

COMPORTAMENTO DA FREQUÊNCIA CARDÍACA DE RECUPERAÇÃO EM DIFERENTES INTENSIDADES DE EXERCÍCIOS AERÓBIOS

Vagner Dallazen¹, Carlos Leandro Tiggemann²

Resumo: No treinamento de exercício aeróbio, o emprego do método de análise da frequência cardíaca (FC) permite o reconhecimento da magnitude das adaptações autonômicas e cardiorrespiratórias agudas e crônicas do treinamento. Importantes e complexas alterações ocorrem durante e após o exercício aeróbio, como adaptações nas respostas biológicas do organismo humano, em consequência de ajustes fisiológicos dinâmicos que dependem da eficácia do sistema cardiovascular, sanguíneo, respiratório e muscular. Objetivos: Analisar o comportamento da frequência cardíaca de recuperação em diferentes intensidades do exercício aeróbio. Metodologia: A amostra foi composta por 12 sujeitos do sexo masculino ($28,92 \pm 3,09$ anos), os quais realizaram um teste máximo em esteira e três testes submáximos, com 20 minutos de duração nas respectivas intensidades 60, 70 e 80% da velocidade máxima ($V_{\text{máx}}$). Após os testes foi verificada a FC de recuperação (FC_{rec}) dos sujeitos que estavam na posição sentado durante 20 minutos. Resultados: Constatou-se que a FC absoluta nas três intensidades foi maior em todos os momentos em relação à sua FC de repouso. Nenhuma das intensidades atingiu a FC de repouso ao final da fase de recuperação. Além disso, percebeu-se uma queda mais acentuada da FC_{rec} no 1º e 2º minuto da fase de recuperação, sendo que a partir do 3º minuto, a queda foi mais lenta e linear até o 20º minuto. Os minutos 4 e 5 da intensidade de 60 e 80% da $V_{\text{máx}}$ tiveram momentos iguais de recuperação da FC. A intensidade mais alta de exercício (80% $V_{\text{máx}}$) apresentou uma FC relativa mais alta do que a intensidade mais baixa (60% $V_{\text{máx}}$) em relação à FC cardíaca de repouso, durante a fase de recuperação. Já a intensidade intermediária de exercício (70% $V_{\text{máx}}$) apresentou oscilações, havendo momentos que ficou em uma zona intermédia entre as duas intensidades, ora aproximou-se da intensidade de 80% $V_{\text{máx}}$. A intensidade mais baixa de 60% $V_{\text{máx}}$ apresentou comportamento diferente das duas intensidade superiores apenas nos minutos 5 e 10 da fase de recuperação. Conclusão:

1 Profissional de Educação Física Bacharelado pela Universidade do Vale do Taquari, UNIVATES.

2 Profissional de Educação Física, Doutor em Ciências do Movimento Humano pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul –UFRGS. Universidade do Vale do Taquari, UNIVATES.

Diferentes taxas de recuperação da frequência cardíaca após testes de esforço em esteira ergométrica podem servir como indicador de intensidade pós-exercício aeróbio.

Palavras-chave: Frequência cardíaca. Exercício aeróbio. Intensidade.

INTRODUÇÃO

Exercícios físicos, entre eles a prática da corrida, geram respostas agudas e efeitos crônicos sobre o organismo humano, sendo muito estudados nos últimos anos (ALMEIDA; ARAÚJO, 2003). Durante o exercício aeróbio conforme ocorre o aumento do trabalho da musculatura esquelética, ocorre um aumento da frequência cardíaca (FC), do volume sistólico, do débito cardíaco e do consumo de oxigênio (VO_2) (THOMPSON, 2004).

Nos primeiros segundos do exercício aeróbio, o aumento da FC dá-se pela inibição da atividade vagal, que aumenta a contratilidade dos átrios e também eleva a velocidade do nódulo atrioventricular (AV), independente da intensidade do exercício, bem como do nível de condicionamento do indivíduo. Após a fase inicial do exercício, a FC aumenta novamente pelo aumento da concentração sanguínea de norepinefrina, distensão mecânica do átrio, e conseqüentemente, do nódulo sinusal, em função do maior retorno venoso ou pela exacerbação da estimulação adrenérgica no nódulo sinusal, bem como pelo aumento da temperatura corporal e da acidez sanguínea (ALMEIDA; ARAÚJO, 2003).

Já na fase inicial de recuperação após o cessado o exercício físico, a FC, nos primeiros 30 segundos após o exercício aeróbio, ocorre à função de reativação na modulação da atividade parassimpática e redução na modulação da atividade simpática (ANTELMÍ, 2008). A queda da FC ao término do exercício não substitui outras formas de mensuração da atividade autonômica cardíaca, mas funciona como uma forma de avaliação, pelo fato do comportamento da FC no momento transitório final do exercício ser um indicador de integridade do nervo vagal (ALMEIDA; ARAÚJO, 2003).

Após a realização do exercício aeróbio, em indivíduos saudáveis, espera-se que o sistema cardiovascular retorne ao estado pré-exercício mais rapidamente. Observa-se que a frequência cardíaca de recuperação (FC_{rec}) no exercício aeróbio apresenta uma queda acentuada, retornando mais rapidamente para os valores de repouso, sendo essas respostas, efeito do treinamento. Diversos fatores podem interagir contribuindo para a queda da FC dentro dos processos fisiológicos, como controle autonômico, hipertrofia do miocárdio e mudanças de volume sanguíneo. Sendo assim, a FC_{rec} pode representar uma maneira alternativa para se avaliar a aptidão cardiovascular, influenciada pelo desempenho aeróbio. Com isso, a FC_{rec} pode servir para a prescrição e acompanhamento dos efeitos do exercício físico ou do treinamento, utilizando este marcador para avaliar as variações da FC durante a fase de recuperação (FERNANDES *et al.*, 2005).

