






CARGA DE TREINAMENTO ATRAVÉS DE FREQUÊNCIA CARDÍACA E ESFORÇO PERCEBIDO NO CROSSFIT®

TRAINING LOAD THROUGH HEART RATE AND PERCEIVED EXERTION DURING CROSSFIT®

CARGA DE ENTRENAMIENTO ATRAVÉS DE LA FRECUENCIA CARDÍACA Y EL ESFUERZO PERCIBIDO EN EL CROSSFIT®

Marcelo Ricardo Dias^{1,2} 
(Profissional de Educação Física)
João Guilherme Vieira¹ 
(Profissional de Educação Física)
Jorge Caetano Pissolato² 
(Profissional de Educação Física)
Katie M. Heinrich³ 
(Profissional de Educação Física)
Jeferson Macedo Vianna¹ 
(Profissional de Educação Física)

1. Universidade Federal de Juiz de Fora, Programa de Pós-graduação em Educação Física, Juiz de Fora, MG, Brasil.
2. Instituto Metodista Granbery, Laboratório de Fisiologia do Exercício e Avaliação Morfofuncional, Faculdade Metodista Granbery, Juiz de Fora, MG, Brasil.
3. Kansas State University, Laboratório de Treinamento de Intensidade Funcional, Departamento de Cinesiologia, Manhattan, KS, EUA

Correspondência:

Marcelo Ricardo Cabral Dias
Rua José Lourenço Kelmer, s/n –
São Pedro, Juiz de Fora, MG, Brasil.
36036-900. diasmr@gmail.com

RESUMO

Introdução: O monitoramento da carga de treinamento deve ser considerado para facilitar os resultados e evitar o excesso de treinamento no CrossFit®. **Objetivo:** O objetivo do presente estudo foi examinar a frequência cardíaca (FC), a percepção de esforço (RPE) e as respostas da carga interna em cada segmento de uma sessão de CrossFit®. **Métodos:** Estudo transversal observacional. Quinze homens saudáveis com pelo menos seis meses de experiência de treinamento recreativo de CrossFit® participaram deste estudo. Sete sessões não consecutivas de CrossFit® que consistiram em segmentos de mobilidade, aquecimento, habilidade e treino foram realizadas com um mínimo de 48 horas entre as sessões. As modalidades de exercício das sessões foram constantemente variadas de acordo com o modelo de programação de treinamento CrossFit®. A FC foi medida a cada dois minutos ao longo de cada sessão e a FC pico, a FC média e a RPE depois de cada segmento e a RPE de cada sessão foram registradas. **Resultados:** A FC aumentou significativamente durante cada segmento das sessões de treinamento ($p < 0,01$), exceto entre os segmentos de aquecimento e habilidade ($p = 0,180$). A FC média total da sessão foi $65,1 \pm 5,4\%$ da FC_{\max} e a FC pico foi $95,3 \pm 4,1\%$ da FC_{\max} . A RPE e a carga interna aumentaram significativamente em cada segmento ($p < 0,05$). Enquanto as medidas de intensidade aumentaram durante o treinamento de CrossFit®, as respostas da FC diferiram da RPE e da carga interna. **Conclusão:** Ao mudar de um segmento para outro, a FC diminuiu abaixo da FC pico do segmento anterior, o que mostra que o tempo gasto na mudança entre os segmentos de treinamento influenciou a FC média de toda a sessão. **Nível de evidência III; Estudo de caso controle; Investigação dos resultados do tratamento.**

Descritores: Treinamento intervalado de alta intensidade; Condicionamento físico; Resistência física.

ABSTRACT

Introduction: Monitoring of CrossFit® training load should be considered to facilitate training outcomes and avoid overtraining. **Objective:** The purpose of the present study was to examine the heart rate (HR), rating of perceived exertion (RPE), and internal load responses to each segment of a CrossFit® training session. **Methods:** An observational, cross-sectional design was used in this study. Fifteen healthy male recreational athletes with at least six months experience in CrossFit® training participated in this study. Seven non-consecutive CrossFit® training sessions consisting of mobility, warm-up, skill, and workout segments were performed with a minimum of 48 hours between sessions. Exercise modalities within sessions were constantly varied according to the CrossFit® training programming template. HR was measured every two minutes throughout each session. Peak HR, average HR, RPE after each segment, and session RPE were recorded. **Results:** HR significantly increased during each segment of the training sessions ($p < 0.01$), except between the warm-up and skill segments ($p = 0.180$). Mean total session HR was $65.1 \pm 5.4\% HR_{\max}$ and peak HR was $95.3 \pm 4.1\% HR_{\max}$. RPE and internal load increased significantly in each segment ($p < 0.05$). While intensity measurements increased during CrossFit® training, the HR responses differed from the RPE and internal load. **Conclusion:** When switching from one segment to another, HR fell below the HR_{peak} of the previous segment, which shows that the time spent switching between the training segments influenced the average HR of the entire session. **Level of evidence III; Case control study; Investigating the results of treatment.**

