

OCORRÊNCIA DO PLATÔ DO CONSUMO MÁXIMO DE OXIGÊNIO APÓS TREINAMENTO COM KETTLEBELLCaio Braga Carneiro¹, Ricardo Augusto Frizzera Filho¹Carla Zimerer¹, Weverton Rufo Tavares da Silva¹Richard Diego Leite², Anselmo José Perez¹, Luciana Carletti¹**RESUMO**

Introdução: Tradicionalmente a identificação do consumo máximo de oxigênio (VO_2 máx) foi descrita como o momento em que este apresentava comportamento de estabilização (VO_2 platô), mesmo com incrementos da carga de exercício. Indivíduos treinados em resistência aeróbia parecem exibir mais o VO_2 platô. O exercício com Kettlebell (KTB) tem se destacado como um método do treinamento físico/esportivo, utilizado como uma alternativa para melhorar a potência anaeróbia, mas também é possível que gere estímulos para aprimorar a aptidão aeróbia. Objetivo: Analisar a ocorrência do VO_2 platô em mulheres submetidas a treinamento com KTB. Materiais e métodos: 16 mulheres adultas, saudáveis, praticaram o treinamento com KTB por 12 semanas, e foram avaliadas pelo teste cardiopulmonar de exercícios (TCPE), para averiguar as adaptações ao treino e ocorrência do VO_2 platô. O platô foi identificado pelas diferenças entre dois estágios consecutivos (Taylor, 1955) e pela análise estatística (teste "T" de student ou Mann-Witney). As voluntárias passaram por avaliação de força, teste de uma repetição máxima (1RM), e antropométrica. Todos os testes foram aplicados antes e após o treinamento. A normalidade foi testada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov. Foi considerado $p < 0,05$. Resultados: Observou-se aumento de 8,5% ($p < 0,001$) no VO_2 máx. e 10,5% ($p < 0,001$) no tempo do TCPE; a 1RM aumentou 25,3% ($p < 0,001$), em decorrência do treinamento. A ocorrência do VO_2 platô reduziu após o treinamento, tanto pelo critério de Taylor (25% para 18,7%), quanto pela análise estatística (12,5% para 6,25%). Conclusão: O treinamento de força com KTB provocou adaptações cardiovasculares e neuromusculares. Contudo, essas adaptações não implicaram na maior ocorrência do VO_2 platô.

Palavras chave: Consumo de oxigênio. Treinamento físico. Força muscular.

1-Laboratório de Fisiologia do Exercício, Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), Vitória-ES, Brasil.

2-Laboratório de Força e Condicionamento Físico, Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), Vitória-ES, Brasil.

ABSTRACT

Occidence of oxygen maximum consumption after training with kettlebell

Introduction: Traditionally the VO_2 max identification was described as the moment where this variable presented plateau behavior (VO_2 platô) even with increments of exercise load. Individuals trained in aerobic resistance seem to show more VO_2 platô. Kettlebell (KTB) training is a physical/sports training method used as an alternative to improve anaerobic power, but it is also possible that KTB training generates enough stimuli to enhance aerobic fitness. Objective: To analyze the occurrence of VO_2 plato in women submitted to KTB training. Materials and methods: 16 healthy adult women practiced KTB training for 12 weeks and were evaluated by cardiopulmonary exercise test (CPET) to assess the adaptations to training and the occurrence of VO_2 platô. The plateau was identified by the differences between two consecutive stages (Taylor's criterion, 1955) and by statistical analysis ("t" student test or Mann-Witney). The volunteers were submitted to strength evaluation, by a maximal repetition test (1RM), and anthropometric measurements. All tests were applied before and after training. The normality was tested by the Kolmogorov-Smirnov test. The value of $p < 0.05$ was considered. Results: There was an increase of 8.5% ($p < 0.001$) in VO_2 max and 10.5% ($p < 0.001$) in the time of CPET; the 1RM increased 25.3% ($p < 0.001$), due to the training. The occurrence of VO_2 platô reduced after the 12-week training by both the Taylor criterion (25% to 18.7%) and the statistical analysis (12.5% to 6.25%). Conclusion: The strength training with KTB provoked cardiovascular and neuromuscular adaptations. However, these adaptations did not result in increased occurrence of VO_2 platô.

Key words: Oxygen consumption. Physical training. Muscle force.

E-mails dos autores:
caiobcarneiro@gmail.com
ricardofrizzera@gmail.com
czimerer@gmail.com
wevertonrts@hotmail.com
rdleite@gmail.com
anselmo.perez@ufes.br
lucianacarletti@gmail.com

INTRODUÇÃO

O consumo de oxigênio (VO_2) é um importante parâmetro fisiológico que reflete a capacidade do sistema respiratório de captar o oxigênio, do sistema cardiocirculatório de distribuí-lo e transportá-lo e do metabolismo muscular de utilizá-lo (Basset e Howley, 2000).