O estudo de Oliveira *et al.* (1994) traz a associação à performance aeróbia em corridas de 3.200 m, distância percorrida em 30 min e frequência cardíaca submáxima ($FC_{\text{submáx}}$) em corredores de longa duração, constatando que a recuperação da FC pode ser utilizada com marcador da capacidade aeróbia. Perini *et al.*, (1989) e Lamberts *et al.*, (2011) verificaram respostas semelhantes em seus estudos da FC_{rec} no primeiro minuto pós-exercício, sendo que, quanto maior a intensidade do esforço, maior a queda da FC_{rec} . O estudo de Mann *et al.* (2014) também indica que a FC_{rec} no primeiro minuto sugere queda mais acentuada em intensidades máximas versus submáximas, mas independente da intensidade do exercício, em níveis moderados de esforço submáximo. Portanto, a FC e FC_{rec} podem ser úteis em situações práticas de prescrição e acompanhamento dos efeitos do treinamento, além do controle da faixa de intensidade pela qual o indivíduo está sendo submetido.

O estudo de Marins *et al.* (1998) analisou a FC_{rec} em duas intensidades submáximas, de 50% e 80% da frequência cardíaca máxima ($FC_{\text{máx}}$) em ciclo ergômetro. Após 10 minutos de teste, os 26 sujeitos do sexo masculino não atletas, iniciaram o processo de avaliação da FC_{rec} de forma passiva, sendo considerado o último registro da FC durante o esforço. Após registraram-se os valores da FC_{rec} nos seguintes intervalos: 6, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55 e 60 segundos. Os resultados não apontaram como significativa ($p < 0,05$) a diferença dos valores obtidos apenas para a parcial de 6 segundos, tanto para o esforço a 50 e 80% $FC_{\text{máx}}$, sendo considerada significativa a diferença dos valores obtidos da FC_{rec} a partir dos 10 segundos. Portanto, o registro ideal da FC pós-exercício submáximo tanto de 50%, quanto de 80% da $FC_{\text{máx}}$ deve compreender um tempo de aproximadamente 6 segundos, sendo que a avaliação no 10º segundo não apresentou diferença significativa nos valores absolutos, onde, redução em termos práticos não interfere no planejamento da curva de intensidade.

A recuperação da atividade autonômica pós-exercício pode ser medida indiretamente através da recuperação da FC. Vários estudos apoiam a relação do estresse do exercício aeróbio e as medidas de recuperação seguindo exercícios com diferentes intensidades e durações, como por exemplo, o consumo máximo de oxigênio pós-exercício (EPOC) tende a aumentar com intensidade e a duração do exercício com intensidades $\geq 50\%$ da captação máxima de oxigênio ($VO_{2\text{máx}}$) e FC_{rec} mais lenta em repouso em exercícios com maior versus menor intensidade (BUCHHEIT *et al.*, 2007; AL HADDAD *et al.*, 2011).

Diferentes taxas de recuperação da FC após testes de esforço em esteira ergométrica sugerem uma associação com a intensidade do exercício aeróbio, assim como o EPOC. Assim, sugere-se uma nova abordagem para representar a intensidade do exercício aeróbio e treinamento, investigando e comparando a sensibilidade relativa de certas medidas de recuperação da FC autonômica e metabólica para mudanças na intensidade do exercício. O objetivo do estudo foi

analisar o comportamento da frequência cardíaca de recuperação em diferentes intensidades do exercício aeróbio.

MÉTODOS

A amostra foi não probabilística acessada por conveniência, sendo que os sujeitos responderam “não” para todas as perguntas do Questionário de Prontidão para Atividade Física PAR-Q, leram e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, sendo o projeto aprovado pelo Comitê de Ética da Universidade do Vale do Taquari – Univates (número do parecer: 2.718.971).

Foram incluídos na amostra 12 sujeitos do sexo masculino, considerados assintomáticos e sem evidências de cardiopatia. Os participantes foram aconselhados a não fazerem uso de suplementos termogênicos, de medicamentos e não ingerir cafeína por pelo menos 6 horas antes dos testes, pois a ingestão dos mesmos poderia provocar alterações no sistema cardiovascular, interferindo nos resultados da amostra. As coletas foram realizadas no Laboratório de Fisiologia do Exercício da Univates com o acompanhamento de um pesquisador engajado no estudo, um profissional de Educação Física e um médico que estava de sobre aviso para qualquer intercorrência que pudesse acontecer.

As avaliações foram constituídas de quatro momentos, sendo no primeiro a realização de um teste máximo em esteira ergométrica (Inbramed ATL), e os três momentos seguintes na realização de três protocolos submáximos. Antes de iniciar cada teste, os sujeitos ficaram 5 minutos em repouso na posição sentada para verificar a pressão arterial e a FC de repouso utilizando frequencímetro (Polar FT1). Durante os testes máximos a FC e a percepção de esforço (PE) foram verificados a cada minuto, a avaliação da PE foi feita pela escala RP de Borg (BORG, 2000).