Keywords: High-intensity interval training; Physical fitness; Physical endurance.

RESUMEN

Introducción: El monitoreo de la carga de entrenamiento debe considerarse para facilitar los resultados y evitar el sobreentrenamiento en el CrossFit®. **Objetivo:** El propósito del presente estudio fue examinar la frecuencia cardíaca (FC), la calificación del esfuerzo percibido (RPE) y las respuestas de carga interna en cada segmento de una sesión de CrossFit®. **Métodos:** Estudio observacional transversal. En este estudio participaron quince hombres sanos, con al menos seis meses de experiencia en el entrenamiento recreativo de CrossFit®. Se realizaron siete sesiones de entrenamiento de CrossFit® no consecutivas, consistentes en segmentos de movilidad, calentamiento, habilidad y entrenamiento, con un mínimo de 48 horas entre sesiones. Las modalidades de ejercicio de las sesiones variaron constantemente de acuerdo con el modelo de programación del entrenamiento de CrossFit®. Se midió la FC cada dos minutos a lo largo de cada



sesión y se registraron la FC pico, la FC media, la RPE después de cada segmento y la RPE de cada sesión. Resultados: La FC aumentó significativamente durante cada segmento de las sesiones de entrenamiento ($p < 0,01$), excepto entre los segmentos de calentamiento y habilidad ($p = 0,180$). La FC media total de la sesión fue de $65,1 \pm 5,4\%$ $FC_{máx}$ y la FC pico fue de $95,3 \pm 4,1\%$ $FC_{máx}$. La RPE y la carga interna aumentaron significativamente en cada segmento ($p < 0,05$). Mientras que las medidas de intensidad aumentaron en el entrenamiento de CrossFit®, las respuestas de la FC difieren de la RPE y la carga interna. Conclusión: Al cambiar de un segmento a otro, la FC cayó por debajo del pico de la FC del segmento anterior, lo que demuestra que el tiempo empleado en cambiar de segmento de entrenamiento influyó en la FC media de toda la sesión. **Nivel de evidencia III; Estudio de casos y controles; Investigación de los resultados del tratamiento.**

Descriptor: Entrenamiento de intervalos de alta intensidad; Condicionamiento físico; Resistencia física.

DOI: http://dx.doi.org/10.1590/1517-8692202228042021_0036

Artigo recebido em 06/02/2021 aprovado em 05/10/2021

INTRODUÇÃO

O treinamento CrossFit® (CT) é um tipo de treino funcional de alta intensidade que consiste em alternar curtos períodos de recuperação usando exercícios aeróbicos variados, movimentos de ginástica e técnicas de levantamento de peso olímpico.^{1,2} Ao contrário do treinamento intervalado de alta intensidade, no qual são usados intervalos predeterminados específicos entre repetições da mesma atividade (por exemplo, andar de bicicleta), o CT costuma usar uma combinação de movimentos e períodos de trabalho e descanso autosselecionados.² Devido à intensidade do CT, o monitoramento da carga de treinamento deve ser considerado de modo a facilitar os resultados e evitar o excesso de treinamento. A prescrição de intensidade adequada é crucial para obter o estímulo de treinamento aceitável e o controle razoável do risco relacionado com o exercício.³ Embora o CT seja amplamente praticado em todo o mundo (<https://map.crossfit.com>), atualmente há evidências limitadas de monitoramento da carga de treinamento entre os participantes.⁴

Para quantificar a magnitude da carga de treinamento, foram utilizadas medidas de vários fatores, incluindo características metabólicas,⁵ cardiovasculares,^{4,6} e perceptivas.^{5,6} Contudo, nem todas essas medidas podem sempre ser práticas em um ambiente de exercícios aplicados. A frequência cardíaca (FC) e a avaliação do esforço percebido são variáveis comumente usadas na prática. A FC é uma variável cardiovascular com excelente validade para controle de intensidade durante atividades esportivas,⁷ mas é pouco compreendida ao longo de uma sessão de CT. Embora a FC média registrada durante cada sessão de CT possa ser considerada vigorosa e próxima do máximo, ou seja, ~ 90% a 93% da $FC_{máx}$,^{6,8,9} não se sabe como suas variações ao longo de uma sessão influenciam a magnitude do estresse cardiovascular no CT.

