

**COMPORTAMENTO DA VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA, PRESSÃO ARTERIAL E GLICEMIA DURANTE EXERCÍCIO PROGRESSIVO MÁXIMO EM DOIS ERGÔMETROS DIFERENTES****Ricardo Burgatti e Silva<sup>1</sup>, Gabriel Rodrigues da Silva<sup>1</sup>, César Cavinato Cal Abad<sup>2</sup>****RESUMO**

**Introdução:** Os limiares metabólicos são utilizados na prescrição de treino. Além da FC, estudos relacionados à sua variabilidade são usados na investigação sobre a função autonômica cardíaca. **Objetivo:** Verificar a FC e sua variabilidade, glicemia e PA entre dois ergômetros. **Revisão da Literatura:** A atuação dos ramos simpático e vagal do SNA sobre o nodo sinusal promovem aumento ou diminuição da FC. A variação entre os batimentos cardíacos sucessivos (VFC) permite quantificar a modulação do SNA. A VFC pode ser utilizada para prescrição de exercícios. Para cada modalidade de exercício a PA responde de uma forma. **Materiais e Métodos:** Quatro homens ( $21,75 \pm 3,86$ ) iniciaram o protocolo com um período de repouso sentado no cicloergômetro, seguido de teste progressivo em cicloergômetros diferentes. Foram medidos a glicemia e aferido a pressão arterial. Na análise da FC e VFC foi utilizado o teste t de student. O intervalo de pulso e a FC foram registrados pela utilização do Polar S810. Os valores de RMSSD e SDNN de cada carga foram calculados Utilizando o programa HRV analisys 7.0 (Finlândia). **Resultados:** Diminuição progressiva da glicemia ( $p < 0,05$ ). Aumento progressivo da PAS e a PAD ( $p < 0,05$ ). FC com aumento linear ( $p < 0,05$ ). Possível encontrar o LimVFC em ambos ergômetros não havendo diferença entre eles ( $p < 0,05$ ). **Discussão:** Observa-se aumento da PAS e manutenção ou redução da PAD. Um desvio da linearidade foi observado mensurando a FC determinando o limiar anaeróbio. Mediante a análise da curva de VFC durante o exercício é possível identificar a intensidade de esforço onde ocorre a retirada vagal. **Conclusão:** Parece não haver diferença entre diferentes os ergômetros em sujeitos saudáveis.

1 – Programa de Pós-Graduação Lato-Sensu da Universidade Gama Filho – Fisiologia do Exercício: Prescrição do Exercício.

2 – Universidade Bandeirantes – UNIBAN

**ABSTRACT**

Acute behavior of variability of heart rate, blood pressure and blood glucose in different ergometers

**Introduction:** The metabolic thresholds are used for designing training. In addition to FC, studies related to its variability are used in research on autonomic function cardiac. **Objective:** Check the HR and its variability, blood glucose and BP between two ergometers. **Reviser Literature:** The role of the sympathetic and vagal branches of the ANS on the sinus node promotes an increase or decrease in heart rate, the variation between successive heartbeats (HRV) to quantify the modulation of SNA. HRV can be used for exercise prescription. For each mode of exercise to respond to a BP in different form. **Materials and Methods:** Four men ( $21.75 \pm 3.86$ ) started the protocol with a resting period sitting on the cycle ergometer, followed by a progressive test on different ergometers. We measured blood glucose and blood pressure measured. In the analysis of HR and HRV was used t test Student. pulse interval and HR were recorded by using the Polar S810. Os values of RMSSD and SDNN of each load were calculated using the program HRV analisys 7.0 (Finland). **Results:** Progressive decrease of blood glucose ( $p < 0.05$ ). progressive increase in SBP and DBP ( $p < 0.05$ ). HR with a linear increase ( $p < 0.05$ ). Can find LimVFC on both ergometers no difference between them ( $p < 0.05$ ). **Discussion:** There was an increase in SBP and maintenance or reduction of PAD. Um deviation from linearity was observed by measuring the HR determining the threshold anaerobic. Mediates the curve analysis of HRV during exercise is possible identify the intensity of effort which the withdrawal occurs vagal. **Conclusive:** There seems no difference between the different ergometers in healthy subjects.

Endereço para correspondência:

E-mail: [burgatti@superig.com.br](mailto:burgatti@superig.com.br)

**INTRODUÇÃO**

A atividade física esta cada vez mais presente no cotidiano das pessoas. Rosa e Júnior, (2005) afirmam que o treinamento físico tem sido largamente utilizado nos últimos anos com finalidade terapêutica e preventiva em uma série de condições fisiopatológicas, incluindo doenças cardiovasculares. Tal citação nos faz refletir sobre a importância da prática de exercícios para a manutenção do bem estar de um indivíduo.

Robergs e Roberts, (2002) defendem que a prática prolongada e repetida de um exercício pode causar alterações estruturais e funcionais no organismo, mas estas alterações dependerão do controle da carga de cada atividade, já que os ajustes são específicos aos tipos de estímulos proporcionados.

São várias as maneiras de se controlar a atividade física. Uma prescrição segura deve sempre ajustar intensidade, duração, frequência e progressão para ser considerada adequada.

O controle de variáveis fisiológicas como consumo máximo de oxigênio ( $VO_{2m\acute{a}x}$ ), limiares ventilatórios e de lactato, frequência cardíaca (FC), percepção subjetiva de esforço, potência e velocidade críticas tem sido comumente utilizado a fim de se determinar a carga de treinamento (Abad, 2006).

Contudo, os métodos mais precisos também acabam sendo os que necessitam de maior custo, e por este motivo a utilização de ferramentas menos dispendiosas se tornam interessantes, especialmente no aspecto prático do treinamento.