Hill e Lupton (1925) definiram como VO_2 máx a estabilização no consumo de oxigênio (platô), apesar de um aumento contínuo na intensidade do exercício (Astorino e colaboradores, 2005; Gordon e colaboradores, 2010).

Esta variável merece destaque, pois pode definir a capacidade de realizar esforços físicos em atletas e não atletas; e ainda apresenta relação inversa com mortalidade por todas as causas (Kodama e colaboradores, 2009; Myers e colaboradores, 2002; Wen e colaboradores, 2011).

Um critério bastante utilizado para analisar a ocorrência do platô do consumo de oxigênio proposto por Taylor (1955), é a estabilização ou um aumento inferior a 150 ml.min⁻¹ ou 2,1 ml.kg⁻¹.min⁻¹ no VO_2 , mesmo com incremento de carga. No entanto, nem todos os indivíduos apresentam o platô no VO_2 máx.

Neste sentido, evidências científicas sugerem a utilização do termo consumo do oxigênio no pico do exercício (VO_{2pico}) (Gibson e colaboradores, 1999; Lemos, Nogueira e Pompeu, 2011; Myers e colaboradores, 1989; Poole, Wilkerson e Jones, 2007).

O platô no VO_2 máx parece ocorrer devido a um desequilíbrio entre a oferta e a captação muscular do oxigênio, que pode ser limitado pela incapacidade de elevar o débito cardíaco, limitações na difusão pulmonar e na capacidade de transporte sanguíneo do oxigênio (mecanismos centrais) e/ou pela diferença arteriovenosa de oxigênio (Basset e Howley, 1997).

A literatura destaca que a capacidade de aumentar o débito cardíaco, explicada pelo aumento do volume de enchimento cardíaco em atletas de endurance, está relacionada à captação máxima de oxigênio (Steding e colaboradores, 2010).

Porém, o mecanismo da difusão pulmonar e transporte de O_2 pode ser importante apenas em situações de exercícios extremos, envolvendo grandes massas

musculares, praticados por atletas capazes de elevarem o débito cardíaco a valores muito altos, ou a prática de exercícios intensos em regiões de altitudes elevadas, pois a saturação da hemoglobina nesses casos pode ficar a níveis abaixo de 95%, o que comprometeria a oferta de O_2 para a mitocôndria (Nielsen, 2003).

Acredita-se que os mecanismos periféricos possam influenciar a capacidade para estabilização do VO_2 durante a realização de um protocolo incremental, pois o platô é também explicado pelas habilidades metabólicas musculares em resposta ao exercício, que permitem depender menos da glicólise em potências submáximas e conta com uma maior capacidade de sustentar o exercício supramáximo (Beltrami, Wong e Noakes, 2013; Gordon e colaboradores, 2011).

Portanto, a menor capacidade anaeróbia pode limitar a capacidade de se atingir o $VO_{2máx}$ interferindo na ocorrência do platô (Basset e Howley, 1997; Wagner, 2000).

Contudo, ainda são escassas as evidências científicas que comprovem a ocorrência do platô em indivíduos que realizam treinamento voltado para melhoria da capacidade anaeróbia (Astorino e colaboradores, 2005; Duncan, Howley e Jhonson, 1996; Lovell e colaboradores, 2011).

O exercício com Kettlebell (KTB), embora tenha sua origem destacada dentro de uma perspectiva de treinamento de força, na antiga União Soviética (Tsatsouline, 2006), tem sido visto como um método bem-sucedido na indústria fitness, na última década. Isso porque, seus movimentos predominantemente balísticos com envolvimento do corpo todo, consistem numa técnica de execução relativamente simples (Farrar, Mayhew e Koch, 2010).

Além disso, o treinamento KTB tem sido sugerido como uma alternativa para melhorar componentes específicos da aptidão física, como a força (Beltz, 2012; Lake e Lauder, 2012; Manocchia e colaboradores, 2012) e a aptidão aeróbia (Falatic e colaboradores, 2015; Farrar, Mayhew e Koch, 2010; Fortner e colaboradores, 2014; Hulsey e colaboradores, 2012; Williams e Kraemer, 2015).

Nesse sentido, torna-se interessante explorar os efeitos do treinamento de KTB e o seu efeito na ocorrência do platô. A hipótese do presente estudo é que o treinamento de

KTB irá aumentar a ocorrência do platô do VO_2 máx.

Assim, o objetivo do presente estudo é analisar o efeito de 10 semanas de KTB na ocorrência do platô do VO_2 máx em mulheres jovens.

