem a atingir a mesma frequência cardíaca, como pode ser observado na figura 5.

Esta análise representa a porcentagem de intervalos NN subsequentes com diferença superior a 50 ms (PNN50) de cada voluntário bem como do grupo avaliado durante as fases do protocolo da VFC.

Desta forma, observando os índices da tabela 7 supõe-se que na fase de repouso todos os voluntários estavam em presença de atividade vagal, pois o índice atingiu valor acima de 24%. Já nas demais fases (exercício submáximo, teste de wingate máximo, recuperação ativa e passiva) a maioria dos voluntários apresentaram índices correspondentes com a depressão da atividade vagal, com exceção dos voluntários D.G., R.T., R.G. que apresentaram atividade vagal média e o voluntário L.M. que apresentou atividade vagal.

Tabela 7 – Valores de PNN50 de cada voluntário durante as fases do protocolo da VFC.

Sujeitos	Repouso	Exercício	Teste Wingate	Recuperação	
		Submáximo	Máximo	Ativa	Passiva
PNN50 = %					
A.L.	51,02	1,82	0,00	0,00	0,98
A.D.	29,61	3,22	0,89	0,00	0,00
D.G.	61,71	7,58	0,00	4,54	3,23
F.S.	45,98	2,22	1,02	0,00	0,00
J.A.	27,27	0,00	0,00	0,83	0,00
L.M.	54,00	0,00	1,04	0,71	29,46
R.G.	48,95	1,04	1,35	8,01	1,35
R.S.	69,36	2,50	2,96	1,82	0,00
R.T.	35,84	0,00	4,62	0,67	0,69

Índices > 24% indicam **presença** de atividade vagal; Índices < 4% indicam **depressão** da atividade vagal e Índices entre 4 e 24% indicam presença vagal média. Fonte: TASK FORCE, 1996.

A figura 7 apresenta o perfil de cada voluntário no parâmetro PNN50 durante as fases do protocolo adotado para a análise da VFC, sendo que a partir desta ilustração nota-se que o voluntário L.M. teve um comportamento diferente dos outros voluntários nas fases de recuperação ativa e passiva, indicando a influência do sistema parassimpático.



Figura 7 – Comportamento dos valores de PNN50 de cada voluntário durante as fases do protocolo da VFC

Em contrapartida, é possível notar na figura 8 que as médias correspondentes a cada fase do protocolo da VFC do grupo de voluntários, em termos absolutos, que a fase que sofreu maior variação é a de repouso, indicando que no repouso embora cada voluntário apresentou uma determinada frequência cardíaca, os valores de PNN50 sugerem que há o predomínio da atividade vagal.

As fases submáxima de exercício, teste máximo de Wingate e recuperação ativa são as que menos apresentaram variação em termos absolutos, indicando por sua vez, que nessas fases os voluntários tendem a apresentar uma porcentagem pequena de PNN50, pois eles encontravam-se, nestas fases, com depressão da atividade vagal. No entanto, em termos relativos, esses voluntários apresentaram nestas fases uma grande variação, como pode ser observado na figura 8.

Além disso, utilizando o Coeficiente de Variação constatou-se que, com a progressão do teste, os valores de CV sofrem um aumento expressivo, indicando que os desvios padrão se aproximam da média. Desta forma, notou-se que somente no repouso a variação atingiu o menor valor (30,06%), sendo que na fase submáxima e teste máximo de Wingate a variação se manteve com valores próximos (117,23%; 117,12%, respectivamente). Notou-se também

que na recuperação ativa e, principalmente passiva a variação foi expressivamente maior (147,58%; 242,32%, respectivamente).

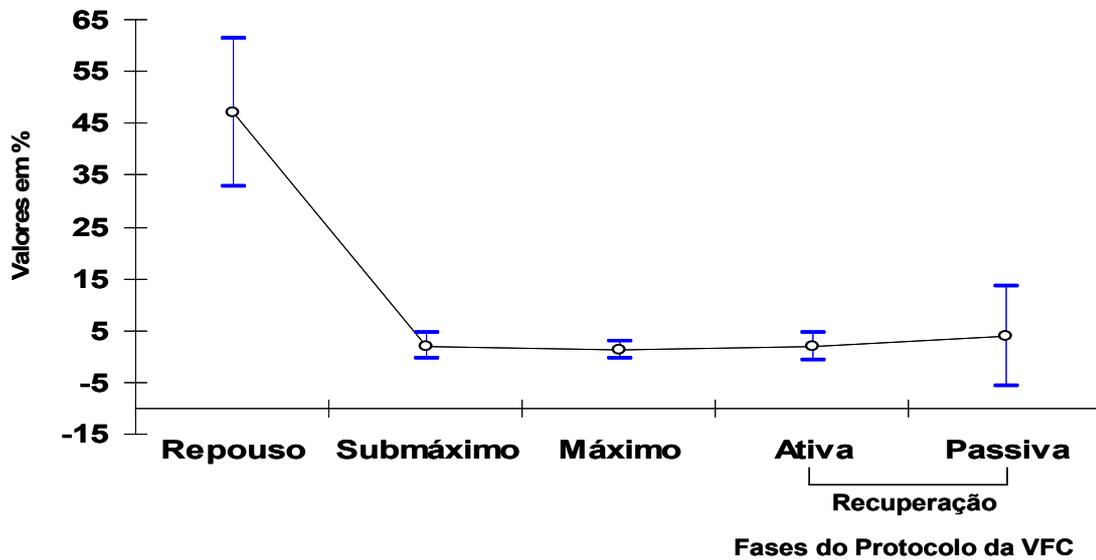


Figura 8 – Valores médios de PNN50 com seus respectivos desvios padrão dos intervalos NN na mesma escala no grupo de voluntários.

Por outro lado, na análise da correlação de Pearson e nível de significância entre as fases do protocolo da VFC constatou-se que ambos apresentaram resultado negativo, ou seja, não apresentou correlação e as fases não foram estatisticamente diferentes uma da outra, conforme pode ser observado na tabela 8.