A frequência cardíaca e sua variabilidade (VFC) têm sido ferramentas recentemente utilizadas para este fim, pois além de serem não-invasivas são de fácil acesso e possuem baixo custo operacional quando comparadas a outras metodologias; i.e.; lactato e  $VO_2$ , por exemplo.

Considerando que recentemente identificou-se o chamado limiar de VFC (LimVFC), apesar de se mostrar vantajoso por razões já discutidas anteriormente, os estudos que o investigara, na grande maioria, o fizeram utilizando somente cicloergômetros verticais e sabendo que a identificação destes limiares dependem não só de idade, gênero e estado de treinamento, mas também do tipo de protocolo e ergômetro.

**FREQUÊNCIA CARDÍACA**

A frequência cardíaca é definida como o número de sístoles realizadas pelo Ventrículo esquerdo em 1 minuto.

Atualmente é a melhor e mais prática maneira para se controlar a intensidade de treinamento, além de possuir o menor custo.

Paschoal, Volante e Pires (2006) afirmam que a influência exercida pelo sistema nervoso autônomo (SNA) sobre o funcionamento de todos os sistemas do organismo humano é essencial para a preservação do equilíbrio fisiológico, desta forma permitindo sua perfeita interação com o meio ambiente circundante. Qualquer fator de desequilíbrio promove respostas automáticas e involuntárias com a finalidade de reverter este processo e retomar o equilíbrio funcional. Este mecanismo regulador recebe o nome de respostas autonômicas e são realizadas pelo SNA e suas subdivisões anatomo-funcionais denominados de sistema nervoso simpático (SNS) e sistema nervoso parassimpático (SNP) presentes em todos os órgãos que, controlados em rede, trabalham em conjunto buscando a harmonia para o perfeito funcionamento do organismo.

Apesar de ser responsável e capaz de regular seu ritmo, conduzir os estímulos intracardíacos e possuir contratilidade o coração tem suas funções controladas pelo SNA, sendo ele o responsável pelo ritmo e bombeamento cardíaco, adequando essas funções às necessidades metabólicas e teciduais, às quais os seres humanos estão expostos e em suas rotinas diárias (Paschoal, Volante e Pires, 2006).

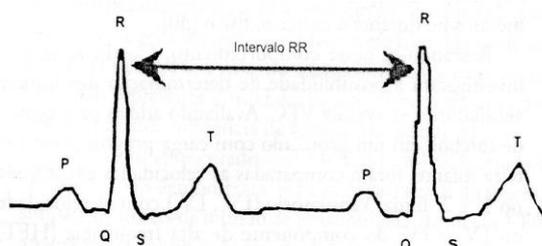
O equilíbrio entre a atividade vagal (parassimpática) e simpática sobre o nodo sinusal permitem que o intervalo de pulso entre batimentos sucessivos não sejam como um metrônomo, ao contrário, faz com que os batimentos variem conforme a situação e esta sucessão de variação entre os intervalos de pulsos dos batimentos cardíacos é intitulada como variabilidade da frequência cardíaca (VFC), (Abad, 2006).

**VARIABILIDADE DA FREQUENCIA CARDÍACA**

Como visto anteriormente, a VFC é definida como as oscilações nos intervalos R-R entre ciclos cardíacos instantâneos (Almeida

e Araújo (2003; Abad e colaboradores, 2007) e além de ser obtida por métodos lineares e não-lineares, tem sido utilizada para identificar a intensidade as transições metabólicas durante o esforço, determinada pelo equilíbrio entre atividade vagal e simpática do SNA, permitindo quantificar sua modulação e a frequência de disparo do nodo sinoatrial. Logo a VFC pode ser considerada um indicador da capacidade aeróbia, sendo utilizada como parâmetro fisiológico para prescrição de exercício (Cambri e colaboradores, 2008).

A figura 1 mostra o momento do intervalo R-R que é usado para calcular a VFC.



**Figura 1** – Representa um intervalo R-R. Lopes e colaboradores, 2009.

Os métodos lineares analisam o domínio da frequência em determinado tempo e as oscilações encontradas são então divididas em diferentes frequências. Para análise do domínio do tempo é realizada a medição do intervalo de tempo entre batimentos sucessivos do intervalo RR durante determinado período. Os cálculos podem ser realizados com base nos intervalos RR individuais (SDNN) e refere-se ao desvio-padrão da média de todos os intervalos normais, que representa a modulação do SNA demonstrando a atividade simpática e parassimpática. Para os cálculos com base nos intervalos RR adjacentes (RMSSD) sendo a raiz quadrada da média do quadrado das diferenças entre intervalos RR normais representando a modulação parassimpática (TASK FORCE, 1996).

### VARIABILIDADE DA FREQUENCIA CARDÍACA E EXERCÍCIO

O aumento da atividade vagal está relacionado à melhora da aptidão física. Estudos apontam a relação da VFC com índices de aptidão aeróbia e sua sensibilidade aos efeitos do treinamento (Cambri e colaboradores, 2008).

Com relação à fase pós exercício, ainda não houve estudos profundos nos últimos anos, mas os resultados ainda são divergentes com relação ao tempo para a total restauração aos níveis de repouso do SNA. O tempo necessário para o retorno da FC aos níveis de repouso depende das funções autonômicas, do grau de condicionamento do sujeito e da intensidade que o exercício foi interrompido. Segundo Almeida e Araújo (2003) o tempo de recuperação da FC pode chegar a aproximadamente uma hora após exercício leve ou moderado, quatro horas após exercício aeróbio de longa duração e chegar a 24 horas após exercício intenso.