MATERIAIS E MÉTODOS

Amostra

Vinte e quatro mulheres (idade: $25,1 \pm 5,5$ anos; massa corporal: $61,0 \pm 13,0$ kg; estatura: $1,65 \pm 0,06$ m; Índice de massa corpórea (IMC): $22,2 \pm 4,0$ kg.m⁻²; percentual de gordura (%G): $23,5 \pm 7,2$), universitárias, foram selecionadas por conveniência como participantes do presente estudo. Como critérios de inclusão, foi exigido que as participantes não tivessem experiência anterior com o método KTB e não fossem portadoras de doenças crônicas, fumantes e usuárias de álcool e drogas.

Oito participantes abandonaram o estudo durante o período de treinamento (n=7) e pós treinamento (n=1), atendendo aos seguintes critérios de exclusão: ter cumprido menos de 85% das sessões de treinamento e não ter comparecido aos testes nas datas previstas. Portanto, ao final do estudo a amostra foi de 16 mulheres.

Todas as participantes assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido acerca dos procedimentos e testes. Esse estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Espírito Santo, sob parecer nº 1.038.512, de 17/04/2015.

Desenho experimental

Para verificar se o treinamento com KTB influencia a ocorrência do platô do consumo máximo de oxigênio de mulheres jovens, as mulheres participaram de um período de treinamento de 10 semanas, o qual foi antecedido por duas semanas de familiarização à técnica. As sessões de treinamento foram realizadas em três dias da semana, com intervalo de 48h entre cada sessão, totalizando 30 sessões.

A avaliação antropométrica, o teste de esforço máximo em esteira e a identificação do platô no consumo máximo de oxigênio dos

sujeitos ocorreram no período pré-treinamento (PRE) e pós-treinamento (POS).

Avaliação antropométrica

Foi realizada a primeira visita ao Laboratório de Fisiologia do Exercício (LAFEX) da Universidade Federal do Espírito Santo, onde os sujeitos foram submetidos à anamnese para coleta de informações básicas (sexo, idade, endereço, telefone, estado de saúde) e uma avaliação médica por um médico cardiologista. Em seguida as participantes realizaram a avaliação antropométrica, para obtenção dos valores de massa corporal e estatura dos participantes.

Foi utilizada uma balança e estadiômetro (Marte Balanças, modelo LC200, com precisão de 0,1 mm) para obtenção dos valores da massa corporal e estatura, a partir dos quais foi calculado o Índice de Massa Corporal (IMC) das participantes (kg.m⁻²). O percentual de gordura (%G) foi calculado a partir do protocolo de sete dobras (subescapular, tríceps, axilar média, peitoral, supra-iliaca, abdominal e femoral média), de Jackson e Pollock (1980), utilizando um plicômetro científico (Cescorf, Porto Alegre, Brasil) com precisão de 0.1mm.

Teste Cardiopulmonar de Exercício

Após a avaliação antropométrica, as participantes realizaram o teste cardiopulmonar de exercício (TCPE) para medida direta do consumo máximo de oxigênio (VO_2 máx) em esteira (Inbra Sport Super ATL, Porto Alegre, Brasil), utilizando o protocolo de Bruce (1963).

O teste foi iniciado com um estágio de caminhada de três minutos a uma velocidade de 1,7 milhas por hora (mph), a uma inclinação de 5%. A partir de então, a inclinação foi aumentada em 2% a cada três minutos, e a velocidade foi incrementada 0,8 mph a cada três minutos até que a esteira alcançasse uma inclinação de 18% e velocidade de 5 mph ou até que o indivíduo atingisse a exaustão máxima.

Todo o teste foi monitorado pela presença do médico cardiologista e foram utilizados incentivos verbais para que os participantes atingissem valores máximos. Os dados ventilatórios foram obtidos por meio do analisador metabólico de gases Cortex

Metalyzer 3b (Leipzig, Alemanha), com coleta respiração a respiração, sendo analisados pelo programa MetasoftTM.

Foram adotados, pelo menos, três dos seguintes critérios para considerar o teste máximo (Billat e colaboradores, 2002; Howley, 1995): a) exaustão voluntária; b) frequência cardíaca máxima prevista para a idade (220-idade) maior do que 90%; c) apresentar razão de troca respiratória (RTR) igual ou acima de 1,10; d) consumo máximo de oxigênio, observado pelo conceito de platô.

Análise do platô do consumo máximo de oxigênio (VO₂platô)

Os dados referentes ao VO₂máx foram tabelados respiração a respiração e divididos em blocos de 30 segundos para cada teste. Para verificação da ocorrência do platô foram aplicados dois critérios variação máxima de 150 ml.min⁻¹ ou 2,1 ml.kg⁻¹.min⁻¹ (Limiar de Diferenças Consecutivas - LDC) propostos por Taylor e colaboradores, 1955; e o Teste "T" de Student ou Mann-Whitney para testar a diferença significativa entre o VO₂ do último com penúltimo estágio (que será chamado de estatístico).