Tabela 8 - Correlação de Pearson (r) para cada fase do protocolo da VFC, no parâmetro PNN50.
($p < 0,05$)

Descrição das Fases	Repouso	Submáximo	Máximo	Rec. Ativa
Submáximo	r =0,431 p =0,246			
Máximo	r =0,040 p =0,918	r =-0,348 p =0,358		
Recuperação	Ativa	r =0,334 p =0,380	r =0,258 p =0,503	r =-0,055 p =0,888
	Passiva	r =0,229 p =0,553	r =-0,246 p =0,524	r =-0,096 p =0,805

Na tabela 9 estão apresentados os valores da Raiz Quadrada da média dos quadrados da diferença entre intervalos de NN subsequentes (RMSSD) de cada voluntário, durante as fases do protocolo adotado para a análise da VFC, assim como os valores da média do grupo com seus respectivos desvios padrão. Desta forma, nota-se que de acordo com os índices representativos da atividade vagal no parâmetro RMSSD que, na fase de repouso todos voluntários encontravam-se sob a influência da atividade vagal. Entretanto, nas demais fases a maioria dos voluntários estava sob a influência da depressão vagal, com exceção dos voluntários A.L., D.G. (fases de exercício submáximo) e L.M. (fase de recuperação passiva) os quais se encontraram em presença vagal.

Tabela 9 - RMSSD de cada voluntário durante as fases do protocolo da VFC. bem como a média do grupo com seus respectivos desvios padrão.

Sujeitos	Repouso	Exercício	Teste Wingate	Recuperação	
		Submáximo	Máximo	Ativa	Passiva
RMSSD = ms					
A.L.	81,50	34,50	11,80	12,60	13,80
A.D.	42,80	26,80	13,90	12,30	14,80
D.G.	119,70	35,30	12,90	22,20	22,40
F.S.	106,60	18,20	17,40	11,20	14,60
J.A.	50,10	13,50	15,80	12,90	11,60
L.M.	82,50	16,20	26,10	13,40	41,50
R.G.	137,70	15,80	16,20	24,00	17,00
R.S.	129,60	25,20	23,90	17,30	14,40
R.G.	52,20	14,80	16,20	14,30	22,70
0 ± DP	89,19 ± 36,01	22,26 ± 8,49	17,13 ± 4,83	15,58 ± 4,61	19,20 ± 9,19

Índices < 30 ms indicam depressão vagal, Índices > 30 ms indicam presença vagal

Fonte: TASK FORCE, 1996.

Analisando a figura 9 verifica-se o perfil de cada voluntário no parâmetro RMSSD durante as fases do protocolo adotado para a análise da VFC, sendo que de todos os voluntários o L.M. é o que mais se destaca, pois o mesmo apresentou no final da fase de

recuperação ativa e passiva valores sempre acima de 30 ms, demonstrando assim presença de atividade vagal, ou seja, atuação do sistema nervoso parassimpático.

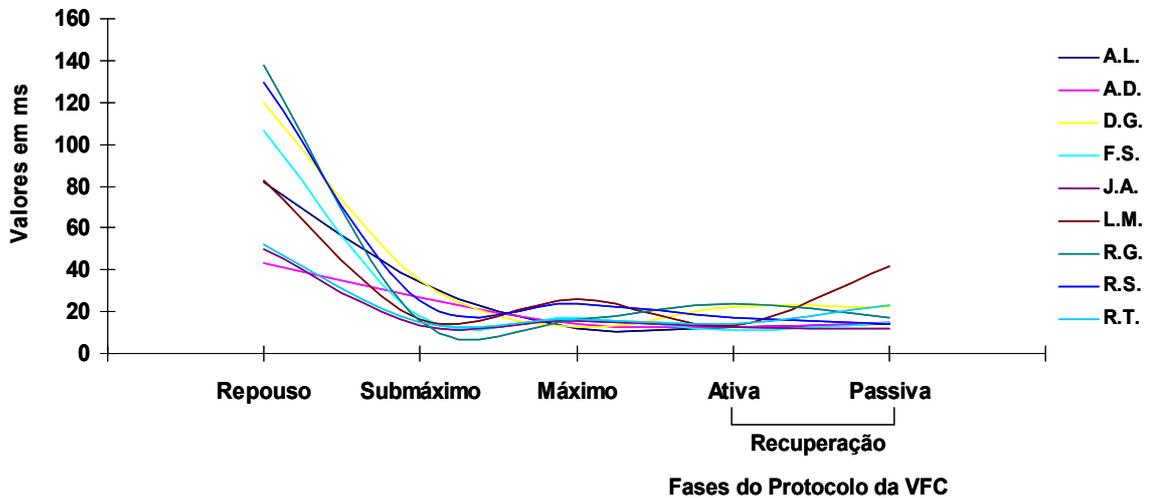


Figura 9 - Comportamento dos valores de RMSSD de cada voluntário durante as fases do protocolo da VFC.

Em contrapartida, é possível notar na figura 10 que as médias correspondentes a cada fase do protocolo adotado para a análise da VFC do grupo de voluntários, em termos absolutos, que a fase que sofreu maior variação também foi a de repouso, sugerindo que esta fase apresenta uma grande discrepância nos valores médios atingidos pelos voluntários, mostrando novamente que o comportamento dos voluntários durante o repouso é bem distinto. No entanto, quando os voluntários iniciam o exercício submáximo, bem como estão realizando o teste máximo de Wingate, recuperando-se ativa e passivamente, este comportamento tende a ser semelhante, ou seja, sem grandes variações.