O teste de esforço máximo foi constituído por um protocolo de rampa incremental com 1% de inclinação na esteira, inicialmente, passaram por 3 minutos de aquecimento a uma velocidade de 8 km/h. Após este período, a velocidade da esteira era aumentada em 1 Km/h a cada minuto, até atingir a velocidade máxima suportada. Os critérios para a interrupção do teste máximo foi a exaustão voluntária, PE atingindo 19 ou 20 da Escala de Borg ou a $FC_{máx}$ predita alcançada, sendo que dos três critérios os sujeitos teriam que alcançar pelo menos dois.

Os protocolos para os testes submáximos tiveram a sua velocidade calculada a partir dos testes máximos, sendo 60, 70 e 80% da velocidade máxima ($V_{máx}$) alcançada pelos sujeitos. Contou com 3 minutos iniciais de aquecimento, a partir do final do aquecimento os sujeitos tiveram que manter 20 minutos em cada uma das intensidades. As intensidades para cada sujeito foram randomizadas, sendo que o intervalo para cada sessão foi de no mínimo

dois dias. Nestes protocolos a FC e a PE foram mensuradas nos minutos 5, 10, 15 e 20.

A fase de recuperação dos sujeitos ocorreu no primeiro minuto após os testes de forma ativa com os sujeitos caminhando a uma velocidade de 4,5 km/h na esteira, sendo verificada a FC no final do 1º minuto. Logo após ficavam na posição sentados durante vinte minutos, sendo que foram orientados a não cruzarem as pernas ou braços e evitar conversas, mantendo o maior repouso possível na posição sentada. Nesta etapa a FC foi verificada a cada minuto do 2º ao 5º minuto, e respectivamente nos minutos 10, 15 e 20 da recuperação passiva. A temperatura do ambiente foi controlada nos dias dos testes estando sempre entre 20 a 24° C, da mesma forma que os testes ocorreram sempre no mesmo turno e horários, sendo que todos foram realizados no turno da tarde.

Os dados estão apresentados por meio de estatística descritiva (média e desvio padrão). A correlação entre as variáveis foi estabelecida por meio do teste de Correlação de Pearson, enquanto que as comparações foram realizadas por meio de uma Análise de Variância de dois fatores (tempo x situação), com o Post Hoc de Bonferroni. Um nível de significância de $p < 0,05$ foi adotado, sendo todos os procedimentos realizados no software SPSS v. 20.0.

RESULTADOS

Os resultados quanto à caracterização antropométrica e frequência semanal de treino dos sujeitos estão descritos na Tabela 1. Os resultados quanto às variáveis FC de repouso, FC máxima e FC alcançada nas sessões submáximas e o percentual relativo da FC máxima, além da PE e velocidade dos testes estão descritos na Tabela 2. Onde se percebe que a FC de repouso foi similar ($p > 0,05$) entre as quatro situações, enquanto que as demais foram diferentes entre si, sendo sempre maiores conforme o aumento da intensidade.

Tabela 1. Valores da caracterização antropométrica e frequência semanal de treino dos sujeitos.

Caracterização dos sujeitos	Média e desvio padrão
Idade	28,92 ± 3,09 anos
Estatura	177,58 ± 6,71 cm
Massa corporal	74,14 ± 6,00 kg
Dobras cutâneas (8)	67,87 ± 13,48 mm
PAS repouso	121,67 ± 8,35 mmHg
PAD repouso	71,67 ± 3,89 mmHg
Treinamento aeróbico semanal	5,57 ± 1,13 dias
VO ₂ máx estimado (ACSM)	41,62 ± 5,36 ml/kg/min
Duração testes máximo	10 ± 1,04 minutos

Legenda: Os dados foram apresentados com média e desvio padrão.

Tabela 2. Valores da frequência cardíaca em diferentes situações, percepção de esforço e velocidade dos testes máximos e submáximos.

SITUAÇÃO	FREQUÊNCIA CARDÍACA			PE	Veloc (Km/h)
	FC repouso	FC _{máx}	% FC _{máx}		
Sub 60	58,83±6,81 ^a	150,88±10,18 ^a	83,73%	11,52±2,13 ^a	10,8±0,63 ^a
Sub 70	60,08±7,07 ^a	166,90±6,24 ^b	90,57%	13,33±1,27 ^b	12,6±0,73 ^b
Sub 80	57,67±6,14 ^a	179,79±7,61 ^c	93,73%	16,81 ± 1,17 ^c	14,4±0,84 ^c
Máximo [#]	62,50±11,59 ^a	187,33±5,16 ^d	100%	20 ^d	18±1,04 ^d

Legenda: # referente aos valores alcançados no último estágio do teste máximo; letras diferentes indicam diferenças significativas entre os momentos ($p < 0,05$); FC repouso = frequência cardíaca de repouso; FC_{máx} = frequência cardíaca máxima; %FC_{máx} = porcentagem frequência cardíaca; PE = percepção de esforço; Veloc (Km/h) = velocidade das intensidades.

No gráfico 1 encontra-se os valores de FC absoluta, onde constatou-se que a FC nas três intensidades foi maior em todos os momentos em relação sua FC de repouso. Nenhuma das intensidades atingiu a FC de repouso no final da fase de recuperação. Além disso, percebeu-se uma queda mais acentuada da FC_{rec} no 1° e 2° minuto, sendo que a partir do 3° minuto a queda foi mais lenta e linear até o 20° minuto. Os minutos 4 e 5 da intensidade de 60 e 80% da V_{máx} tiveram momentos iguais de recuperação da FC.