Protocolo de Treinamento com Kettlebell

Antes de iniciarem o treinamento com KTB, os sujeitos participaram de um período (duas semanas) de familiarização à técnica (três sessões semanais). Durante o período de treinamento (10 semanas) as sessões de treinamento foram ministradas em 3 dias da semana, com o intervalo de 48h entre as sessões. Foram realizadas 30 sessões de treinamento, distribuídas em três mesociclos.

Todas as sessões de treinamento foram iniciadas com exercícios de aquecimento com alongamentos dinâmicos (cinco minutos) com exercícios que envolviam os grupos musculares focalizados na sessão, executados com 15 repetições para cada lado, na seguinte ordem: agachamento afundo, elevação do quadril com apoio unipodal, flexão lateral do tronco, rotação do tronco, extensão do tronco e flexão, e finalizadas com um período de desaquecimento (cinco minutos) com alongamentos ativos e passivos. Não era permitido intervalo de repouso entre os exercícios de aquecimento.

Na parte final da sessão de treinamento, foram utilizados alongamentos ativos e passivos. Os exercícios foram realizados de forma contínua, na seguinte ordem: flexão de tronco, flexão de tronco com joelhos em 90°, flexão de quadril em decúbito dorsal, extensão de punhos, rotação de quadril.

Em todos os exercícios a posição de alongamento foi mantida por 30 segundos, e executada para ambos os lados. Ao encerrarem os alongamentos, os indivíduos permaneceram em decúbito dorsal até completarem o tempo total de desaquecimento de 5 minutos.

Familiarização

Durante o período de familiarização, com o objetivo assimilação da técnica para execução dos exercícios com KTB, os movimentos foram realizados a partir de uma série de 15 repetições para cada movimento. Foi adotado um intervalo de 90 segundos entre os exercícios. Nesta fase, os seguintes exercícios foram executados, respectivamente: flexão e extensão de tronco livre; deadlift com KTB; primeira parte do movimento do swing KTB; KTB swing com toalha; KTB swing completo; agachamento livre em frente à parede com as mãos sobre a cabeça; agachamento KTB em frente à parede.

Treinamento com Kettlebell

O período de treinamento KTB foi constituído por três mesociclos: Mesociclo I (duas semanas), Mesociclo II (quatro semanas) e Mesociclo III (quatro semanas). Os exercícios usados durante o treinamento foram o swing e o agachamento (Tsatsouline, 2006).

Todas as participantes iniciaram o treinamento com um KTB de 8-kg, sendo que a progressão individual da carga do KTB ocorreu, com um acréscimo de 4-kg (Tsatsouline, 2006), sempre que cumpridos os três seguintes parâmetros, concomitantemente: I) percepção subjetiva de esforço (PSE) ≤ 5; II) repetições em todos os estímulos de swing ≥ 23; III) manutenção da execução adequada da técnica (Borg, 2004; Tsatsouline, 2006). Todas as sessões de treinamento foram supervisionadas por instrutores experientes.

Durante o Mesociclo I as participantes realizaram uma série com três estímulos de swing KTB e uma série com três estímulos de agachamento com KTB. Cada estímulo teve a duração de 30 segundos de execução. Foram adotados 30 segundos de descanso entre os estímulos e dois minutos de descanso entre as séries. As participantes foram estimuladas a realizarem o máximo número e repetições possíveis durante o tempo previsto, além de orientadas a depositarem o KTB no chão durante os intervalos de descanso.

O Mesociclo II foi constituído de três séries com cinco estímulos de duração de 30 segundos de execução e 30 segundos de descanso, intercalando os exercícios swing KTB e agachamento com KTB. Foi adotado um intervalo de dois minutos de descanso entre as séries.

O Mesociclo III foi constituído da mesma forma que o Mesociclo II, exceto pelo descanso entre as séries, o qual foi reduzido para um minuto.

Análise estatística dos dados

Inicialmente foi realizada a estatística descritiva e os resultados foram apresentados como média \pm desvio padrão da média. A normalidade dos dados foi testada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov. Para identificação da diferença do incremento do VO_2 máx e do tempo de duração entre o período pré e pós foi utilizado o teste "t" de student pareado. Os dados foram apresentados em percentuais e médias. A análise foi realizada no programa Sigma Stat 3.5. O nível de significância adotado foi $< 0,05$.

RESULTADOS

Adaptações do treinamento

Foi observada diferença estatisticamente significativa quando comparado os valores de VO_2 relativo, tempo do teste e força máxima. Os valores de VO_2 relativos no momento pós ($38,5 \pm 5,3$) foi 8,5 % maior quando comparado com o momento pré ($35,4 \pm 5,3$; $p < 0,001$; tabela 1). Já o aumento no tempo do teste após o período de treinamento foi maior estatisticamente ($736,8 \pm 113,5$ segundos; 10,5%; $p < 0,001$) quando comparado ao início do treinamento ($666,6 \pm 95,3$ segundos; tabela 1). O mesmo resultado

foi observado no teste de 1RM (pré: $139,13 \pm 55,9$; pós: $174,3 \pm 57,3$; $p < 0,001$; Tabela 1).