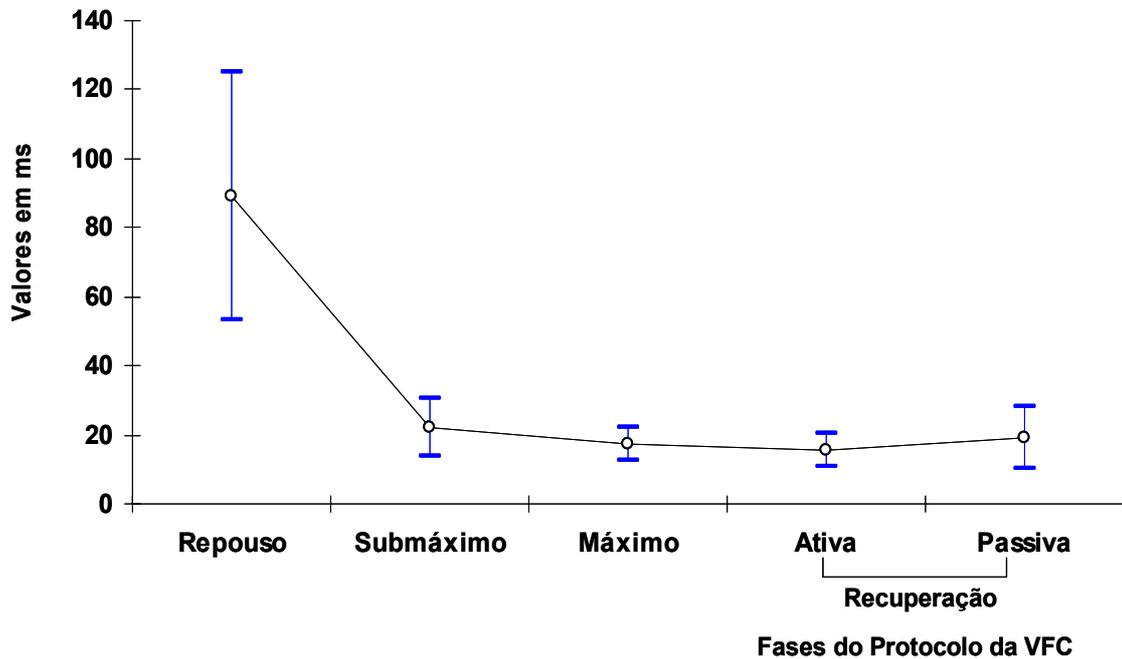


Figura 10 - Valores médios com seus respectivos desvios padrão do parâmetro RMSSD.

Além disso, utilizando o Coeficiente de Variação constatou-se que com a execução do teste submáximo e teste máximo de Wingate, ou seja, após o voluntário sair da fase de repouso (40,37%), os valores de CV sofrem uma diminuição expressiva (38,14%, 28,19%, respectivamente), indicando que os desvios padrão se aproximam da média porque os valores dos voluntários neste período apresentaram pequena discrepância entre eles. Já a fase de recuperação ativa e, principalmente a fase de recuperação passiva os valores de CV apresentam um importante acréscimo (29,60%, 47,85%, respectivamente), demonstrando que em ambas as fases os voluntários estão voltando a ter um comportamento individual.

No que diz respeito à análise da correlação de Pearson e nível de significância entre as fases do protocolo da VFC no parâmetro RMSSD, constatou-se que somente as fases de repouso e de recuperação ativa apresentaram a maior correlação ($r = 0,712$) e alto nível de significância ($p = 0,031$). Inversamente, ou seja, as fases que apresentaram menor correlação

foram as fases de exercício submáximo e teste máximo de Wingate com -0,445, com nível de significância correspondendo a $p = 0,230$, conforme pode ser observado da VFC na tabela 10.

Tabela 10 - Correlação de Pearson (r) para cada fase do protocolo da VFC levando em consideração o parâmetro RMSSD. ($p < 0,05$)

Descrição das Fases	Repouso	Submáximo	Máximo	Rec. Ativa
Submáximo	$r = 0,199$ $p = 0,608$			
Máximo	$r = 0,231$ $p = 0,550$	$r = -0,445$ $p = 0,230$		
Recuperação	Ativa $r = 0,712$ $p = 0,031$	$r = 0,159$ $p = 0,684$	$r = -0,077$ $p = 0,844$	
	Passiva $r = -0,007$ $p = 0,985$	$r = -0,193$ $p = 0,619$	$r = 0,577$ $p = 0,104$	$r = 0,036$ $p = 0,926$

5. DISCUSSÃO

A VFC no domínio do tempo foi utilizada, neste estudo, para detectar possíveis alterações da modulação autonômica cardíaca durante um teste de potência anaeróbica (Wingate) de 30 segundos em jogadores semi-profissionais (do sexo masculino) de um time de futsal por se tratar de um método não-invasivo, eficaz e de baixo custo.

O conhecimento de que as flutuações da FC, batimento a batimento, refletem a interação do sistema nervoso simpático e parassimpático veio oferecer uma janela para o estudo do SNA a partir do estudo da VFC, com aplicação clínica (RIBEIRO; MORAES FILHO, 2005).

Assim, na análise dos voluntários deste presente estudo, pôde-se constatar que os mesmos apresentaram durante a realização do teste de Wingate um decréscimo gradativo da potência máxima e média tanto absoluta quanto relativa, Franchini (2002), Okano (2001), McArdle, Katch, Katch (2002), sugerem que a potência máxima observada durante a realização do protocolo adotado para VFC seria um indicativo da potência anaeróbia, enquanto a potência média seria um indicativo da capacidade anaeróbia. Além disso, o metabolismo anaeróbio tem também sua significância prática, tanto em algumas modalidades esportivas, como em algumas atividades do cotidiano. Assim, existe a necessidade de avaliar a potência bem como a capacidade anaeróbias, sendo que a potência anaeróbia pode ser definida como o máximo de energia liberada por unidade de tempo pelo sistema anaeróbio, enquanto a capacidade anaeróbia pode ser definida como a quantidade total de energia disponível nesse sistema (FRANCHINI, 2002; BEDIZ et al, 1998)

Na observação do comportamento da potência máxima ao longo de 30 segundos (tabela 3) foi possível constatar que realmente a potência máxima sofre uma queda progressiva, principalmente de 10 a 25 segundos. Este fato ocorre, pois, segundo Powers e Howley (2000); Weinich, (2000); Thomas, Plowman e Looney (2002), o sistema Adenosina

Trifosfato-Creatino Fosfato (ATP-CP) ou sistema fosfagênio é o responsável em prover a energia para a contração muscular no início do exercício e em exercícios de curta duração e de alta intensidade (ou seja, durando menos de 5 segundos). Portanto, uma vez que este sistema é rapidamente depletado num curto período de tempo (devido à baixa capacidade de armazenamento nos músculos), ou seja, em poucos segundos, a potência tende a cair.