Por outro lado, o uso da classificação da sessão de esforço percebido (sRPE) para avaliar e quantificar a carga de treinamento é considerado uma possível ferramenta em diferentes esportes.¹⁰ Embora o sRPE tenha sido usado para avaliar a carga do CT,^{4,5} as diferenças de esforço para executar cada exercício ou segmento de uma sessão foram limitadas. As medições de sRPE, RPE muscular e RPE cardiovascular foram consideradas semelhantes entre si e foram significativamente diferentes entre a ginástica e os exercícios de levantamento de peso do dia (WOD), mas não diferiram quando comparadas com WOD cardiovascular.⁹

Até o momento, nenhum estudo examinou as diferenças na carga de treinamento para cada segmento de uma sessão de CT (mobilidade articular, aquecimento geral, habilidade específica [ou seja, core, levantamento de peso, força ou movimento complexo] e WOD [parte principal da sessão]), o que é importante devido à inclusão de vários movimentos distintos que variam em repetição e carga e requerem níveis variados de esforço. Porém, sabe-se que atividades mais intensas resultam em maiores respostas fisiológicas. No caso de uma sessão de CT, os estímulos devem aumentar progressivamente a cada segmento. Compreender

como a FC e a RPE mudam ao longo das sessões de treinamento seria um acréscimo à literatura ao fornecer parâmetros para as respostas cardiovasculares a cada segmento de treinamento. Assim, o objetivo deste estudo foi examinar a FC, a RPE e as respostas da carga interna para cada segmento da sessão de CT. Nossa hipótese é que FC, RPE e carga interna aumentariam progressivamente com cada segmento.

MATERIAIS E MÉTODOS

Participantes

Quinze homens saudáveis ($26 \pm 6,5$ anos, $71,2 \pm 17$ kg, $175,9 \pm 8,1$ cm, percentual de gordura $11,4 \pm 4,6\%$) com pelo menos seis meses de experiência de treinamento recreativo de CT ($14,4 \pm 4,1$ meses) com WODs realizados de três a cinco dias por semana participaram do estudo em uma academia de CrossFit®. Um teste de carga máxima no agachamento livre foi utilizado para caracterizar a amostra. O tamanho da amostra foi estimado em 14 participantes (poder = 0,849) *a priori* usando o pacote G-Power (versão 3.1.9.2, Heinrich-Heine-Universität em Dusseldorf, Alemanha), considerando um tamanho de efeito (f) = 0,35; potência ($1 - \beta$) = 0,80; $\alpha = 0,05$; com correção entre medidas repetidas = 0,5 e correção da não esfericidade = 1 calculada pelos procedimentos sugeridos por Beck.¹¹ Nenhum participante consumiu qualquer tipo de medicamento ou substâncias para melhorar o desempenho 24 horas antes ou durante o estudo. Outros critérios de exclusão foram doença cardiovascular, metabólica, neurológica ou pulmonar ou qualquer problema ortopédico que pudesse limitar o desempenho dos exercícios. Todos os indivíduos foram selecionados com o questionário PAR-Q e preencheram o termo de consentimento livre e esclarecido de acordo com a declaração de Helsinque (2000). Os procedimentos experimentais foram aprovados pelo Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos da Universidade Federal de Juiz de Fora (Protocolo número: 3.749.878)

Desenho e procedimentos do estudo

Este é um estudo transversal observacional, no qual as respostas da FC e da RPE foram examinadas para cada segmento das sessões de CT. Os participantes realizaram sete sessões de CT não consecutivas em diferentes ordens aleatórias separadas por aproximadamente 48 a 72 horas (ver Tabela 1). Para determinar a ordem de execução das sessões, foi usada uma lista de números aleatórios gerada por computador. Cada sessão seguiu o modelo de programação CrossFit® de treinamento constantemente variado, 1 no qual os movimentos cardiovasculares (M), de ginástica (G) e levantamento de peso (W) foram programados. Além disso, foi usada a combinação em ciclos desses elementos, isto é, M, G, W, MG, MW, GW e MGW.