Tabela 1 - Resultados do Consumo máximo de oxigênio Relativo (VO_2 relativo), Tempo do teste e teste de 1RM.

	Pré	Pós	% Delta	p
VO_2 Relativo (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	35,4 \pm 5,3	38,5 \pm 5,3	8,5	< 0,001
Tempo do Teste (seg.)	666,6 \pm 95,3	736,8 \pm 113,5	10,5	< 0,001
Teste 1RM (Kg)	139,13 \pm 55,9	174,3 \pm 57,3	25,3	< 0,001

Legenda: Teste "t" de Student para amostras pareadas. VO_2 : Consumo de oxigênio; 1RM = uma repetição máxima; seg. = segundos; Kg = quilos. Nível de significância adotado ($p < 0,05$).

Ocorrência do Platô

Foi encontrada maior ocorrência de VO_2 Platô nos indivíduos antes de se submeterem ao treinamento com KTB, como apresentado na Tabela 2.

No momento pré foi observado a ocorrência do platô em quatro participantes utilizando o critério de Taylor, apenas duas participantes apresentaram o platô quando analisado pelo método estatístico. Quando analisado a ocorrência do platô após o período de treinamento foi possível observar a diminuição do número de ocorrência de platô utilizando o critério de Taylor ($n=3$) e o método estatístico ($n=1$).

Tabela 2 - Identificação do platô do consumo máximo de oxigênio.

	LDC (Taylor)	Estatístico (Teste t)
Ocorrência de Platô pré-treinamento	(4) 25%	(2) 12,5%
Ocorrência de Platô pós-treinamento	(3) 18,7%	(1) 6,3%

Legenda: LDC: Limiar de diferenças consecutivas (Critério de Taylor, onde $VO_2 < 2,1$ ml.kg⁻¹.min⁻¹); Estatístico: Modelo estatístico usado para análise (Teste t de Student). Valores absolutos e valores percentuais.

DISCUSSÃO

O objetivo deste estudo foi analisar a ocorrência do platô de VO_2 máx em mulheres submetidas ao treinamento de força com KTB. Como principais achados desta investigação destacam-se o aumento da capacidade aeróbia com o treinamento do KTB, o aumento da capacidade de trabalho no ergômetro

(tempo de manutenção do TCPE), e aumento da força muscular, sem interferir na ocorrência do platô.

A amostra da pesquisa foi um grupo de 16 mulheres adultas, cujo IMC ($22,2 \pm 3,7$ kg.m⁻²) estava dentro dos padrões de normalidade de acordo com a Organização Mundial de Saúde (WHO, 1997). O percentual de gordura (%G = $23,6 \pm 6,9$) estava acima da média preconizada por Pollock e Wilmore (1993), o que é natural, para uma amostra de mulheres não ativas.

Este estudo seguiu um rigoroso controle de intensidade, FC acima de 85% da máxima, e de acordo com recomendações de esforço do Colégio Americano de Esporte e Medicina, para melhorar a capacidade aeróbia de adultos saudáveis, uma intensidade de 64% - 95% da FC_{máx} ou 46% - 90% do VO₂_{máx} deve ser aplicada (Garber e colaboradores, 2011).

Estes achados são corroborados por Farrar, Mayhew e Koch (2010) quando demonstraram que realizando KTB swing em sessões com duração de 12 min os indivíduos alcançaram em média 86,8% da FC_{máx} e média do VO₂ máx de 65,3%, indicando que o treinamento com KTB swing pode representar um desafio metabólico de intensidade suficiente para aumentar o VO₂ máx.

Como sabemos muitos exercícios com KTB incorporam intensidades elevadas, sugerindo que possa gerar adaptações positivas ao sistema cardiovascular, contudo, Jay e colaboradores (2011) em seus estudos usaram um teste submáximo para estimar a capacidade aeróbia e não encontraram ganho após um programa de 8 semanas com kettlebell progressivo.

No entanto, os dados do presente estudo mediram o VO₂ máx durante um teste máximo em esteira, comprovando uma adaptação positiva no sistema aeróbio pós treinamento com KTB, além de mostrar aumento no tempo de teste e aumento no teste de força máxima.

Sendo assim, esta forma de treinamento pode ser apropriada para pessoas iniciantes no treinamento, oferecendo uma alternativa de exercício para melhorar a aptidão aeróbia e força.

A hipótese de que a ocorrência do VO₂ platô poderia aumentar pelo treinamento com KTB não foi confirmada, uma vez que a

ocorrência do platô foi menor no período pós treino.

Entretanto houve um aumento significativo na média do tempo de duração do teste (10,5%; $p < 0,001$), indicando aumento da capacidade de resistir durante o teste máximo, que pode ser explicado por uma maior resistência muscular periférica, em decorrência do treinamento.