No que diz respeito à FC dos voluntários (individualmente e coletivamente), esta apresentou-se reduzida durante o repouso, uma vez que nesta fase os valores de MNN eram expressivamente altos. A partir do momento que os voluntários deixaram o repouso e iniciaram o exercício submáximo do protocolo da VFC, houve um acréscimo significativo da frequência cardíaca ($p = 0,008$) e, portanto, uma diminuição dos valores de MNN.

De acordo com Galo Junior et al. (1989) nos primeiros minutos da atividade física ocorrem importantes alterações metabólicas, as quais auxiliam no ajustamento dos vários sistemas orgânicos a uma nova demanda muscular; assim, o SNA (principal responsável por vários ajustes), atua sobre o coração, provocando o aumento da FC, volume sistólico e, conseqüentemente, elevando o débito cardíaco a uma nova condição satisfatória às novas necessidades metabólicas. Assim, tal elevação da FC no exercício dinâmico deve-se à retirada vagal (PUIG, 2003; RIBEIRO; BRUM; FERRARIO, 1992; GALLO JÚNIOR et al., 1989) o que promove uma taquicardia rápida atingindo um valor de pico ao redor dos primeiros 10 a 20 segundos. Portanto, os nossos resultados evidenciam a hipótese que os sistemas nervosos simpático e parassimpático são os mediadores primários da modulação autonômica da FC durante exercício físico (PICHON, 2004; ARAI et al., 1989).

Adicionalmente, no estudo realizado por Alonso et al. (1998) foi demonstrado que a VFC diminui significativamente ($p < 0,05$) do repouso para o exercício. No presente estudo também foi constatado uma redução significativa da VFC no exercício em comparação ao repouso.

De acordo com Rebelo et al. (1997), em um estudo realizado com futebolistas profissionais, utilizando a variabilidade dos intervalos NN, foi colocado o problema dos efeitos do treino físico intenso no controle neural da FC. Na fase de repouso e no domínio do tempo, os valores médios de NN revelaram-se mais altos (1132 ms) e os da FC mais baixos (53 bpm) do que os encontrados em nadadores com NN de 960 ms e FC de 63 bpm. Os voluntários deste estudo apresentaram valores de NN menores que os nadadores, com 879,20 de NN.

Além disso, de acordo com Task Force (1996) foi observado que durante o exercício físico dinâmico a variabilidade total da frequência cardíaca diminui não só pela redução do tônus vagal, mas, também, às custas da elevação da atividade simpática, o que pode ser constatado pela diminuição dos valores do NN e do desvio padrão, uma vez que durante ativação simpática a taquicardia resultante é, geralmente, acompanhada por redução da variabilidade total.

Neste estudo, foi observado que a diminuição no sinal NN foi significativamente reduzida durante o exercício, implicando assim em mudanças na FC. A diminuição dos valores de NN pode expressar a resposta do coração ao estímulo promovido pelo SNA anteriormente descrito e que tem reflexo na maior FC observada em relação ao repouso.

Os valores de NN e os desvios padrão são marcadores da variabilidade total do período do registro de curta duração realizado, traduzindo a interação entre os sistemas simpático e parassimpático. Desta forma, quanto maiores forem os valores encontrados para essas variáveis, maior terá sido a variabilidade no período e, o contrário é verdadeiro (PASCHOAL et al., 2003).

De acordo com os resultados deste estudo foi constatado que os valores de NN e do desvio padrão são marcadores da VFC, uma vez que no repouso os voluntários apresentaram

valores de NN expressivamente altos e assim aumento da VFC, e durante o exercício os valores de NN foram diminuídos, reduzindo assim a VFC.

Sob condições de repouso, o tônus permanece vago e as variações no período cardíaco são amplamente independentes da modulação vagal. Como o nódulo sinuatrial é rico em acetilcolinesterase, o efeito de qualquer impulso vago é breve porque a acetilcolina é rapidamente hidrolisada. A influência parassimpática excede os efeitos simpáticos, provavelmente por via de dois mecanismos independentes: a) uma redução importante colinérgica de norepinefrina lançada em resposta à atividade simpática, e b) atenuação colinérgica da resposta ao estímulo adrenérgico (TASK FORCE, 1996).

A estimulação das fibras eferentes parassimpáticas está associada à diminuição dos valores de FC, enquanto a estimulação das fibras eferentes simpáticas está associada ao aumento dela (MACIEL et al., 1998).

Por outro lado, utilizando os valores de SDNN foi possível classificar os voluntários de acordo com o risco cardíaco presente. Assim, notou-se que no repouso 4 voluntários atingiram valores de SDNN > 100 ms e os demais apresentaram médio risco cardíaco (valores de SDNN entre 50 e 100 ms). No entanto, durante as demais fases do protocolo adotado para VFC todos os voluntários (individualmente) apresentaram alto risco cardíaco (valores de SDNN > 50 ms). Desta forma, estes achados sugerem que os voluntários estavam sob a influência do sistema nervoso simpático e, conseqüentemente depressão do sistema nervoso parassimpático (ou depressão da atividade vagal).

De acordo com Task Force (1996), a diminuição ocorrida nas fases submáxima e máxima do exercício representa a atuação simpática, não podendo, portanto, descartar a possibilidade de atuação deste ramo do SNA, concomitantemente retirada vagal, no fenômeno observado. Já na fase de recuperação ativa, o SDNN continuou a diminuir, ao contrário do esperado, pois, trata-se de uma fase onde diminui-se a intensidade do exercício e espera-se

atividade vagal. No entanto, observou-se a depressão vagal, mostrando que a fase de recuperação ativa (120 segundos) é curta onde os voluntários não se recuperam. Na fase de recuperação passiva o SDNN aumentou indicando atividade vagal.

Ribeiro e Moraes Filho (2005) relataram que os pacientes com redução de SDNN apresentam maior taxa de mortalidade anual quando comparados aos pacientes com VFC normal. Portanto, segundo Grupi et al. (1994) o índice SDNN parece ser um indicador independente do risco de mortalidade, mesmo após ajustes para a idade, frequência-cardíaca, fração de ejeção, classe funcional da *New York Heart Association* (NYHA) e de atividade ectópica ventricular.