Estes autores corroboram com a idéia de que é importante o estudo da VFC para todos os indivíduos, atletas ou não, para prescrição de atividade física seja para ganhos de aptidão física ou qualidade de vida.

### PRESSÃO ARTERIAL

Pressão arterial (PA) pode ser definida como a força ou a pressão exercida pelo sangue contra as paredes arteriais. (McArdle, Katch e Katch, 2008; Costa e Teodoro, 2008).

A pressão arterial é fragmentada em pressão arterial sistólica (PAS) ocorrida durante a sístole ventricular, representa o trabalho e força exercida pelo sangue contra as paredes arteriais. E pressão arterial diastólica (PAD) sendo a facilidade com que o sangue flui das arteríolas para dentro dos capilares na fase de relaxamento do ciclo cardíaco denominado como diástole sendo que  $PAD + [(PAS - PA)/3]$  representa a pressão arterial média (PAM) (McArdle, 2008; Robergs e Roberts, 2002).

Calculo da PAM é baseado na duração da diástole que aproximadamente ter vezes maior que a sístole (Robergs e Roberts, 2002).

### PRESSÃO ARTERIAL E O EXERCÍCIO

A PA responde de forma diferente dependendo do exercício adotado, alterando-se conforme a variação do estímulo proporcionado (McArdle, Katch e Katch, 2008).

Robergs e Roberts (2002) confirma que o estímulo do exercício leva a alterações estruturais no sistema cardiovascular alterando seu ritmo de acordo com a intensidade do treinamento físico.

Durante os exercícios progressivos observa-se um aumento gradativo da PAS e um aumento não muito expressivo da PAD (McArdle, Katch e Katch, 2008).

## GLICEMIA

Glicemia é definida como a concentração de glicose na corrente sanguínea, diretamente relacionada aos de carboidratos ingeridos durante a alimentação (McArdle, Katch e Katch, 2008).

O pâncreas é o órgão responsável pela regulação dos níveis de glicemia, através de dois hormônios secretados por ele, a insulina liberada pelas denominadas células beta e o Glucagon pelas células alfa (McArdle, Katch e Katch, 2008).

A alta concentração de glicose na corrente sanguínea resulta na liberação da insulina. A partir da sua liberação a membrana celular fica permeável facilitando a entrada da glicose, que por sua vez é transportada para o interior da célula, ocasionando uma redução glicêmica seguida pela remoção do estímulo de liberação de insulina (McArdle, Katch e Katch, 2008).

Segundo Oliveira (2009) a manutenção da glicemia é importante para evitar a glicogenólise atenuando os distúrbios homeostáticos como hipoglicemia.

Assim como ocorre com a insulina a concentração plasmática de glicose controla a produção do Glucagon pelo pâncreas e quando os níveis glicêmicos são diminuídos é estimulada a liberação de Glucagon (McArdle, Katch e Katch, 2008).

McArdle, Katch e Katch, (2008) denomina o Glucagon como um hormônio antagonista da insulina. Considerando características principais: a insulina é hormônio catabólico enquanto que o Glucagon é um hormônio anabólico, a insulina é secretada quando níveis de glicose estão elevados, e o glucagon secretado quando os níveis de glicose estão reduzidos.

## GLICEMIA E EXERCÍCIO

Durante o exercício a disponibilidade de glicose pode ser reforçada pela atividade metabólica hormonal, com as altas concentrações de catecolaminas, cortisol, hormônio do crescimento e glucagon. O glucagon está relacionado com a glicogenólise

e a gliconeogênese durante o exercício progressivo, sendo que o SNS estimula a glicogenólise por ação das catecolaminas (Simões e colaboradores, 1999).

Simões e colaboradores (1999) afirmam que a adrenalina e o glucagon são os principais hormônios responsáveis pelo aumento da concentração de glicose no sangue. Porém verificou-se que a adrenalina é responsável pelo controle mais potente e rápido da glicogenólise durante o exercício e este depende da intensidade do mesmo.

Autores como McArdle, Katch e Katch (2008) e Robergs e Roberts (2002) afirmam que o comportamento da glicemia esta diretamente ligado ao consumo de macronutrientes em particular, os carboidratos. Sendo que seu consumo tem importantíssima relação com os estoques de combustível energético e com níveis de glicemia.

Os macronutrientes têm relação direta com o exercício, pois possuem a função de restabelecer o glicogênio muscular/hepático e de manter as concentrações normais de glicose no sangue (Robergs e Roberts 2002)

Durante a atividade física ocorre a diminuição da insulina e a o glucagon faz com que ocorra o aumento na produção de glicose hepática durante o exercício. Com os diferentes estímulos de intensidade do exercício o músculo esquelético exige maiores quantidades de glicogênio e quanto mais intenso o esforço, maior será a solicitação de glicogênio o que faz com que os valores da glicemia sejam reduzidos após exercícios intensos em comparação aos valores antes do exercício (McArdle, Katch e Katch, 2008).

Assim como o lactato a frequência cardíaca, também é possível identificar uma zona de transição analisando do comportamento da glicemia durante o exercício.

Simões e colaboradores (1999) compararam o comportamento da glicemia ao do lactato mínimo e propôs uma identificação de limiar utilizando concentração sanguínea de glicemia.

Malachias, Zabaglia e Douza (2007) em estudo realizado conseguiu identificar o limiar anaeróbio através da resposta glicemia mensurada com um glicosímetro clínico durante exercício incremental em sujeitos sedentários. Foram comparadas cargas de trabalho entre limiar de lactato com o menor valor glicêmico. A reposta dos dois limiares foi semelhante, tornando possível determinar

cargas de trabalho com ambos, porém o autor conclui que mesmo com os resultados positivos a técnica de determinar cargas de trabalho através do menor valor glicêmico ainda depende de novos experimentos.