Cada sessão de treinamento de 60 minutos foi dividida em quatro segmentos: mobilidade, aquecimento, habilidade e WOD. Entre os segmentos, foi usado um tempo mínimo (2 a 4 min.) para armazenamento

Tabela 1. Detalhes das sete sessões de treinamento de CrossFit®.

Segmento	M	G	W	MG	MW	GW	MGW
Mobilidade	Static squat hold + roll lower back	Static squat hold + roll lower back	Flexão do ombro + static squat hold + Extensão do carpo	Extensão do ombro + roll lower back	Flexão do ombro + static squat hold + Carpo	Static squat hold + roll lower back + Extensão do carpo	Static squat hold + roll lower back + Extensão do carpo
Aquecimento	3 rds: Corrida de 100 m + 20 polichinelos	3 rds: 5 no push-up burpees + 10 PVC pipe pass-throughs	3 rds: 8 air squats + 8 PVC pipe muscle snatches	3 rds: 5 saltos verticais + 5 wall throws	3 rds: 10 PVC pipe shoulder presses + corrida de 100 m	3 rds: 7 front squats + 7 good mornings	2 rds: corrida de 100 m + 10 air squats + 10 PVC pipe deadlifts
Habilidade	Foco: core 4 rds: 10 hollow rocks + 10 supermans + 10 V-ups	Foco: técnica handstand push-up 5 min. EMOM: 10 kipping handstand push-ups	Foco: técnica snatch 4 rds: 3 hang power snatches (1 min. de repouso entre rds)	Foco: técnica de rowing 5 rds: 300 m row (1 min. de repouso entre rds)	Foco: técnica clean e jerk 4 rds: 3 hang power cleans (1 min. de repouso entre rds)	Foco: Técnica DU 5 rds: 1 min. de DU (1 min. de repouso entre rds)	Foco: técnica back squat 3 rds: 5 back squats (1 min. de repouso entre rds)
WOD	Para tempo: 1 km row + 1 km de corrida + 400 DU (5 min. de repouso entre exercícios)	Para repetições: 6 rds de 2 min. cada: 10 burpees +10 abdominais (1 min. de repouso entre rds)	5 rds por vez: 20 snatches + 20 wall balls (1 min. de repouso entre rds)	2 rds de 10 min. AMRAP: 30 calorie row + 20 box step-ups + 10 push-ups (2 min. de repouso entre rds)	16 min. EMOM: 100 m de corrida + 20 cleans + 100 m de corrida + 20 jerks	21 min. AMRAP: 10 front squats + 20 lunges (30 segundos de repouso entre rds)	2 rds de 9 min. AMRAP: 100 DU + 24 kettlebell swings + 12 hang cleans (5 de repouso entre rds)

M: exercícios metabólicos em WOD, G: exercícios de ginástica em WOD, W: exercícios de levantamento de peso em WOD; WOD: treino do dia; rds: rodadas; min.: minuto; DU: double-under; AMRAP: tantas repetições quanto possível; EMOM: cada minuto em um minuto.

dos materiais/equipamentos. Ao iniciar o segmento de habilidade e WOD, foi realizado um aquecimento específico para o movimento. A intensidade usada pelos participantes foi autosselcionada de acordo com sua experiência, ou seja, a carga escolhida atendeu aos padrões de movimento sem que o indivíduo perdesse a qualidade técnica de movimento. A Tabela 1 detalha as sete sessões de treinamento. Para padronizar as condições experimentais, os participantes foram instruídos a: (a) não ingerir álcool durante toda a sua participação no estudo; (b) ir ao laboratório duas horas depois da última refeição da manhã; (c) não consumir bebidas e alimentos que contenham cafeína antes do treinamento e (d) não praticar exercícios vigorosos 48 horas antes do teste.

Monitoramento da frequência cardíaca e avaliação do esforço percebido

A cada dois minutos das sessões de treinamento, a FC foi medida por um monitor de FC (Polar®, FT 60, Finlândia). Foram registradas a FC pré-exercício, média e pico. No final de cada segmento, o RPE foi medido com a escala OMNI-RES RPE 0-10.¹² O sRPE dos participantes foi medido 30 minutos depois da sessão. A carga de treinamento foi expressa em unidades arbitrárias (AU), multiplicando-se o segmento e a duração da sessão por RPE e sRPE, respectivamente. A FC durante o treino foi calculada como porcentagem da FC_{máx} estimada = 208 - (0,7 x idade).