Dados experimentais mostraram que a atividade vagal previne a fibrilação ventricular advinda de isquemia induzida depois do exercício (VANOLI et al., 1991; SCHWARTZ; BILLMAN; STONE, 1984). Portanto, a prática regular de exercício físico promove a proteção antecipatória contra mortes repentinas pelo melhoramento da função vago cardiovascular (HULL et al., 1994).

No que diz respeito à média dos intervalos RR (NN) de cada voluntário foi constatado que 7 voluntários, do total de 9, apresentaram comportamento semelhante durante as diferentes fases do protocolo para a VFC. O voluntário J.A. foi o único a apresentar, durante a fase máxima (teste de Wingate), um aumento dos intervalos NN. Acredita-se, hipoteticamente, que este comportamento seja resultado de um bom condicionamento anaeróbio, o qual não gera a modulação autonômica parassimpática. Além disso, o voluntário J.A. apresentou um baixo índice de fadiga (38%), o que vem confirmar a sua boa performance anaeróbia.

Aubert, Seps e Beckers (2003) descreveram que o descondicionamento físico aeróbio está associado com o emparelhamento da função cardíaca parassimpática durante o exercício, sustentando o conceito de que bom rendimento aeróbio pode ocasionar efeitos

cardioprotetores por aprimoramento da função cardíaca parassimpática durante o exercício.

Já em relação aos valores de PNN50 foi verificado que na fase de repouso do protocolo para VFC todos os voluntários encontraram-se sob a presença da atividade vagal, uma vez que o índice (%) atingiu valores acima de 24%. Nas demais fases, a maioria dos voluntários, apresentaram índices correspondentes com a depressão da atividade vagal (< 4%), indicando o predomínio do sistema nervoso simpático. Assim sendo, este achado, novamente sugere que os voluntários avaliados neste estudo não apresentavam um condicionamento aeróbio adequado, com exceção do voluntário L.M., o qual foi o único que apresentou comportamento diferente nas fases de recuperação ativa e passiva, indicando a influência do sistema parassimpático.

De acordo com as pesquisas realizadas por Paschoal et al. (2003) há uma redução dos valores de todas as variáveis estudadas durante o exercício físico dinâmico de baixa intensidade (aeróbia); porém, percentualmente, a redução da ação vagal (PNN50) sobre o nódulo sinoatrial foi significativamente maior, sugerindo que essa ação parassimpática pode ter sido mais importante que a ação simpática nesse nível de intensidade de esforço. Além disso, Galo et al. (2001) verificaram que todos os valores no domínio do tempo foram maiores nos atletas de resistência aeróbia do que em sedentários, refletindo uma maior VFC e um aumento do tônus parassimpático.

Nossos resultados corroboram com os resultados encontrados por Paschoal, uma vez que no parâmetro PNN50 a redução vagal foi nitidamente maior em comparação aos outros parâmetros.

Por fim, na análise da raiz quadrada da média dos quadrados das diferenças entre intervalos NN subsequentes (em ms), constatou-se que na fase de repouso do protocolo adotado para VFC todos os voluntários encontraram-se sob a influência da atividade vagal (índice > 30 ms). Porém, na fase de exercício submáximo do protocolo adotado para a análise

da VFC os voluntários A.L. e D.G. permaneceram sob a influência deste sistema (parassimpático) (34,50 ms e 35,30 ms, respectivamente), mostrando que a realização desta fase por ambos voluntários pode ter sido de intensidade mais leve quando comparados aos demais.

Para Ribeiro e Moraes Filho (2005) os índices da VFC no domínio do tempo e da frequência detectam atividade parassimpática no repouso, mas não atividade simpática gerada por exercício de moderada intensidade. Aubert, Seps e Beckers (2003) também afirmaram que quanto maior a intensidade do exercício mais facilmente ocorre o recuo parassimpático com subsequente predomínio da atividade simpática.

Marães et al. em 2003 ao analisarem os índices de RMSSD dos intervalos NN em milissegundos (o que reflete a VFC na condição de repouso em relação ao exercício), observou que tais índices diminuem com o aumento progressivo das potências tornando-se mais evidentes e, estatisticamente significantes em níveis de potências mais elevadas (55 W e 65 W) para esse grupo. Essa diminuição da VFC pode ser explicada pela menor participação do sistema nervoso parassimpático no controle da FC e com predomínio da ativação do sistema nervoso simpático.

Gallo Júnior et al. (1989), em um estudo com indivíduos treinados concluíram que a contribuição relativa do sistema nervoso simpático foi claramente maior com o aumento da carga de trabalho.

No presente estudo também foi observado o aumento da atividade simpática com o aumento da carga de trabalho. Por outro lado, Brenner et al. (1998) apud Aubert, Seps e Beckers (2003), também sustentaram a hipótese afirmando que no início do exercício a FC aumenta por uma redução na atividade parassimpática, bem como pelo aumento temporário no tono simpático e, mediante a continuidade da atividade física, ocorre uma atenuação do sistema nervoso simpático.

6. CONCLUSÃO

Na avaliação da potência máxima e média (absoluta e relativa) foi constatado que ocorre um decréscimo gradativo de ambas a partir do início da realização do exercício submáximo em todos os voluntários. Quando se observou o comportamento da potência máxima e média (absoluta e relativa) durante os 30 segundos do teste de Wingate foi possível constatar que a mesma sofre uma queda progressiva, principalmente no período de 10 a 25 segundos.

No que diz respeito à variabilidade da frequência cardíaca, observada através dos valores de MNN, foi possível verificar que esta apresentou-se maior durante o repouso (demonstrando menor frequência cardíaca) e sofreu um acréscimo gradativo com o início do exercício submáximo atingindo maior valor durante a realização do teste de Wingate (fase máxima).

Utilizando-se o parâmetro SDNN para a estratificação do risco cardíaco nos voluntários, foi determinado que durante o repouso a maioria dos voluntários apresentou médio risco enquanto os demais o risco foi baixo. No entanto, durante as demais fases do protocolo adotado para a análise da VFC todos os voluntários apresentaram alto risco cardíaco, uma vez que se encontravam sob a influência do sistema nervoso simpático.