O gráfico 2 mostra que a intensidade mais alta de 80% V_{máx} durante toda a recuperação apresentou uma FC relativa mais alta do que a intensidade mais baixa de 60% V_{máx} em relação à FC cardíaca de repouso. Já a intensidade intermediária de 70% V_{máx} apresentou oscilações, havendo momentos em que permaneceu em uma zona intermédia entre as duas intensidades, ora se aproximou da intensidade de 80% V_{máx} nos minutos 1, 3 e 4, e ora foi semelhante com a intensidade mais baixa de 60% V_{máx} nos minutos 1, 2, 3, 4, 15 e 20. A intensidade mais baixa de 60% V_{máx} apresentou comportamento diferente das duas intensidades superiores apenas nos minutos 5 e 10 da fase de recuperação.

Gráfico 1. Frequência cardíaca expressa nos valores absolutos de queda na fase de recuperação durante 20 minutos. Sub 60 = teste submáximo 60% $V_{máx}$; Sub 70 = teste submáximo 70% $V_{máx}$; Sub 80 = teste submáximo 80% $V_{máx}$; letras diferentes indicam diferenças significativas entre os momentos ($p < 0,05$); Os dados foram apresentados com média e desvio padrão.

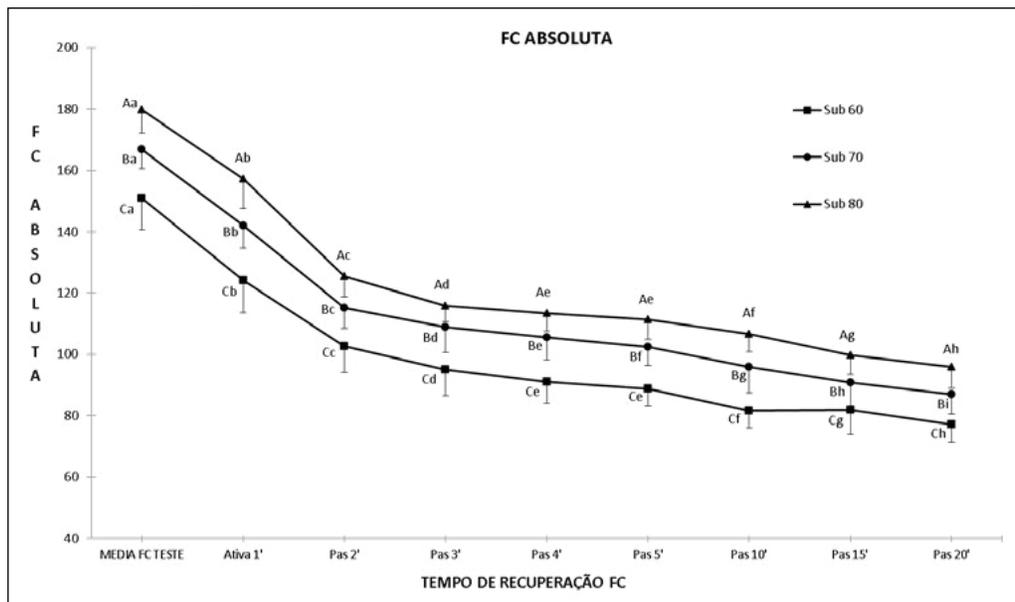
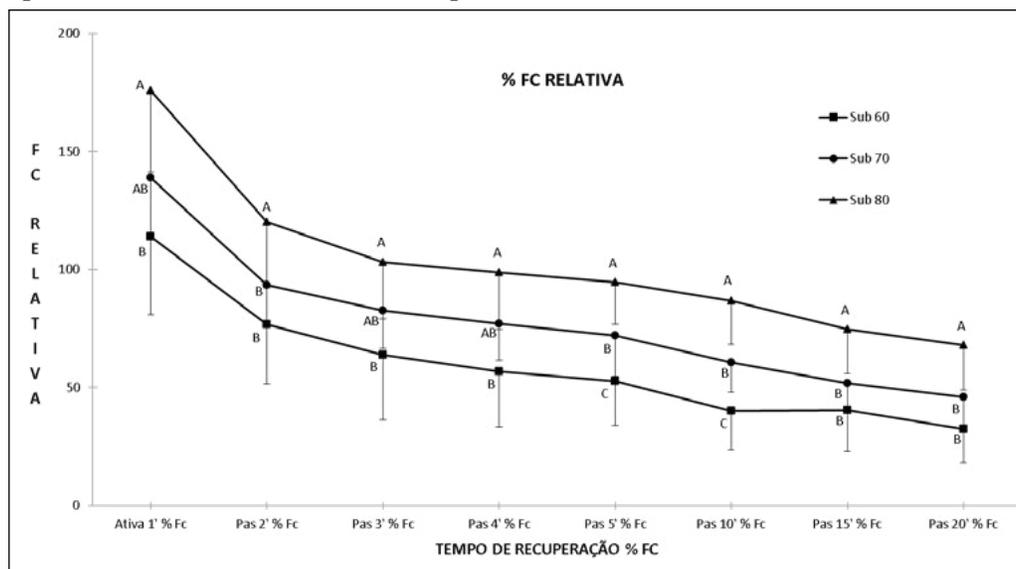


Gráfico 2. Frequência cardíaca expressa em % dos valores acima do repouso até o final da fase de recuperação. Sub 60 = teste submáximo 60% $V_{\text{máx}}$; Sub 70 = teste submáximo 70% $V_{\text{máx}}$; Sub 80 = teste submáximo 80% $V_{\text{máx}}$; letras diferentes indicam diferenças significativas entre os momentos ($p < 0,05$); Os dados foram apresentados com média e desvio padrão.