Acredita-se na necessidade de um componente anaeróbio para sustentar o trabalho máximo, o que poderia impactar na maior incidência do platô do VO₂, que corresponde a capacidade de sustentar o VO₂ máx por mais tempo.

Contudo, o aumento do VO₂_{máx}, encontrado em nossos achados, pode ter limitado a ocorrência do platô, pois, segundo Billat e Koralsztejn (1994) e Billat e colaboradores (1996), quanto maior o VO₂_{máx}, menor o tempo de manutenção da velocidade relativa a essa intensidade (Tlim).

No presente estudo, foi observado um aumento de 8,5% no VO₂ máx ($p < 0,001$) corroborando com achados de trabalhos antecedentes, demonstrando que o treinamento adotado foi suficiente para aumentar a capacidade aeróbia (Farrar, Mayhew e Koch, 2010; Fortner e colaboradores, 2014; Hulseley e colaboradores, 2012).

Isso poderia explicar o fato de não se ter observado elevações na ocorrência do platô, uma vez que a capacidade anaeróbia pode ter aumentado em proporções semelhantes a capacidade aeróbia.

Contudo, no presente estudo não se aplicou o teste de sustentação da carga na intensidade do VO₂ máx (Tlim), e nem uma medida específica da capacidade anaeróbia. Essa limitação não nos permite concluir enfaticamente o quanto que o exercício com KTB colaborou com a capacidade anaeróbia. Gordon e colaboradores (2011) demonstraram que há relação significativamente inversa entre a capacidade anaeróbia, expressa pelo máximo déficit de oxigênio acumulado (MAOD) e as mudanças na inclinação do VO₂ (slope) ao final de um teste de rampa.

Outra limitação do estudo está no fato de que é possível que o protocolo escalonado do teste cardiopulmonar tenha dificultado a identificação do platô, embora outros estudos utilizando o mesmo protocolo, e critério de identificação do Taylor, tenham observado a

ocorrência do platô em 50% da amostra estudada (Billat, Hamard e Koralsztein, 2002; Duncan, Howley e Jhonson, 1996).

Apesar de o protocolo utilizado não ser o original estabelecido por Taylor, o que poderia limitar a identificação do platô, outra forma de análise foi realizada e o critério estatístico foi empregado mostrando que os resultados foram concordantes, outro ponto positivo é que o protocolo escalonado permite a estabilidade dos valores de VO₂ ao manter a carga constante por três minutos, favorecendo a comparação entre os estágios.

É interessante estimular investimentos em estudos para se identificar o fenômeno do platô do VO₂ como uma variável fisiológica, e se esta responde ao treinamento. Em um estudo onde os autores compararam atletas de modalidades de corrida e de musculação, foi identificada maior ocorrência de platô de VO₂ nos primeiros (Astorino e colaboradores, 2005).

Por outro lado, Niemela, Palatsi e Takkunen (1980) não encontraram ocorrência diferente entre corredores velocistas e de distância. Contudo, há muitos fatores que podem interferir na identificação do platô, o que leva a grandes variações de ocorrência entre os estudos. Como por exemplo, podemos citar Gibson e colaboradores (1999) que encontraram variações de 30% a 50% de acordo com o protocolo do teste e os critérios de identificação.

Este estudo, embora não tenha observado mudanças na ocorrência do platô com o treinamento de KTB, destaca-se pelo fato de apresentar um resultado longitudinal, utilizando dois critérios de análise do platô, repetidos nos momentos pré e pós-intervenção. Até o momento não foram encontrados estudos com esse delineamento para esclarecer sobre os efeitos do treinamento no VO₂platô.

CONCLUSÃO

O treinamento de força com o KTB aplicado durante 12 semanas provocou adaptações nos sistemas de fornecimento de energia aeróbia e anaeróbia, demonstrado pelo aumento do VO₂ máx, melhoria de força e aumento na resistência à fadiga.

Contudo, essas adaptações não implicaram na maior ocorrência do VO₂ platô durante teste cardiopulmonar de exercício.