A análise do domínio do tempo demonstrou redução de todas as variáveis estudadas durante o exercício físico dinâmico quando comparada aos valores de repouso inicial controlado, cabendo destaque à importante redução da ação vagal sobre o nódulo sino-atrial representada pelos valores das variáveis PNN50 e RMSSD.

Assim sendo, o método de análise da variabilidade da frequência cardíaca mostrou-se confiável à proposta do estudo e, além disso, demonstrou que mesmo em atividade física dinâmica de alta intensidade, a função autonômica cardíaca tem grande importância na

adequação à nova condição metabólica. No entanto, é de fundamental importância a realização de mais estudos para melhor compreender os efeitos do exercício físico dinâmica de alta intensidade sobre a atividade autonômica cardíaca, bem como, eliminar as incertezas que persistem neste campo, não apenas em atletas de futsal como também em diferentes modalidades desportivas, a fim de que a avaliação da variabilidade da frequência cardíaca torne-se um precioso instrumento auxiliar na clínica médica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBERTO, A. C.; NADAL, J. Sistema para análise no domínio do tempo da variabilidade do ritmo cardíaco em cardiopatia chagásica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA BIOMÉDICA, 18, 2002, São José dos Campos, **Anais...** São José dos Campos: UNIVAP, 2002. p.516- 519.
- ALONSO, D. O. et al. Comportamento da frequência cardíaca e da sua variabilidade durante as diferentes fases do exercício físico progressivo máximo. **Arquivo Brasileiro de Cardiologia**, São Paulo, v.71, n.6, p.2-10, dez.,1998.
- AMORETTI, R.; BRION, R. **Cardiologia do esporte**. São Paulo: Manole, 2001.
- APOLO, A. **Futsal: metodologia e didática na aprendizagem**. São Paulo: Phorte, 2004.
- ARAI Y. et al. Modulation of cardiac autonomic active during and immediately after exercise. **Am. J. Physiol.**, v. 256, (1 Pt 2), p.132-141, 1989.
- AUBERT, A. E.; SEPS B.; BECKERS F. Heart rate Variability in athletes. **Sports Med.**, v.33, n.12, p.889-919, 2003.
- BAR-OR, O. The Wingate anaerobic test: An update on methodology, reability and validity. **Sports Medicine**, v. 50 p.273-282, 1987
- BEDIZ, C. S. et al. Comparison of the anaerobic contributions to wingate anaerobic tests perfomed with two different loads. **The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v.38, n.1, mar., 1998.
- CARNEIRO, A. L.; LOPES, T.; MOREIRA, A. L. **Mecanismo de adaptação do exercício físico**. Faculdade de Medicina da Universidade do Porto: Texto Apoio, 2002.
- CARVALHO, J. L. A. et al. Avaliação de métodos de interpolação do sinal de variabilidade da frequência cardíaca. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA BIOMÉDICA,18.,2002, São José dos Campos, **Anais...** São José dos Campos: UNIVAP, 2002. p.337-341.
- _____. Desenvolvimento de um sistema para análise da variabilidade da frequência cardíaca. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA BIOMÉDICA, 18., 2002, São José dos Campos, **Anais...** São José dos Campos: UNIVAP, 2002. p.337-341.
- COLE, C. R. et al. Heart-rate recovery after submaximal exercise testing as a predictor of mortality in a cardiovascularly healthy cohort. **Ann. Intern. Méd.**, v.132, n.7, p.552-555, 2000.
- COLEMAN, S. G. S.; HALE, T. The effect different calculation methods of flywheel parameters on the wingate anaerobic test. **Can J Appl Physiol.**, v.23, n.4, p.409-417, 1998.
- COLONTONIO, E.; BARROS, R. V.; KISS, M. A. P. D. M. Consumo de oxigênio em testes de Wingate para membros superiores e inferiores em nadadores e jogadores de pólo aquático. **Rev. Bras. Med. Esporte**, v.9, n.3, p.136-144, Maio/Jun., 2003.

- DAVINI, R. et al. Frequência cardíaca de repouso e modulação parassimpática cardíaca em atletas idosos e idosos fisicamente ativos. **Rev. Ciência Médica**, v.13, n.4, p. 307-315, out./dez., 2004.
- DELANEI, J. P. A.; BRODIE, D. A. Efectes of short-term psychological tress on the time and frequenc domains of heart-rate variability. **Percentual and Motor Skills**, v.91, p.514-524, 2000.
- DENADAI, B. S.; GUGLIEMO, L. G. A.; DENADAI, M. L. D. R. Validade do teste de Wingate para avaliação da perfomance em corridas de 50 e 200 metros. **Rev. MOTRIZ**, v.3, n.2, p.90-94, dez., 1997.
- DIONNE, I. J.; WHITE, M. D.; TREMBLAY, A. The reproducibility of power spectrum analysis of heart rate variability before and after a standardized meal. **Phisicology & Behavior**, v.7, p.267-271, 2002.
- FERREIRA, A. T. R. **Efeitos da liberação miofascial na modulação autonômica do coração em sujeitos saudáveis**. 2004. 60p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Biomédica). Universidade do Vale do Paraíba, São José dos Campos.
- FOSS, M. L.; KETAYIAN S. J. **Bases fisiológicas do exercício e do esporte**. 6.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000.
- FRANCHINI, E. Teste anaeróbico de Wingate: conceitos e aplicação. **Rev. Mackenzie de Educação Física e Esport**, v.1, n.1, p.11-27, 2002.
- FRANCHINI, K. G. Controle neural da função cardíaca. In: MACHADO, César Luiz Antônio. **Manual de Cardiologia**, Supl. I: Ateneu, 2000. c.1, p.1-5.
- FREITAS, A. F. Sistema nervoso autónomo e aparelho cardiovascular: um paradigima de auto-organização, complexidade e caos. **Rev. Port. de Cardiol.**, v.19, p. 161-191, 2000.
- GALLO JÚNIOR, L. et al. Sympathetic and parasympathetic changes in heart rate control during dynamic exercise induced by endurance training in man. **Brasilian J. Med Res.** v.22, p.631-643, 1989.
- GALLO, J. A. et al. Análisis em tiempo y frecuencia de la variabilidad R-R en desportistas y sedentarios. **Acta Médica Colombiana**, v.26, n.2, mar./abr. 2001.
- GRAFF, K. M. V. **Anatomia Humana**. 6.ed. Barueri: Manole, 2003.
- GRUPI, C. G. et al. Variabilidade da frequência cardíaca: significado e aolicação clínica. **Rev. Ass. Med. Brasil**, v.40, n.2, p.129-136, 1994.
- GUYTON, A. C.; HALL, J. E. **Tratado de fisiologia médica**. 10.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2002.
- HALLAKE, J. O eletrocardiograma normal do adulto. In: _____. **Eletrocardiograma**. São Paulo: Medsi, 1994. cap.11, p.113-123.
- HEYWARD, V. H.; STOLARCZYK, L. M. **Avaliação da Composição Corporal Aplicada**. Barueri: Manole, 2000.