DISCUSSÃO

O comportamento da FC no final do exercício é um indicador da integridade do nervo vago e a sua queda pós-exercício é um complemento notável quando da avaliação clínica ou física para um indivíduo, sendo relacionada com a intensidade do exercício aeróbio (NISHIME *et al.*, 2000). O presente estudo apresentou comportamentos distintos na FC_{rec} nas diferentes intensidades. Observou-se que em cada intensidade a FC_{rec} teve uma taxa de recuperação significativa, diferente ao longo dos vinte minutos de recuperação ocorrendo uma queda mais acentuada na FC nos dois primeiros minutos, mantendo uma queda mais lenta e linear do terceiro até o vigésimo minuto, não atingindo a FC de repouso em nenhuma das intensidades ao final dos 20 minutos.

Diversos estudos destacam uma maior queda da FC_{rec} em intensidades mais baixas em relação a mais altas. Perini *et al.* (1989) analisaram a FC_{rec} de jovens sedentários em teste com clio ergômetro com três intensidade diferentes de carga (50, 100 e 150 W), onde apresentou respostas de queda da FC_{rec} no primeiro minuto pós-exercício a 100 e 150 W de carga de 36 ± 7 versus 35 ± 4 batimentos. O estudo de Lamberts *et al.* (2011) verificou se a mudança

de intensidade do exercício resultaria em uma mudança na recuperação da FC onde 31 sujeitos foram submetidos a quatro protocolos submáximos em ciclo ergômetro, achando respostas similares ao estudo anterior na FC_{rec} no primeiro minuto com $82 \pm 2\%$ de FC_{max} e $88 \pm 2\%$ de $FC_{máx}$ (58 ± 14 versus 56 ± 13 batimentos), indicando que, quanto maior foi o esforço, menor foi a queda na FC_{rec} .

O presente estudo corrobora aos encontrados na literatura, sendo que, as três intensidades 60, 70 e 80% da $V_{máx}$ apresentaram quedas significativas na FC_{rec} no primeiro minuto independente da intensidade do esforço. A partir do terceiro minuto de recuperação a FC apresentou uma queda mais lenta e linear, mantendo-se acima dos níveis de repouso até o último minuto. Portanto, no primeiro minuto de recuperação, independente da intensidade do exercício, o ajuste da FC parece ser pela restauração do tônus vagal, sugerindo principalmente à reativação parassimpática e mecanismos de controle complexos para a regulação durante o repouso e recuperação, incluindo o comando central, controle baroreflexo e metaboreflexo muscular (PERINI *et al.*, 1989; IMAI *et al.*, 1994; CARTER *et al.*, 2003).

Na fase de recuperação mais lenta do terceiro ao vigésimo minuto, o volume de ejeção continua mais elevado em indivíduos treinados aerobiamente, conseqüentemente com a diminuição do FC_{rec} . Isso pode se dar pelo redirecionamento do sangue da periferia para a região central do corpo, ampliando o retorno venoso e facilitando o enchimento dos ventrículos (FERNANDES *et al.*, 2005). A facilidade para diminuir a trajetória do fluxo sanguíneo para leitos vasculares não favoráveis à recuperação parece ser mais evidente em homens com maior aptidão aeróbia. Estudos analisando recuperação pós-exercício, demonstram que a vasoconstrição periférica nesse período de recuperação é mais pronunciada em indivíduos treinados aerobiamente (COLE *et al.*, 1999; SENITKO *et al.*, 2002).

Alguns estudos relacionam o estresse do exercício aeróbio em diferentes intensidades e duração com as medidas de recuperação da FC, como por exemplo, uma FC mais lenta na fase de recuperação para exercícios com maior versus menor intensidade (BUCHHEIT *et al.*, 2007; AL HADDAD *et al.*, 2011). Esse achado não condiz com o presente estudo, sendo que a intensidade maior de 80% $V_{máx}$ teve uma queda similar em relação às intensidades inferiores de 70 e 60% da $V_{máx}$ até o final do 20º minuto de recuperação. Porém nenhuma das intensidades atingiu a FC de repouso, ou seja, a curva da queda das três intensidades foi parecida com diferenças significativas entre os momentos, onde a queda FC_{rec} não apresentou discrepâncias na velocidade da recuperação da FC entre as intensidades.

Mann *et al.* (2014) realizaram estudo com trinta e um corredores masculinos e femininos, com idade de 20 a 40 anos, comparando medidas de recuperação da FC no primeiro minuto e a curva de tempo da recuperação FC pós-exercício, realizado teste em esteira ergométrica com protocolos

submáximos a 60, 70, 80% do $VO_{2máx}$. A FC_{rec} apresentou uma queda de 56 ± 13 batimentos para intensidade mais alta de 80% do $VO_{2máx}$ e 58 ± 14 batimentos para intensidade mais baixa de 60% do $VO_{2máx}$ não apresentando diferenças significativas. Contudo, as respostas da FC_{rec} no primeiro minuto mostraram uma recuperação mais lenta na intensidade de 70 e 80% versus 60% do $VO_{2máx}$ e a queda da FC_{rec} no primeiro minuto entre 60% e 70% do $VO_{2máx}$ foi maior do que entre os ensaios de 70 e 80% $VO_{2máx}$ quando analisada pela FC relativa. Ou seja, a intensidade mais alta teve uma queda mais lenta, enquanto as duas intensidades inferiores tiveram uma queda mais rápida, porém sem diferenças significativas na FC absoluta.