REFERÊNCIAS

- 1-Astorino, T. A.; Willey, J.; Kinnahan, J.; Larsson, S. M.; Welch, H.; Dalleck, L.C. Elucidating determinants of the plateau in oxygen consumption at VO₂ máx. *British journal of sports medicine*. Vol. 39. Num. 9. p.655-660. 2005. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1725313/>>.
- 2-Bassett, D. R.; Howley, E. T. Maxymal oxygen uptake: "classical" versus "contemporary" viewpoints. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. Vol. 29. Num. 5. p. 591-603. 1997.
- 3-Bassett, D. R.; Howley, E. T. Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. Vol. 32. Num. 1. p. 70-84. 2000.
- 4-Beltrami, F. G.; Wong D. P.; Noakes T. D. High prevalence of false-positive plateau phenomena during VO₂max testing in adolescents. *Journal of Science and Medicine in Sport*. Vol. 17. Num. 526-530. 2013.
- 5-Beltz, N. M. Training benefits consequent to 8 weeks of kettlebell exercise. Master's Theses. University of Wisconsin-La Crosse, 2012. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5065320/pdf/ijes_09_04_437.pdf>.
- 6-Billat, V. L.; Koralsztein, J. P. Significance of the velocity at VO₂ máx and time to exhaustion at this velocity. *Sports Medicine*. Vol. 22. p. 90-108. 1994.
- 7-Billat, V. L.; Beillot, J.; Jan, J.; Rochcongar, P.; Carre, F.; Gender. Effect on the relationship of time limit at 100% VO₂ máx with other bioenergetic characteristics. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. Vol. 28. p.1049-1055. 1996.
- 8-Billat, V. L.; Hamard, L.; Koralsztein, J. P. The influence of exercise duration at VO₂max on the off-transient pulmonary oxygen uptake phase during high intensity running activity. *Physiology & Biochemistry, Paris*. Vol. 110. Num. 5. p. 383-392. 2002.

- 9-Duncan, G. E.; Howley, E. T.; Jhonson, B. N. Applicability of VO₂ max criteria: discontinuous versus continuous protocols. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, Knoxville. Vol. 29. Num. 2. p. 273-278. 1997.
- 10-Duncan, G. E.; Howley, E. T.; Johnson, B. N. Applicability of VO₂ máx criteria. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. Vol. 28. Num. 5. p.120. 1996.
- 11-Falatic, A. J.; Plato, A. P.; Holder, C.; Finch, D.; Han, K.; Cisar, C. J. Effects of Kettlebell Training on Aerobic Capacity. *Journal of Strength & Conditioning Research*. California. Vol. 29. 2015.
- 12-Farrar, R.; Mayhew, J.; Koch, J. A. Oxygen cost of kettlebell swings. *Journal of Strength and Conditioning Research*, Lincoln. Vol. 24. p. 1034-1036. 2010.
- 13-Fortner, H. A.; Salgado, J.; Holmstrup, A. M.; Holmstrup, M. E. Cardiovascular and metabolic demands of the kettlebell swing using a Tabata interval versus a traditional resistance protocol. *International Journal of Exercise Science*. Vol. 7. Num. 3. 2014. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4831858/>
- 14-Garber, C. E.; Blissmer, B.; Deschenes, M. R.; Franklin, B. A.; Lamonte, M. J.; Lee, I.; Nieman, D. C.; Swain, D. P. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal e neuronal fitness in apparently healthy adults: Guidance for prescribing exercise. *Medicine and Science in Sports Exercise*. Knoxville. Vol. 43. p. 1334-1359. 2011.
- 15-Gibson, S. T. A.; Lambert, M. I.; Hawley, J. A.; Broomhead, S. A.; Noakes, T. D. Measurement of maximal oxygen uptake from two different laboratory protocols in runners and squash players. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, South Africa. Vol. 31. Num. 8. p.1226-1229. 1999.
- 16-Gordon, D.; Hopkins, S.; Keiller, D.; Barnes, R. J. Incidence of plateau at VO₂máx is dependent on the anaerobic capacity. *Journal of Sports Medicine*. Vol. 32. p.1-6. 2010.
- 17-Gordon, D.; Hopkins, S.; King, C. Keiller, D.; Barnes, R. J. Incidence of the Plateau at VO₂máx is Dependent on the Anaerobic Capacity. *International Journal of Sports Medicine*. Vol. 32. p.1-6. 2011.
- 18-Hill, A. V.; Lupton, H. Muscular exercise, lactic acid, and the supply and utilization of oxygen. *Ergebnisse der Physiologie*. Vol. 24. Num. 1. p.43-51. 1923.
- 19-Howley, T. E.; Basset, R. D.; Welch, G. H. Criteria for maximal oxygen uptake: review and commentary. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. Madison. Vol. 27. p. 1292-1301. 1995.
- 20-Hulsey, R. C.; Soto, T. D.; Koch, J. A.; Mayhew, L. J. Comparison of Kettlebell Swings and Treadmill Running at Equivalent Rating of Perceived Exertion Values. *Journal of Strength and Conditioning Research*. Vol. 26. Num. 5. p.1203-1207. 2012.
- 21-Jackson, A. S., Pollock, M. L.; Ward A. Generalized equations for predicting body density of women. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. Vol. 12. p. 175&SHY-182. 1980.
- 22-Jay, K.; Frisch, D.; Hansen, K.; Zebis, M. K.; Andersen, C. H.; Mortensen, O. S.; Andersen, L. L. Kettlebell training for musculoskeletal and cardiovascular health: a randomized controlled trial. *Scand J Work Environ Health*. Vol. 37. Num. 3. p.196-203. 2011.
- 23-Kodama, S.; Saito, K.; Tanaka, S.; Maki, M.; Yachi, Y.; Asumi, H.; Sugawara, Um.; Totsuka, K.; Shimano, H.; Ohashi, Y.; Yamada, N.; Sone, H. Cardiorespiratory fitness as a quantitative predictor of all-cause mortality and cardiovascular events in healthy men and women: a meta-analysis. *JAMA* 301: 2024-2035. 2009.
- 24-Lake, J.; Lauder, M. Kettlebell swing training improves maximal and explosive strength. *Journal of Strength and Conditioning Research*, Lincoln. Vol. 26. Num. 8. p. 2228-2233. 2012.
- 25-Lemos, T.; Nogueira, F. S.; Pompeu, F. A. M. S. Influência do protocolo ergométrico na