- HULL, S. S. et al. Exercise training confers anticipatory protection from sudden death during acute myocardial ischemia. **Circulation**, v.89, n.2, p.548-552, 1994.
- HUTZLER, Y. Anaerobic fitness testing of wheelchair users. **Sports med.**, v.25, n.2, feb., 1998.
- JUNQUEIRA JÚNIOR, L. F. Disfunção Autonômica Cardíaca. In: PORTO C. C. **Doenças do coração, tratamento e reabilitação**. Rio de Janeiro: Guanabara, 1998. c.58, p.306-311.
- KANNANKERIL, P. J.; GOLDBERGER, J. J. Parasympathetic effects on cardiac electrophysiology during exercise and recovery **Am. J. Physiol.- Heart Circ. Physiol.**, v.282, p.2091-2098, 2002.
- KAWAMURA, T. Avaliação da capacidade física e teste ergométrico. **Rev. da Sociedade de Cardiologia do Estado de São Paulo**, v.11, n.3, p.659-679, mai./jun., 2001.
- KLEIGER, RE, MILLER, JP, BIGGER, JR, JT et al. Decreased heart rate variability and its association with increased mortality after acute myocardial infarction. **AM j cardiol**,59:256-262, 1987
- LIMA, A. M. J.; SILVA, D. V. G.; SOUZA, A. O. S. Correlação entre medidas direta e indireta do VO₂max em atletas de futsal. **Rev. Bras. de Medicina do Esporte**, v.11, n.3, May/June, 2005. Disponível em: <<http://www.Scielo.com.br>>. Acesso em: Jan. 2006.
- LIMA, J. R. P. R.; KISS, M. A. P. D. Limiar de variabilidade da frequência cardíaca. **Rev. Bras. Atividade Física & Saúde**, v.4, n.1, p.29-36, 1999.
- LONGO, A.; FERREIRA, D.; CORREIA, M. J. Variabilidade da frequência cardíaca. **Rev. Port. Cardiologia**. v.14, n.3, p.241-262, 1995.
- LOPATO, M.; MONTGOMERY, D. L.; BATISTA, W.C. Efeito da massa e composição corporal sobre a produção de potência média no teste de Wingate. **Rev. Bras. de Ciência e Movimento**, v.4, n.3, p.7-12, 1990.
- MACHADO, C. E. P. et al. Fatores fisiológicos e antropométricos associados com a performance em subida no ciclismo off road. **Rev. Bras. de Ciência e Movimento**, v.10, n.4, p.35-40, out., 2002.
- MACIEL, B. C. et al. Parasympathetic contribution to bradycardia induced by endurance training in man. **Cardiovasc. Res.**, v.19, p.642-648, 1998.
- MALIK, M.; WRITING, C. Heart rate variability. Standards of measurement, phisicological interpretation, and clinical use. **European Heart Journal**, v.17, p.354-381, 1996.
- MARÃES, V. R. F. S. et al. Determinação e validação do limiar de anaerobise a partir dos métodos de análise da frequência cardíaca e de sua variabilidade. **Rev. Soc. Cardiologia Estado de São Paulo**, Supl. A, v.13, n.4, p.1-15, Jul./Ago., 2003.
- McARDLE W. D.; KATCH F. I.; KATCH V. L.; **Fisiologia do exercício: energia, nutrição e desempenho humano**. 4.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1998.
- MOLINARI, B. **Avaliação Médica e Física Para Atletas e Praticantes de Atividades Físicas**. São Paulo: Roca, 2000.

MUTTI, D. **Futsal da iniciação ao alto nível**. 2.ed. São Paulo: Phorte, 2003.

NISSINEN, S. I. et al. Heart rate recovery after exercise as a predictor of mortality among survivors of acute myocardial infarction. **Am. J. Cardiol.**, v.91, n.6, p.711-714, 2003.

NÓBREGA, A. C. L. Fisiologia do exercício. **Rev. Soc. Cardiologia do Estado do Rio de Janeiro**, v.13, n.4, p.19-23, 2000.

NOVAIS, L. D. et al. Avaliação da variabilidade da frequência cardíaca em repouso de homens saudáveis sedentários e de hipertensos e coronariopatas em treinamento físico. **Rev. Bras. de Fisioterapia**, v.8, n.3, p.207-213, 2004.

OKANO, A. H. et al. Efeito da aplicação de diferentes cargas sobre o desempenho motor no teste de wingate. **Rev. Bras. de Ciência e Movimento**, v.9, n.4, p.7-11, out., 2001.

OLIVEIRA, D. J.; GOMES, M. E. D.; AGUIRRE, L. A. Análise da variabilidade da frequência cardíaca baseada no estudo de modelos identificados. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA BIOMÉDICA, 18. 2002, São José dos Campos, **Anais...** São José dos Campos: UNIVAP, 2002. p.355-359.

PASCHOAL, M. A. et al. Controle autonômico cardíaco durante a execução de atividade física dinâmica de baixa intensidade. **Rev. Soc. Cardiologia de São Paulo**, Supl. A, v.13, n.5, p.1-11, set./out., 2003.

PERINI, R. et al. Plasma norepinephrine and heart rate dynamics during recovery from submaximal exercise in man. **Eur. J. Appl. Physiol.**, v.58, n.8, p.879-883, 1989.

PICHON, A. P. et al. Spectral analysis of heart rate variability during exercise in trained subjects. **Medicine & Science in Sports & Exercise**. p.1702-1708, June, 2004. Disponível em: <<http://www.acsm-msse.org>> Acesso em: 27 nov. 2004.