O presente estudo corrobora com achados onde a FC_{rec} absoluta apresentou comportamento similar de queda nas intensidades de 60, 70 e 80% da $V_{máx}$, sendo que a queda na FC_{rec} foi de $26,71 \pm 6,76$, $24,90 \pm 6,95$ e $22,46 \pm 7,27$ batimentos, respectivamente. Contudo teve diferenças significativas no primeiro minuto da recuperação. O que se percebeu foi o comportamento parecido de queda na FC absoluta com os achados de Mann *et al.* (2014), sendo que na intensidade mais alta a FC_{rec} se manteve mais elevada e as intensidades menores se mantiveram inferiores, mantendo uma curva de queda semelhante no primeiro minuto com queda mais acentuada e posteriormente uma queda mais lenta. Cabe ressaltar ainda que o método utilizado em cada estudo para avaliar a recuperação pode ter sido diferente. Segundo Imai *et al.* (1994) e Perini *et al.* (1989), existe uma certa intensidade de limiar além da qual, a FC_{rec} no primeiro minuto tem a medida atribuída principalmente à reativação parassimpática, atingindo uma máxima “taxa de saturação” no final do exercício para a FC.

Antelmi *et al.* (2008) levantaram a ideia de que diferentes taxas de recuperação da FC podem estar associadas com homens e mulheres saudáveis de diferentes idades como uma forma do equilíbrio entre a modulação simpática e parassimpática. Foram estudados indivíduos de ambos os sexos sem evidências de cardiopatia submetido a um teste de esforço submáximo em esteira ergométrica. A FC_{rec} apresentou maior variação nos dois primeiros minutos após o término do exercício, assim como no presente estudo. A média da FC_{rec} foi de $30,8 \pm 12,1$ batimentos no primeiro minuto e de $52 \pm 13,4$ batimentos no segundo minuto. Após cinco minutos de recuperação a FC não retornou aos níveis iniciais anteriores ao exercício, corroborando com os achados do presente estudo.

O comportamento da FC_{rec} ao final do período de recuperação do exercício no vigésimo minuto não atingiu a FC de repouso em nenhuma das intensidades. O estudo de Rueckert *et al.* (1996) com indivíduos de ambos os sexos, contribuiu para os achados, demonstrando um aumento significativo na FC após 3 horas da sessão de exercício. Sugere-se que a taquicardia, mantida na recuperação do exercício, pode ser motivada pelo mecanismo barorreflexo influenciado pela queda da pressão arterial ou uma redução pós-exercício da

atividade vagal com exacerbação da atividade simpática para o coração (Piepoli *et al.*, 1993).

O tempo necessário para que a FC cardíaca volte aos níveis de repouso depende do nível de condicionamento físico, da intensidade do exercício e da interação entre as respostas autonômicas. A recuperação pós-exercício aeróbio leve ou moderado, pode levar uma hora, exercício aeróbio de longa duração até quatro horas e até 24 horas para exercício intenso ou máximo (ALMEIDA; ARAÚJO, 2003).

Ainda em relação ao percentual da FC_{rec} acima do repouso no final da fase de recuperação, o objetivo do presente estudo foi verificar o quanto a intensidade interfere no tempo para o retorno da FC aos níveis de repouso. De forma análoga poderíamos imaginar que a FC_{rec} poderia se comportar de forma semelhante aos valores do EPOC. Neste sentido, o estudo realizado por Mann *et al.* (2014), avaliou o EPOC e a curva de tempo de recuperação do EPOC, sendo que, EPOC foi a única medida que diferiu significativamente ($p \leq 0,003$) nas três intensidades de 60, 70, 80% do $VO_{2m\acute{a}x}$, mostrando uma recuperação mais lenta, ou seja, ficando mais tempo acima dos valores de repouso conforme cada aumento de intensidade no exercício aeróbico. Nessa lógica, o achado na literatura comparado com a FC_{rec} corrobora com o presente estudo, onde a FC_{rec} nas três intensidades de 60, 70 e 80% da $V_{m\acute{a}x}$ também apresentaram recuperação mais lenta conforme cada aumento de intensidade, apresentando os seguintes valores $32,46 \pm 14,51\%$, $46,02 \pm 13,43\%$ e $67,82 \pm 18,84\%$ acima da FC de repouso no final do vigésimo minuto da recuperação.

Observou-se que o EPOC também tem uma queda mais rápida nos primeiros dois ou três minutos de recuperação pós-exercício, sendo chamado de componente rápido na fase inicial da recuperação, e um componente lento, onde irá atingir os níveis homeostáticos de repouso em ritmo constante e lento. Assim como achado no presente estudo e na literatura o EPOC e a FC_{rec} apresentam queda acentuada nos primeiros minutos de recuperação, e após tem uma queda mais lenta e linear até atingir os níveis de repouso. Após o exercício a fase rápida do consumo de oxigênio (VO_2) é promovida pela remoção oxidativa do lactato nos músculos onde é formado, sendo a fase lenta promovida pela remoção oxidativa do lactato por difusão nos músculos (FOSS, 2000).