Pelo exposto anteriormente o presente trabalho teve como objetivo comparar o comportamento de variáveis hemodinâmicas: pressão arterial sistólica (PAS), pressão arterial diastólica (PAD) e FC, autonômicas: (VFC) e metabólicas (glicemia) durante exercício progressivo máximo realizado em dois tipos de ergômetros; um vertical e outro horizontal

### MATERIAIS E MÉTODOS

A amostra foi constituída de 4 indivíduos do gênero masculino e idade média de  $21,75 \pm 3,86$  anos, fisicamente ativos com frequência mínima de 4 vezes por semana. Todos os indivíduos foram previamente informados sobre os procedimentos experimentais e concordaram na sua participação.

Assim que chegaram ao local dos testes, foram posicionados no cicloergômetro e orientados a ficar em repouso por 10 minutos antes de iniciarem o protocolo de exercício e neste momento foi aferida a pressão arterial e a glicemia dos indivíduos bem como o início da marcação da VFC.

Após este período de 10 minutos de repouso com o indivíduo sentado no cicloergômetro iniciou-se o teste utilizando-se um protocolo escalonado.

A cada 3 minutos houve incrementos de carga de 1,0 Kpm até o máximo de 4,0 Kpm, sendo que a cada marca de 3 minutos, foi aferida a pressão arterial, medido a glicemia e feito a marcação da variabilidade da frequência cardíaca no polar. Caracteriza o término do teste o final do terceiro minuto na carga de 4 Kpm, ou até o avaliado parar por

fadiga e então se inicia um período de 3 minutos de recuperação ativa com a carga de 0,5 Kpm, e então o avaliado parava totalmente.

Após este período de recuperação ativa, o indivíduo permaneceu sentado em repouso no cicloergômetro por mais 10 minutos e ao final deste período, novamente aferida a pressão arterial, medido a glicemia e feito a marcação da VFC no polar.

Os resultados obtidos de PA e glicemia e de VFC foram analisados em relação ao impacto metabólico do exercício progressivo, em relação à intensidade do exercício e o aumento relativo da potência empregada no cicloergômetro durante o exercício.

Para se estudar a influência do impacto metabólico do exercício progressivo nos cicloergômetros, os comportamentos da VFC da PA e da glicemia foram analisados em repouso antes do início do teste, em todo o teste e após a recuperação.

Os testes foram feitos em dois tipos de cicloergômetros diferentes da marca moviment e modelos BM 4000 e BM 2600. Foram medidos a glicemia com o monitor de glicemia da marca Johnson & Johnson, modelo OneTouch ultra e aferido a pressão arterial com o esfigmomanômetro da marca DIASYT.

Para análise descritiva dos dados foram utilizado média e desvio padrão. Na análise do comportamento da FC e VFC foi utilizada o teste t de student. O intervalo de pulso e a FC foram registrados pela utilização do cardiofrequencímetro Polar S810 e posteriormente transferidos para o PC através do software Polar Precision Performance 3.0. Os valores de RMSSD e SDNN de cada carga foram calculados utilizando o programa HRV analysis 7.0 (Finlândia).

### RESULTADOS

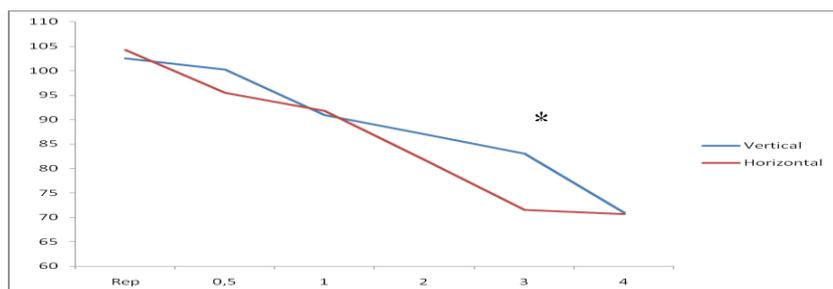


Gráfico 1 - Comportamento glicêmico

# Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício

ISSN 1981-9900 *versão eletrônica*

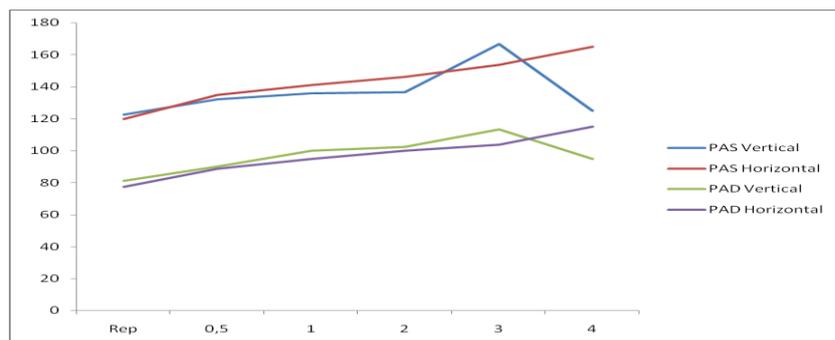
Periódico do Instituto Brasileiro de Pesquisa e Ensino em Fisiologia do Exercício

[www.ibpex.com.br](http://www.ibpex.com.br) / [www.rbpex.com.br](http://www.rbpex.com.br)

O gráfico 1 mostra a diminuição progressiva da glicemia ocorrendo apenas diferença estatística apenas nos 3Kpm/min. (Vertical versus Horizontal;  $p < 0,05$ ).