Todos os participantes foram orientados e familiarizados com o relato de RPE durante três sessões antes dos procedimentos, de acordo com as seguintes instruções: (a) olhar as ilustrações e palavras para auxiliar na seleção de um número de 0 a 10; (b) se você sentir, conforme mostrado na ilustração, que o esforço é “extremamente difícil”, indique o número 10; (c) se sentir que seu esforço está entre “extremamente fácil” e “extremamente difícil”, indique um número entre 0 e 10, gradativamente, de acordo com os descritores ilustrativos presentes na escala.

Análise estatística

Para o cálculo da estatística inferencial, a normalidade da distribuição foi avaliada com o teste de Shapiro-Wilk e a homocedasticidade com o teste de Levene. A FC foi estratificada em zonas para cada segmento: início, ¼, ½, ¾ e fim. A FC foi comparada por análise de variância de duas vias (ANOVA) com medidas repetidas cinco (zonas) x quatro (segmentos), seguido por análise *post hoc* com correção de Bonferroni para comparações múltiplas em cada segmento. Para isso, presumiu-se a esfericidade para o segmento e não para o tempo por meio do teste de Mauchly. Uma ANOVA de duas vias com medidas repetidas (segmentos) foi usada para analisar FC pré, FC média, FC pico, RPE e carga interna, seguidas por

análise *post hoc* com correção de Bonferroni para comparações múltiplas em cada segmento. Novamente, supôs-se a esfericidade com o teste de Mauchly. O teste *t* pareado foi usado para comparar a FC durante a transição de um segmento para o próximo. O nível de significância foi estabelecido em $p < 0,05$. Todas as análises foram realizadas com o software SPSS versão 20.0.0 para Mac (SPSS Inc., Chicago, IL, EUA).

RESULTADOS

A carga máxima encontrada no agachamento livre foi $96,9 \pm 15,7$ kg, correspondendo a $132 \pm 29\%$ da massa corporal total, que mostrou nível avançado de força, de acordo com o estudo de Junior *et al.*¹³ A ANOVA de duas vias com medidas repetidas mostrou que houve efeitos principais do tempo sobre a FC [$F(2,410, 33,745) = 252,371$; $p < 0,001$] e o segmento da sessão de treinamento [$F(3, 42) = 108,807$; $p < 0,001$]. O teste *post hoc* de Bonferroni confirmou que a FC aumentou ao longo do tempo, em cada segmento, a partir do aquecimento. Esse aumento ocorreu de acordo com a ordem dos segmentos: mobilidade, aquecimento, habilidade e WOD, respectivamente.

A Tabela 2 mostra as respostas de FC média para cada quartil de cada segmento da sessão. A FC aumentou em cada quartil e começou com uma taxa mais alta em cada segmento seguinte da sessão. Conforme mostrado na Figura 1, a porcentagem da FC_{máx} alcançada diferiu significativamente por segmento, exceto entre aquecimento e habilidade ($p = 0,180$), mostrando que a FC permaneceu mais elevada durante o WOD (Figura 1).

De acordo com a ANOVA de uma via com medidas repetidas, ocorreu efeito significativo do segmento de treinamento sobre a FC média [$F(3, 42) = 95,847$; $p < 0,001$], FC pico [$F(1,014, 14,198) = 41,274$; $p < 0,001$], tempo total [$F(1,591, 22,275) = 19,192$; $p < 0,001$], RPE

Tabela 2. Respostas da média de FC (bpm) durante cada segmento do treinamento CrossFit® (n = 15).