O EPOC elevado na fase rápida da recuperação pós-exercício inclui o oxigênio para atender as demandas energéticas, mantendo a atividade cardíaca elevada. Com isso a FC_{rec} estaria elevada nos primeiros minutos da recuperação, logo, acompanhando a queda do EPOC para a restauração da mioglobina com oxigênio, dos níveis sanguíneos de oxigênio, o custo energético da ventilação e o reabastecimentos dos fosfagênios (ATP-CP) (FOSS, 2000). Já o EPOC elevado na fase lenta da recuperação, está associado a eventos fisiológicos, um deles é o custo em oxigênio de maior atividade do miocárdio. Neste sentido, a FC_{rec} também se encontrou elevada na recuperação, porém em ritmo mais lento

de queda seguindo o EPOC, sendo que a maior parte (60 a 70%) do consumo de oxigênio da fase lenta pode ser atribuída ao efeito da temperatura sobre o metabolismo (FOSS, 2000).

Os efeitos da duração da fase rápida do EPOC estão relacionados com a intensidade submáxima do exercício, contudo, não com o volume do exercício. Assim como a FC_{rec} apresentou diferenças significativas na fase de recuperação nas três intensidades, sendo que a intensidade mais alta apresentou menor queda, o EPOC também apresenta as medidas de ventilação-minuto da produção de dióxido de carbono e da captação de oxigênio elevadas pós-exercício com intensidade mais alta. No entanto, na fase rápida de recuperação do EPOC parece existir uma “taxa de saturação” assim como na FC_{rec} para o efeito que a intensidade do exercício desempenha sobre o aumento do oxigênio de recuperação, sendo que a fase rápida do EPOC após exercício de curta duração e de intensidade supra máxima é similar a outras intensidades de trabalho (FOSS, 2000).

Gaesser (1984) destaca que os sistemas metabólicos são afetados na fase lenta do EPOC com maior intensidade. A combinação da intensidade mais alta e da maior duração do exercício aumenta a fase lenta em até cinco vezes acima daquele medido após duração mais curta com a mesma intensidade. Contudo, a fase lenta do EPOC não é afetada por mudança na intensidade ou na duração do exercício até ser apresentado um limiar de estímulo combinado de intensidade versus duração (FOSS, 2000). Ou seja, quando os estímulos tanto de intensidade quanto de volume para o exercício são bem ajustados, consegue-se ter um melhor controle dos efeitos de recuperação do EPOC e conseqüentemente na FC_{rec} . Como o presente estudo mostrou, onde as intensidades tiveram sempre comportamentos da curva de queda da FC_{rec} similares, porém significantes em todos momentos analisados.

O metabolismo aeróbico elevado na fase de recuperação é fundamental para restaurar os níveis homeostáticos de repouso, resultando em episódios metabólicos e citológicos precedentes ocorridos durante o exercício, pois o coração, fígado, rins e músculos esqueléticos utilizam lactato como substrato energético tanto no exercício como na fase de recuperação (MCARDLE, 1998). Portanto, no exercício aeróbico de alta intensidade e de maior duração, a captação de oxigênio da recuperação pode continuar elevada por período consideravelmente maior, assim como a FC_{rec} .

Além da captação de oxigênio, outros fatores podem influenciar as respostas da FC_{rec} ao exercício, tais como: temperatura ambiente, emoções, alimentação pré-exercício, posição corporal para avaliar a recuperação da FC , grupos musculares envolvidos, continuidade do exercício, etc. Portanto, a intensidade dentro de testes submáximos planejada para avaliar a FC_{rec} deve ser mantida relativamente constante para interpretação precisa das repostas hemodinâmicas ao longo do tempo da recuperação da FC . Assim, o presente estudo sugere uma nova abordagem para representar a intensidade do exercício

aeróbio e treinamento, investigando e comparando a sensibilidade relativa de certas medidas de recuperação da FC autonômica e metabólica para mudanças na intensidade do exercício, sendo um importante método, prático e de fácil utilização para a avaliação da FC_{rec} como alternativa para o desempenho e aptidão cardiorrespiratória.

CONCLUSÃO

Os resultados encontrados no presente estudo mostram-se importantes para uma abordagem de avaliação da intensidade do exercício aeróbio utilizando a FC de recuperação em indivíduos após o treinamento. As curvas de valores percentuais da recuperação da FC podem ser utilizadas por treinadores e praticantes saudáveis de corrida após o esforço para quantificar a intensidade do exercício realizado, sendo que a literatura não fornece dados a respeito dessa recuperação da FC para esse tipo de análise em praticantes de corrida saudáveis. Importante destacar que futuros estudos podem ser feitos utilizando a FC na fase de recuperação para uma melhor elucidação dessa variável, sem que a mesma sofra interferência de outros fatores, sendo que os valores absolutos da FC_{rec} sofrem influência nas duas fases da recuperação. Assim uma estratégia indicada para melhor avaliar a FC_{rec'} tanto na fase rápida, quanto na fase lenta, é a utilização dos valores percentuais. Desta forma, pode-se concluir com este estudo que diferentes taxas de recuperação da FC após testes de esforço em esteira ergométrica podem ser utilizadas como indicador de intensidade pós-exercício aeróbico, sendo associada com a intensidade de execução do exercício aeróbio.

REFERÊNCIAS

ACSM. **Diretrizes do ACSM para os Testes de Esforço e sua Prescrição**, 9ª edição. Guanabara Koogan, 08/2014.

ALMEIDA, M. B.; ARAÚJO, C. G. Efeitos do treinamento aeróbico sobre a frequência cardíaca. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, Vol. 9, Nº 2 – Mar/Abr, 2003.