No gráfico 2, mostra o comportamento da PA onde ocorre o aumento progressivo da

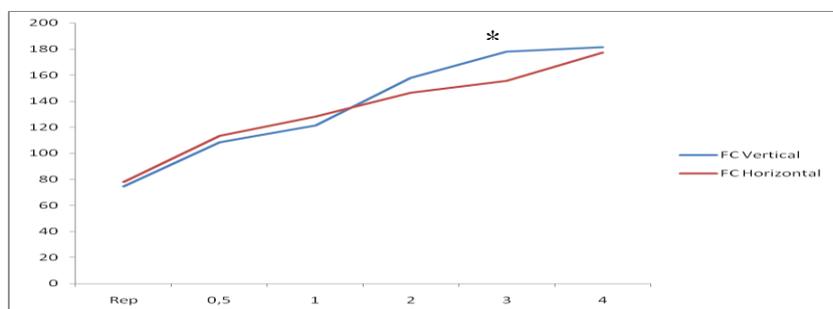
PAS exceto na última carga que ocorreu sua diminuição e a da PAD mostrou-se aumentada exacerbadamente com valores acima de 20mmHg não havendo diferenças estatisticamente os ergômetros (Vertical versus Horizontal;  $p < 0,05$ ).



**Gráfico 2 - Comportamento da PA**

No gráfico 3, mostra o comportamento da FC cardíaca com aumento linear conforme ocorre o aumento da carga sem a identificação do ponto de deflexão ocorrendo diferença estatística apenas nos 3Kpm/min. (Vertical

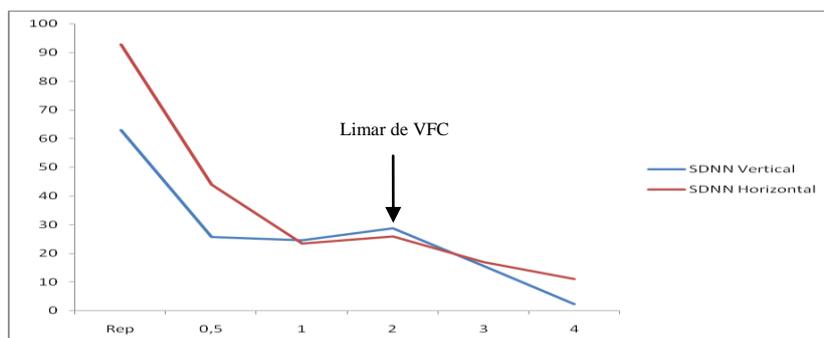
versus Horizontal;  $p < 0,05$ ), sendo a frequência cardíaca máxima semelhante nos dois testes não havendo diferença estatística entre os dois ergômetros.



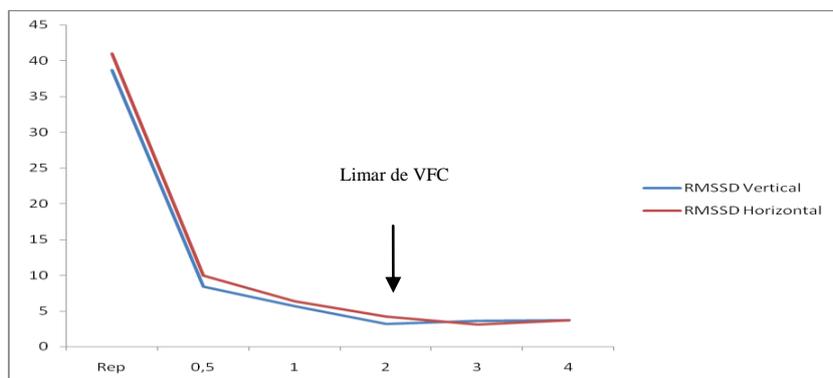
**Gráfico 3 - Comportamento da FC**

Nos gráficos 4 e 5, mostra o comportamento da VFC analisada no domínio do tempo através de cálculo de RR individuais (SDNN) e adjacentes (RMSSD), sendo

possível encontrar o LimVFC em ambos ergômetros não havendo diferença entre eles (Vertical versus Horizontal;  $p < 0,05$ ).



**Gráfico 4 - Limiar de VFC com base nos cálculos de RR individuais (SDNN)**



**Gráfico 5** – Limiar de VFC com base nos cálculos de RR adjacentes (RMSSD)

Os Valores obtidos nos testes são mostrados nas tabelas 1 e 2.

**Tabela 1** – Valores médios dos resultados dos testes no ergômetro vertical

Carga	SDNN	RMSSD	Glicemia	PAS	PAD	FC
Repouso	62,94±22,08	38,64±11,83	99,25±17,34	122,5±5	81,25±6,29	74,74±9,96
0,5	25,83±3,45	8,42±1,59	105,75 ±16,37	132±16	90	108,55±2,15
1,0	24,54±5,34	5,62±1,33	94,75±10,10	135,75±35,48	100±8,16	121,42±2,01
2,0	28,82±7,51	3,17±0,38	87±14,30	136,5±40,60	102,5±5	157,85±5,09
3,0	15,64±9,52	3,62±0,73	87±6,24	166,6±11,54	113,3±5,77	178,01±12,94
4,0	2,39	3,67	-----	125	95	181,56