	T0	T1	T2	T3	T4
Mobilidade ^{u,s,w}	85,4±9,1 (10,6)	84,9±11,1 (13)	93,2±13,9 (14,9)*	103,3±16,4 (15,8)*	108,7±19,3 (17,7)*
Aquecimento ^{m,w}	96±15,6 (16,3)	103,7±17,4 (16,7)	116,9±18,9 (16,2)*	142,9±20,7 (14,5)*	150,2±21,9 (14,6)*
Habilidade ^{m,w}	111,4±24,4 (21,9)	113,4±15 (13,2)	125,1±15,5 (12,4)*	144,5±18,4 (12,8)*	158,9±17,4 (10,9)*
WOD ^{m,u,s}	126,3±19,6 (15,6)	127,8±15,1 (11,8)	163,1±14,3 (8,7)*	176,4±9,9 (5,6)*	181,7±8,3 (4,6)*

Média ± desvio padrão (coeficiente de variação). T0: no início; T1: 1/4 do tempo; T2: 1/2 do tempo; T3: 3/4 do tempo; T4: hora de término. *Diferença significativa com relação ao tempo anterior ($p < 0,01$). m Diferença significativa com relação à mobilidade ($p < 0,05$). u Diferença significativa com relação ao aquecimento ($p < 0,05$). s Diferença significativa com relação à habilidade ($p < 0,05$). w Diferença significativa em relação ao WOD ($p < 0,05$).

[F (1,014, 14,19) = 41,274; p < 0,001] e carga interna (F [1,181, 16,532] = 81,243; p < 0,001). Conforme demonstrado na Tabela 3, o teste *post hoc* de Bonferroni mostrou que não houve diferenças significativas na FC média durante aquecimento e habilidade (p = 0,459), tempo total de mobilidade com relação ao aquecimento (p > 0,05) ou habilidade com relação ao WOD (p > 0,05).

A Figura 2 mostra que, em média, a transição de um segmento para outro foi suficiente para diminuir a FC. Assim, ao iniciar um novo

segmento na sessão de treinamento, a FC foi significativamente menor com relação à FC no final do segmento anterior (mobilidade para aquecimento: t (14) = 3,103, p = 0,008; aquecimento para habilidade: t (14) = 6,830, p < 0,001; habilidade para WOD: t (14) = 5,573, p < 0,001).

DISCUSSÃO

O objetivo do nosso estudo foi examinar a FC, o RPE e as respostas da carga interna para cada segmento de uma sessão de CT. As sessões de treinamento foram realizadas com exercícios aeróbicos, movimentos de ginástica e técnicas de levantamento de peso olímpico. Nossa hipótese de que a FC, o RPE e a carga interna aumentariam progressivamente com cada segmento foi corroborada, embora a FC média não tenha aumentado significativamente do aquecimento para o segmento de habilidade. Conhecer as respostas da FC e do RPE e a carga de treinamento gerada pelos diferentes segmentos de uma sessão de CT é útil para adaptar as cargas externas a cada indivíduo. Uma carga de treinamento adequada induzirá adaptações benéficas e ajudará a prevenir lesões ou doenças.¹⁴

Nenhum outro estudo examinou a FC durante uma sessão completa de CT. Só um estudo¹⁵ analisou o gasto energético e a intensidade durante os segmentos de aquecimento e WOD. O total da sessão foi de 43,9 minutos, sendo 8,3 minutos para o aquecimento (78,1% da FC_{máx}) e 35,6 minutos para a WOD (82,7% da FC_{máx}). Kliszczewicz *et al.*⁸ encontraram um aumento significativo na FC com relação a WOD ('Cindy' - tantas rodadas quanto possível de 5 pull-ups, 10 push-ups e 15 air-squats em 20 minutos). Por outro lado, Maté-Muñoz *et al.*⁹ indicaram FC alta registrada tanto na seção intermediária quanto durante a sessão final nos três WODs do CrossFit® (<Cindy>; tantos double-under quanto possível em oito séries de 20 segundos com 10 segundos de descanso entre as séries; e número máximo possíveis de *power cleans* em cinco minutos levantando uma carga equivalente a 40% de 1RM).

Verificamos que a FC aumentou progressivamente em cada segmento da sessão de treinamento. Quando examinamos a intensidade do exercício no nível cardiovascular, a FC estava perto do máximo (95%) no último segmento (ou seja, WOD). No entanto, o aumento da FC do aquecimento para a habilidade não foi significativo. Essa falta de significância pode ser explicada pelo foco técnico do segmento de habilidade, muitas vezes com carga leve a moderada. Se considerarmos a FC média da sessão (65% da FC_{máx}), essa sessão de exercício seria classificada como moderada, pois a ASCM define a intensidade entre 64% a 76% da FC_{máx}.¹⁶ No entanto, quando o tempo em cada zona de intensidade foi analisado, os participantes passaram 12,5 minutos em atividade muito leve (51% da FC_{máx}), 18 minutos em atividade moderada (64,2% da FC_{máx}) e 31,5 minutos em atividade vigorosa (85% da FC_{máx}). Portanto, mais da metade da sessão foi gasta completando atividades de intensidade vigorosa.