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 / www.rbpfex.com.br

ocorrência de diferentes critérios de esforço máximo. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*. Vol. 17. Num. 1. p. 18-21. 2011.

26-Lovell, D.; Cuneo, R.; Delphinis E.; Gass, G. Leg strength and the VO₂max of older men. *International Journal of Sports Medicine*. 2011.

27- Manocchia, P.; Spierer, D. K.; Lufkin, A. K. S.; Minichiello, J.; Castro, J. Transference of kettlebell training to strength, power and endurance. *Journal of Strength and Conditioning Research*. Vol. 27. Num. 2. p. 477-484. 2013.

28-Myers, J.; Walsh, D.; Buchanan, N.; Froelicher, V. F. Can maximal cardiopulmonary capacity be recognized by a plateau in oxygen uptake? *Chest*. Vol. 96. Num. 6. p. 1312-1316. 1989.

29-Myers, J.; Prakash, M.; Froelicher, V.; Do, D.; Partington, S.; Atwood J. E. Exercise capacity and mortality among men referred for exercise testing. *New England Journal of Medicine*. Vol. 346. p.793-801. 2002.

30-Nielsen, H. B.; Arterial desaturation during exercise in man: implication for O₂ uptake and work capacity. *Scan. J. Sci. Sports*. Vol. 13. Num. 6. p.339-358. 2003.

31-Niemela, K.; Palatsi, I.; Takkunen, J. The oxygen uptake-Work-Output relationship of runners during graded cycling exercise: sprinters vs. endurance runners. *British Journal of Sports Medicine, Finland*. Vol. 14. Num. 4. p. 204-209. 1980.

32-Poole, D. C.; Wilkerson, D. P.; Jones, A. M. Validity of criteria for establishing maximal O₂ uptake during ramp exercise tests. *European Journal of Applied Physiology*. Vol. 102. Num. 4. p. 403-410. 2007.

33-Steding, K.; Engblom, H.; Buhre, T.; Carlsson, M.; Mosén, H.; Wohlfart, B.; Arheden, H. Relation between cardiac dimensions and peak oxygen uptake. *Journal of Cardiovascular Magnetic Resonance*. 2010. Disponível em: <<https://jcmr-online.biomedcentral.com/track/pdf/10.1186/1532-429X-12-8>>

34-Tsatsoulina, P. Enter the Kettlebell. Dragon Door Publications. 2006.

35-Taylor, H. L.; Henschel, A.; Buskirk E. Maximal Oxygen uptake as na objective measure of cardiorespiratory performance. *Journal of Applied Physiology*. Minnesota. Vol. 8. p.73-80. 1955.

36-Wagner, P. D. New ideas on limitations to VO₂máx. *Exercise and Sports Sciences Review*. 2000.

37-Wen C. P.; Wai J. P.; Tsai M. K.; Yang Y. C.; Cheng T. Y.; Lee M. C.; Chan H. T.; Tsao C. K.; Tsai S. P.; Wu X. Minimum amount of physical activity for reduced mortality and extended life expectancy: a prospective cohort study. *The Lancet*. Vol. 378. 2011.

38-Williams, B. M.; Kraemer, R. R. Comparison of cardiorespiratory and metabolic responses in kettlebell high-intensity interval training versus sprint interval cycling. *Journal of Strength and Conditioning Research, Lincoln*. Vol. 29. Num. 12. p. 3317-3325. 2015.

39-World Health Organization. Preventing and managing the global epidemic of obesity. Report of the World Health Organization Consultation of Obesity. Geneva, 1997.

E-mails dos autores:

caiobcarneiro@gmail.com
ricardofrizzera@gmail.com
czimerer@gmail.com
wevertonrts@hotmail.com
rdleite@gmail.com
anselmo.perez@ufes.br
luciana.carletti@ufes.br

Endereço para correspondência:

Luciana Carletti.
Universidade Federal do Espírito Santo
Centro de Educação Física e Desportos
Av. Fernando Ferrari, 514, Goiabeiras, Vitória-ES, Brasil.
CEP: 29075-910.

Recebido para publicação 12/07/2018
Aceito em 27/01/2019