**Tabela 2** – Valores médios dos resultados dos testes no ergômetro horizontal

Carga	SDNN	RMSSD	Glicemia	PAS	PAD	FC
Repouso	92,87±23,27	41,01±18,31	104,25±19,8	120	77,5±5	77,89±17,16
0,5	43,90±25,78	9,96±7,10	95,5±21,43	135±5,77	88,75±8,53	113,48±19,23
1,0	23,40±9,51	6,33±3,49	9+1,75±17,96	141,25±10,30	95±12,24	128,07±30,01
2,0	25,78±6,75	4,19±1,28	81,75±18,22	146,25±4,78	100±7,07	146,45±23,83
3,0	16,87±6,55	3,10±0,21	71,5±7,59	153,75±7,5	103,75±7,5	155,68±4,56
4,0	10,98±3,15	3,67±0,06	70,6±8,32	165±7,07	115±7,07	177,31±7,61

## DISCUSSÃO

### PRESSÃO ARTERIAL

A pressão arterial apresenta comportamento semelhante tanto durante carga constante quanto progressiva. A pressão arterial sistólica aumenta de acordo com aumento da intensidade da tarefa, contudo há manutenção, aumento ou redução não muito expressivo da pressão arterial diastólica. Durante os exercícios em ritmo estável ocorre a vasodilatação muscular reduzindo a resistência vascular periférica total levando ao aumento do fluxo sanguíneo

através de grandes segmentos da arvore vascular periférica.

Em ritmo estável com carga leve/moderada, o fluxo sanguíneo é aumentado elevando rapidamente a PAS durante os primeiros minutos do estímulo, estabilizando-se em aproximadamente 140 a 160 mmHg em praticantes saudáveis. Observou-se que a continuidade do exercício leva a uma queda gradual da PAS devido a vasodilatação continuada, o que não se observa em exercícios progressivos podendo a PAS alcançar valores próximos de 200 mmHg (McArdle, Katch e Katch, 2008; Forjaz e colaboradores, 1998).

Em nosso estudo, durante o protocolo de ambos os testes. O comportamento da PA mostrou-se progressivo o que é considerado um comportamento previsível. Porém a PAD não apresentou um comportamento considerado previsível, visto que ocorreu aumento exacerbado acima de 20mmHg em relação ao repouso. Sendo que não foi nenhum estudo que explique tal comportamento.

### FREQUENCIA CARDÍACA

A FC é aumentada a partir do início da atividade física, este aumento ocorre de forma linear e proporcional ao aumento da intensidade do exercício. O aumento da FC ocorre por dois fatores: diminuição do tônus vagal e ativação do componente simpático sobre o coração. Já durante o exercício dinâmico o estímulo da atividade nervosa simpática e diminuição da atividade parassimpática levam ao aumento da FC (Negrão e Barreto 2005).

Nos primeiros segundos do exercício, inibição da atividade vagal eleva a FC, não só aumentando a contratilidade dos átrios, mas também elevando a velocidade de condução da onda de despolarização dos ventrículos a partir do nóculo atrioventricular independente do nível de intensidade do esforço e do condicionamento de indivíduos saudáveis. Se o indivíduo não conseguir elevar sua FC significativamente na fase inicial do exercício pode sinalizar uma deficiência da atividade vagal (Almeida e Araújo, 2003).

Durante o protocolo aplicado, conforme Negrão e Barreto (2005) houve aumento linear dos valores da FC proporcional ao aumento da carga, porém não foi possível visualizar o desvio da linearidade, o ponto de deflexão citado por Conconi e colaboradores (1982). Que sugerem a determinação do limiar anaeróbio mensurando a FC através de testes de pista, onde um desvio da linearidade esperada (ponto de deflexão) foi observado.

Contudo, Ribeiro e colaboradores (1985) afirmam que o ponto de deflexão não ocorre em todos os sujeitos e Jones e Doust (1997) reforçam esta afirmação defendendo que o ponto de deflexão só ocorre por causa do protocolo utilizado e não por trata-se de uma variável fisiológica.

Corroborando com o autor supra-citado, Anosov e colaboradores, (2000),

relatam que em muitos estudos. Um número significativo de sujeitos não alcançam o ponto de deflexão que estaria associado ao limiar anaeróbio.

Baseado nas afirmações acima a justificativa para este comportamento não esperado da FC pode ter ocorrido pelo incremento das cargas utilizadas no protocolo serem muito altas e rápidas.

### GLICEMIA

Durante o exercício há uma tendência de declínio da glicemia até os níveis do limiar anaeróbio, depois de alcançado este nível observa-se o aumento da glicemia até ao final do exercício (Simões e colaboradores, 1999).

Estudos comparando a resposta da glicemia e do limiar anaeróbio durante o exercício, concluíram que aumentos exponenciais da intensidade do limiar anaeróbio ocorrem paralelamente ao aumento das concentrações de glicose no sangue, sendo possível avaliar a capacidade aeróbia pelo limiar glicêmico (Simões e colaboradores 1999).

Diferente da citação acima, em nosso estudo, nos testes realizados ocorreu um comportamento adverso. Os valores da glicemia tiveram apenas um declínio progressivo não apresentando nenhum tipo de aumento dos valores glicêmicos não sendo possível identificar o limiar glicêmico. Uma possível justificativa para o ocorrido pode ser pela falta de controle da dieta, pois neste trabalho não se padronizou a dieta dos indivíduos avaliados e podendo ser também que o incremento das cargas de trabalho que foram de 1Kpm/min. foi progredida de forma muito rápida quando comparada aos protocolos utilizados em outros estudos

### VARIABILIDADES DA FREQUENCIA CARDÍACA

Existem muitos métodos para avaliação do desempenho físico, porém a VFC está sendo muito estudada no exercício observando a influência da mesma sobre a intensidade do exercício e obter uma relação entre o esforço físico e a atividade autonômica (Zanata e colaboradores, 2008),

A VFC está associada a alguns indicadores de aptidão aeróbia devido a sua sensibilidade a efeitos de treinamento em

diferentes níveis de intensidade (Cambri e colaboradores, 2008).