PITZALIS, M. V. et al. Short-and-long term reproducibility of time and frequency domain heart rate variability measurements in normal subjects. **Cardiovascular Research**, v.32, p.226-233, 1996.

POWERS, S. K.; HOWLEY, E. T. **Fisiologia do exercício: teoria e aplicação ao condicionamento e ao desempenho**. 3.ed. Barueri: Manole, 2000.

PRADO, R. L. **Variabilidade da frequência cardíaca: estudo comparativo das respostas autonômicas cardiovasculares em atletas de futsal e sedentários jovens**. 2005. 191p. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas). Universidade do Vale do Paraíba, São José dos Campos. 2005.

PUIG, J. et al. Spectral analysis of heart rate variability in athletes. **The Journals of Sports Medicine and Physical Fitness**, v.33, n.1, mar., 2003.

PUMPRLA, J. et al. Functional assessment of heart rate variability: physiological basis and practical applications. **International Journal of Cardiology**, v.84, p.1-14, 2002.

REBELO, A. N. et al. O controle autonômico da frequência cardíaca em repouso é alterado pelo treino? Estudo da variabilidade da frequência cardíaca em futebolista profissionais após o desfofo e após o período preparatório das competições. **Rev. Port. Cardiologia**, v.16,

n.6, p.535-541, 1997.

RIBEIRO, J. P.; IBANEZ, J. M.; STEIN, R. Autonomic Nervous Control of the Heart Rate Response to Dynamic Incremental Exercise: Evaluation of the Rosenblueth-Simeone Model. **Eur. J. Appl. Physiol.**, v.62, p.140-144, 1999.

RIBEIRO, J. P.; MORAES FILHO, R. S. Variabilidade da frequência cardíaca como instrumento de investigação do sistema nervoso autônomo. **Rev. Bras. Hipertensão**, v.12, n.1, p.14-20, 2005.

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

RONDON, M. U. P. B. et al. Noções sobre fisiologia integrativa no exercício. In: NEGRÃO C. E.; BARETTO A. C. P. **Cardiologia do exercício. Do atleta ao cardiopata**. Barueri: Manole, 2005. c.1, p.25-42.

SANCHES, P. C. R.; MOFFA P. J. Atividade elétrica normal do coração. In: _____. **Eletrocardiograma normal e patológico**. 7.ed. São Paulo: Roca, 2001. c.2, p.27-53.

SANTANA, A. **A capacidade cardiorrespiratória no futsal**. 2001. <<http://www.futsalbrasil.com.br/artigo/artigo.php>>. Acesso em: Jan. 2006.

SCHWARTZ P. J.; BILLMAN, G. E; STONE, H. L. Autonomic mechanisms in ventricular fibrillation induced by myocardial ischemia during exercise in dogs with healed myocardial infarction. An experimental preparation for sudden cardiac death. **Circulation**, v.69, n.4 p.790-800, 1984.

SILVERTHORN, D. U. **Fisiologia humana: uma abordagem integrada**. 2.ed. Barueri: Manole, 2003.

TASK FORCE of European Society of cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. Heart rate variability. Standards of measurement, physiological Interpretation, and clinical use. **Eur. Heart. J.**, v.17, p.354-381, 1996.

THOMAS, C.; PLOWMAN, S. A. ; LOONEY M. A. Reliability and validity of the anaerobic speed test and the field anaerobic shuttle test for measuring anaerobic work capacity in soccer players. **Anaerobic Work Capacity**, v.6, n.3, p.187-205, 2002.

USHIZIMA, M. R. **Desenvolvimentos de ferramentas para análise de sinais biológicos nos domínios tempo, frequência e tempo-frequência: aplicação ao estudo da regulação da pressão arterial**. 2000. 146p. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica). Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

VANOLI, E. et al. Vagal stimulation and prevention of sudden death in conscious dogs with a healed myocardial infarction. **Circ. Res.**, v.68, n.5, p.1471-1481, 1991.

VOSER, R. C.; GÍUSTI, J. G. **O futsal e a escola: uma expectativa pedagógica**. Porto Alegre: Artmed, 2002.

WEINICH, J. **Biologia do esporte: sistemas orgânicos e treinamento esportivo**. São Paulo: Manole, 2000.

WILMORE, J. H.; COSTILL, D. L. **Fisiologia do esporte e do exercício: adaptações cardiorrespiratória ao treinamento**. S.l.: s.ed., 2001.

ANEXOS

ANEXO A

UNIVERSIDADE DO VALE DO PARAÍBA – UNIVAP
INSTITUTO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO – IP&D

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido – TCLE

Eu,....., declaro ter sido informado do projeto de pesquisa “VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA EM JOGADORES DE FUTSAL SUBMETIDOS A UM TESTE DE POTÊNCIA ANAERÓBICA – WINGATE”, inclusive de sua importância, justificativa, objetivos, metodologia e procedimentos para coleta de dados, estando assim esclarecido das implicações de minha participação nele como sujeito da pesquisa. Declaro ainda que minha participação na pesquisa e minha assinatura neste documento são de livre e espontânea vontade, estando ciente de que os resultados da pesquisa poderão ser divulgados e utilizados em estudos e em publicações futuras.

Ficam-me assegurados os seguintes direitos: liberdade para interromper em qualquer fase da pesquisa no momento em que achar necessário; anonimato de minha identidade; e o conhecimento dos resultados obtidos quando por mim solicitado. Declaro também ter recebido todos esses esclarecimentos por escrito, junto com este termo de consentimento.

São José dos Campos,.....de.....de 2006.

Nome:.....

Assinatura:.....

ANEXO B**COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA DA UNIVAP****CERTIFICADO**

Certificamos que o Protocolo n.º H001/2006/CEP, sobre “*Variabilidade da frequência cardíaca em jogadores de Futsal submetidos a um teste de potência anaeróbica -Wingate*”, sob a responsabilidade do Prof. Dr. Rodrigo Alexis L. Osório, 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 fevereiro de 2006

PROF. DR. LANDULFO SILVEIRA JUNIOR

Presidente do Comitê de Ética em Pesquisa da Univap