AL HADDAD, H.; LAURSEN, PB.; CHOLLET, D.; AHMAIDI, S.; BUCHHEIT, M.;

Reliability of resting and postexercise heart rate measures. **International Journal of Sports Medicine**, 32:598–605, 2011.

ANTELMÍ, I; CHUANG, E. Y.; GRUPI, C. J.; LATORRE, M. R. D. O.; MANSUR, A. J. Recuperação da frequência cardíaca após teste de esforço em esteira ergométrica e variabilidade da frequência cardíaca em 24 horas em indivíduos saudáveis. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v.90, n.6, p.413-418, SP, 2008.

BORG, G. **Escala de Borg para a dor e o esforço percebido**. São Paulo: Malone, 2000.

BUCHHEIT, M.; PAPELIER, Y.; LAURSEN, P.L.; AHMAIDI, S. Noninvasive assessment of cardiac parasympathetic function: postexercise heart rate recovery or heart rate variability? **Am Journal Physiol Heart Circ Physiol** 293: H8–H10, 2007.

BRUM, P. C.; FORJAZ, C. M.; TINUCCI, T.; NEGRÃO, C. E. Adaptações agudas e crônicas do exercício físico no sistema cardiovascular. **Revista Paul. Educação Física**, São Paulo, v.18, p.21-31, ago. 2004.

CARTER, J. B.; BANISTER, E. W.; ANDREW P. BLABER, A.P. Effect of Endurance Exercise on Autonomic Control of Heart Rate. **Sports Medicine**, 33, 2003.

COLE, C. R.; BLACKSTONE, E. H.; PASHKOW, F. J.; SNADER, C. E.; LAUER, M.S. Heart-Rate Recovery Immediately After Exercise As A Predictor Of Mortality. **The New England Journal of Medicine**, V 341, Nº 18, October 28, 1999.

FERNANDES, T. C.; ADAM, F.; COSTA, V. P.; SILVA, A. E. L.; DE-OLIVEIRA, F. R. Frequência cardíaca de recuperação como Índice de aptidão aeróbia. **Revista da Educação Física/UEM**, Maringá, v. 16, n. 2, p. 129-137, 2. sem. 2005.

FOSS, M. L.; KETHEYIAN, S. J.; FOX. **Bases fisiológicas do exercício e do esporte**. 6ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000.

GAESSER, G. A.; BROOKS, G. A. **Metabolic bases of excess post-exercise oxygen consumption: a review**. Los Angeles, 1984.

IMAI, K.; SATO, H.; HORI, M.; KUSUOKA, H.; OZAKI, H.; YOKOYAMA, H.; TAKEDA, H.; INOLJE, M.; KAMADA, T. Vagally Mediated Heart Rate Recovery After Exercise is Accelerate in Athletes but Blunted in Patients With Chronic Heart Failure. **American College Of Cardiologists**, v 24, nº 7, november 1994.

LAMBERTS, R.P.; S. MASKELL S.; BORRESEN J.; LAMBERT M.I. Adapting Workload Improves the Measurement of Heart Rate Recovery. **International Journal of Sports Medicine**, 32: 698 – 702 2011.

MCARDLE, W. D.; KATCH, F. I.; KATCH, V. L. **Fisiologia do exercício energia, nutrição e desempenho humano**. 4ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1998.

MANN, T. N.; WEBSTER, C.; LAMBERTS, R. P.; LAMBERT, M. I. Effect of exercise intensity on postexercise oxygen consumption and heart rate recovery. **European Journal of Applied Physiology**, Received: 8 June 2013 / Accepted: 6 May 2014.

MARINS, J. C. B.; ADRIANO, L.; MONTEIRO, A.; JESUS, G. Validação do tempo de mensuração da frequência cardíaca após esforço submáximo a 50 e 80%*. **Sociedade Brasileira de Medicina do Exercício e do Esporte**. Vol. 4, Nº 4 – Jul/Ago, 1998.

NISHIME, E. O.; COLE, C.; BLACKSTONE, E. H.; PASHKOW, F.; LAUER, M. S. Heart Rate Recovery and Treadmill Exercise Score as Predictors of Mortality in Patients Referred for Exercise ECG. **American Medical Association All rights reserved**, September 20, Vol 284, 2000.

PERINI, R.; ORIZIO, C.; COMANDE, A.; CASTELLANO, M.; BESCHI, M.; VEICSTEINAS, A. Plasma norepinephrine and heart rate dynamics during recovery from submaximal exercise in man. **European Journal of Applied Physiology**, 58:87-883, 1989.

PIEPOLI M.; COATS A. J. S.; ADAMOPOULOS S. Persistent peripheral vasodilatation and sympathetic activity in hypotension after maximal exercise. **J Appl Physiol**, 75: 1807-14, 1993.

RIBEIRO, E. M. F. T. Análise da variabilidade da frequência cardíaca em atleta de B.T.T. **Faculdade de Ciência do Desporto e Educação Física Universidade de Coimbra**. 2012.

RUECKERT P. A.; SLANE P. R.; LILLIS D.L. Hemodynamics patterns and duration of post dynamic exercise hypotension in hypertensive humans. **Med Sci Sports Exer**. 28:24-32, 1996.

THOMPSON, P. D. **O Exercício e a Cardiologia do Esporte**. Barueri, SP: Manole, 2004.

SENITKO, A. N.; CHARKOUDIAN, N.; HALLIWILL, J. R. Influence of endurance exercise training status and gender on postexercise hypotension. **American Physiological Society, J Appl Physiol** 92: 2368-2374, 2002.15, 10.1152/jappphysiol.00020, 2002.