Estudo com bloqueios farmacológicos, por exemplo, observaram a participação do nervo vago na resposta da FC na fase inicial do exercício identificando predominância da atividade vagal durante o repouso a qual é gradualmente inibida no exercício submáximo tanto ativo como passivo até o nível máximo de esforço, percebendo-se que a atividade parassimpática aparentemente foi inibida produzindo menor ou ausência de VFC.

Alonso e colaboradores (1998) observaram o aumento concomitante da FC relacionado ao consumo de oxigênio, abordando que o comportamento FC durante o exercício relaciona-se com a demanda metabólica na musculatura ativa.

Cambri e colaboradores, (2008), Alonso e colaboradores (1998) e Anosov e colaboradores (2000), afirmam que a FC aumentada resulta em menores alterações na VFC e essa tendência de comportamento ocorre, possivelmente, devido à redução da VFC estar associada à retirada da influência vagal durante o esforço físico, mostrando que assim como nos achados de Abad (2006) e Lopes e colaboradores (2007) o comportamento da VFC encontrado em nosso estudo foi dentro do esperado.

Alonso e colaboradores (1998) afirmam que VFC diminui desde os primeiros instantes do exercício, talvez pela redução da atividade do SNP e um aumento do SNS. Já Cambri e colaboradores (2008), afirmam que essa redução somente atinge níveis expressivos a partir de 60% do consumo de oxigênio de pico ( $VO_{2pico}$ ), de 45-60% da potência máxima ( $W_{max}$ ) e do LA, sendo que a partir deste ponto do exercício a VFC tende a se estabilizar.

Foi observado ainda que durante teste progressivo, a VFC diminui progressivamente até cerca de 50% da carga máxima e a partir desse ponto há tendência de estabilização. Esse comportamento foi constatado em outros trabalhos que utilizaram diferentes protocolos de testes e métodos de identificação da VFC (Abad, 2006; Lima e Kiss, 1999; Alonso e colaboradores, 1998). Mediante a análise da curva de VFC durante o exercício físico é possível identificar a intensidade de esforço na qual a influência da atividade parassimpática é reduzida (Cambri e colaboradores, 2008).

## CONCLUSÃO

A queda progressiva da glicemia sem possibilidade de identificar o limiar glicêmico pode ser considerada um comportamento inesperado, de acordo com as citações dos autores neste trabalho. Tal acontecimento pode ser explicado pela falta de controle da dieta que parece ser um ponto importante no comportamento glicêmico e pelo incremento elevado e rápido de carga durante o teste.

O LimVFC é encontrado em ambos ergômetros e pode ser utilizado para determinação da carga de treinamento.

A FCmáxima foi semelhante nos dois testes não ocorrendo diferença estatística e sem a identificação do Limiar de FC talvez pelo fato de o incremento das cargas do teste muito alto e rápido.

Estudos em populações especiais são necessários para verificar se há o mesmo comportamento

Em indivíduos hipertensos, por exemplo, o ergômetro horizontal poderia refletir em maior redução da PA em relação ao ergômetro vertical pela posição de trabalho que, em teoria, facilita o retorno venoso, porém o ergômetro horizontal não refletiu em redução da PA e ainda, mostrou PAD muito elevada refletindo em risco prescrever exercício intenso para esta população neste tipo de ergômetro

Em indivíduos diabéticos, esta queda na glicemia poderia refletir benefício para diabéticos tipo 2 descompensados, porém poderia ser um risco diabéticos tipo1 controlados pelo fato do sujeito terminar com glicemia próximo de 70 o que pode ser início de hipoglicemia para esta população, devendo ser um fator a ser considerado ao se aplicar testes ou treinamento para este grupo, uma vez que a atividade intensa poderia ser perigosa.

Parece não haver diferença prescrever exercício para ergômetros verticais e horizontais em sujeitos saudáveis, porém em populações especiais como hipertensos e diabéticos, devem-se observar alguns cuidados quando à intensidade de trabalho. Porém este estudo se torna inconclusivo quando a diferença entre os ergômetros horizontal e vertical tendo a necessidade de testes com um maior número de pessoas e requerendo mais estudos inclusive com indivíduos diabéticos e hipertensos para uma

melhor conclusão acerca das diferenças entre eles em todas as populações.

### REFERÊNCIAS

- 1- Almeida, M.B.; Araújo, C.G.S. Efeitos do Treinamento Aeróbico Sobre a Freqüência Cardíaca. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*. Niterói. Vol. 9. Num. 2. 2003. p. 104-112.
- 2- Alonso, D.O.; Forjaz, C.L.M.; Rezende, L.O.; Braga, A.M.F.W.; Barretto, A.C.P.; Negrão, C.E.; Rondon, M.U.P.B. Comportamento da Freqüência Cardíaca e da sua Variabilidade Durante as Diferentes Fases do Exercício Físico Progressivo Máximo. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*. São Paulo. Vol. 71. Num. 6. 1998. p. 787-792.
- 3- Abad, C.C.C. Pode a Variabilidade da Freqüência Cardíaca Identificar os Limiares Metabólicos. Dissertação de Mestrado. Escola de Educação Física e Esportes da Universidade de São Paulo. São Paulo. 2006.
- 4- Abad, C.C.C.; Barros, R.V.; Oliveira, F.R.; Lima, J.R.P.; Pereira, B. Kiss, M.A.P. D'al.; O Segundo Platô da Variabilidade da Freqüência Cardíaca Indica o Segundo Limiar de Transição Fisiológica? *Revista Digital – Ef Deportes*. Buenos Aires. Ano 12. Num. 114. 2007.
- 5- Cambri, L.T.; Fronchetti, O.F.R.; Gevaerd, M.S. Variabilidade da freqüência cardíaca e controle metabólico. *Arquivos Sanny de Pesquisa em Saúde*. Vol. 1, Num. 1. 2008. p.72-82.
- 6- Conconi, F.; Michele, F.; Ziglio, P.G.; Droghetti, P.; Codeca, L. Determination of the Anaerobic Threshold by a Noninvasive Field Test in Runners. *Journal of Applied Physiology*. Vol. 52. Num. 4. 1982. p.869-873.
- 7- Costa, G.R.; Teodoro, E.C.M. Importância dos Exercícios Resistidos em Pacientes Hipertensos. *Revista Brasileira de Fisiologia do Exercício*. São Paulo. Vol. 07. Num. 03. 2008.
- 8- Forjaz, C.L.M.; Matsudara, Y.; Rodrigues, F. B.; Nunes, N.; Negrão, C.E. Post-exercise Changes in Blood Pressure, Heart Rate and Rate Pressure Product at Different Exercise Intensities in Normotensive Humans. *Brazilian Journal Medicine Biological Research*. Ribeirão Preto. Vol. 31. Num.10. 1998. p.1247-55.
- 9- Jones, A.M.; Doust, J.H. The Conconi Test is not Valid for Estimation of the Lactate Turnpoint in Runners. *Journal of the Sports Sciences*. London. Vol. 15. Num. 4. 1997. p. 385-394.
- 10- Lopes, A.; Dias, V.; Cunha, G.S.; Oliveira, A.R.O.; Stochero, C. Variabilidade da Freqüência Cardíaca: Método Não-Invasivo de Avaliação do Limiar Ventilatório. *Revista Brasileira de Fisiologia do Exercício*. São Paulo. Vol. 9. Num. 2. abril/junho 2009. p. 99-105.
- 11- Lopes, F. L.; Pereira F. M.; Reboredo M. M.; Castro T. M.; Vianna J. M.; Novo Jr. J. M.; Silva L. P. Redução da Variabilidade da Freqüência Cardíaca em Indivíduos de Meia-Idade e o Efeito do Treinamento de Força. *Revista Brasileira de Fisioterapia*. São Carlos. Vol. 11, Num. 2. p. 113-119. abr, 2007.
- 12- Malachias, P.C.; Zabaglia, R.; Douza, T. M. Determinação do Limiar Anaeróbio Utilizando o Glicosímetro Clínico. *Revista de Ciências Biológicas e Saúde da Anhanguera Educacional*. Vol. 2. Num. 2. 2007. p. 82-87.
- 13- McArdle, W.D.; Katch, F.I.; Katch, V.L. *Fisiologia do Exercício: Energia, Nutrição e Desempenho Humano*. Ed. 6. Rio de Janeiro. Guanabara Koogan. 2008.
- 14- Negrão C.E.; Barretto A.C.P. *Cardiologia do Exercício. Do atleta ao cardiopata*. Ed. 1. São Paulo. Manole. p. 4. 2005.
- 15- Oliveira, J.F.; Silva, F.M.M.; Navarro, A.C.; Navarro, F.; Ornellas, F.H. Efeito da Ingestão de Diferentes Suplementos Carboidratos na Glicemia de Atletas Jiu-Jitsu. *Revista Brasileira de Fisiologia do Exercício*. São Paulo. Vol. 8. Num. 02. Abril/Junho. 2009. p. 65-70.
- 16- Paschoal, M.A.; Volanti, V.M.; Pires, C.S. E.; Fernandes, F.C. Variabilidade da Freqüência Cardíaca em Diferentes Faixas Etárias. *Revista Brasileira de Fisioterapia*. São Carlos. Vol. 10. Num. 4. 2006. p. 413- 419.

# Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício

ISSN 1981-9900 *versão eletrônica*

Periódico do Instituto Brasileiro de Pesquisa e Ensino em Fisiologia do Exercício

[www.ibpex.com.br](http://www.ibpex.com.br) / [www.rbpfex.com.br](http://www.rbpfex.com.br)

---

17- Ribeiro, J.P.; Fielding, R.A.; Hughes, V.; Black, A.; Bochese, M.A.; Knuttgen, H.G. Heart Rate Break Point May be Coincide With the Anaerobic and not the Aerobic Threshold. International Journal of Sports Medicine. Stuttgart. Vol. 6. Num. 4. 1985. p. 220-224.

18- Robergs, R.A.; Roberts, S.O. Princípios Fundamentais de Fisiologia do Exercício para Aptidão, Desempenho e Saúde. Ed. 1. Phorte. 2002.

19- Rosa, L.F.B.P.C.; Júnior, M.L.B. Efeito do Treinamento Físico Como Modulador Positivo nas Alterações no Eixo Neuroimunoendócrino em Indivíduos com Insuficiência Cardíaca Crônica: Possível Atuação do Fator de Necrose Tumoral- $\alpha$ . Revista Brasileira de Medicina do Esporte. Niterói. Vol. 11. Num. 4. Jul/Ago, 2005. p. 238-242.

20- Simões, H.G.; Grubert Campbell, C.S.; Kokubum, E.; Denadai, B.S.; Baldissera, V. Blood Glucose Responses in Humans Mirror Lactate Responses for Individual Anaerobic Threshold and for Lactate Minimum in Track Tests. European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiolgy. Vol. 80. Num. 1. 1999. p. 34-40.

Recebido para publicação em 12/09/2009

Aceito em 10/01/2010