A alta resposta cardiovascular observada no final da sessão é comparável à descrita por outros que encontraram FC pico de 92,1 ± 3,1% da FC_{máx},¹⁷ 91,3 ± 3% da FC_{máx}¹⁸ e 97 ± 5% da FC_{máx}.⁹ Dois estudos que descreveram FC_{máx} semelhantes aos nossos achados, relacionaram a FC_{máx} ao VO_{2máx} e relataram valores em torno de 66% do VO_{2máx}¹⁹ e 64% do VO_{2máx}.²⁰ Essas proporções indicam exercício vigoroso (60% a 85% do VO_{2máx}) e são consideradas mais eficazes do que exercícios de intensidade moderada (40% a 60% do VO_{2máx}) para melhorar o VO_{2máx}.²¹ No presente estudo, a FC média em cada segmento era vigorosa durante o WOD (81% da FC_{máx}), em comparação com moderada durante a habilidade (67% da FC_{máx}) e leve durante os segmentos de aquecimento (63% da FC_{máx}) e os de mobilidade (49% da FC_{máx}).

Vale ressaltar que na transição de um segmento para o outro, a FC diminuiu significativamente. Esses períodos de transição adicionaram 15 minutos à sessão de treinamento, que pode ser o motivo pelo qual a FC média em cada segmento apresentou valores médios moderados. Salagas

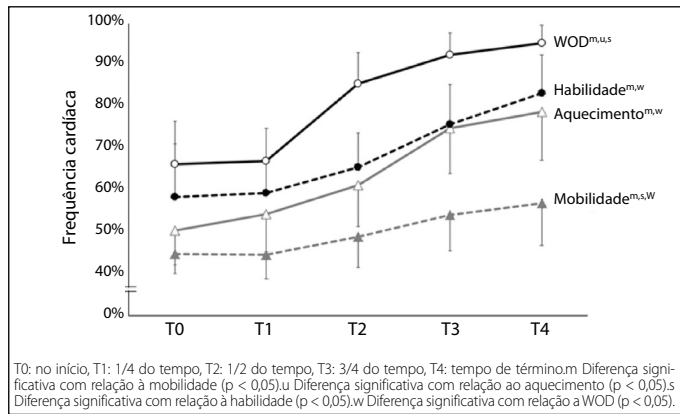


Figura 1. Respostas percentuais de FC_{máx} ao longo de cada segmento de uma sessão de treinamento CrossFit® (n = 15).

Tabela 3. FC média, tempo total, RPE e carga interna para cada segmento da sessão de treinamento CrossFit® (n = 15).

	Mobilidade	Aquecimento	Habilidade	WOD	Sessão total
FC _{pré} (bpm)	85.4 ± 9.1 (10.6)	96 ± 15.6 (16.3) ^m	111.4 ± 24.4 (21.9) ^m	126.3 ± 19.6 (15.6) ^{mu}	85.4 ± 9.1 (10.6)
FC _{pré} (%)	44.8 ± 4.4 (9.7)	50.3 ± 7.7 (15.3)	58.4 ± 12.5 (21.4)	66.2 ± 10 (15.1)	44.8 ± 4.4 (9.7)
FC _{média} (bpm)	93.9 ± 13.5 (14.4)	120.4 ± 16.9 (14) ^{m,w}	128 ± 13.9 (10.9) ^{m,w}	154.5 ± 10.9 (7.1) ^{mu,s}	124.2 ± 11.1 (8.9)
FC _{média} (%)	49.2 ± 6.5 (13.2)	63.1 ± 8.5 (13.5)	67.1 ± 7.1 (10.6)	81 ± 5.8 (7.2)	65.1 ± 5.4 (8.3)
FC _{pico} (bpm)	108.7 ± 19.3 (17.7)	150.2 ± 21.9 (14.6) ^{m,w}	158.9 ± 17.4 (10.9) ^{m,w}	181.7 ± 8.3 (4.6) ^{mu,s}	181.7 ± 8.3 (4.6)
FC _{pico} (%)	56.9 ± 9.4 (16.6)	78.8 ± 11.6 (14.8)	83.3 ± 8.7 (10.5)	95.3 ± 4.1 (4.3)	95.3 ± 4.1 (4.3)
Tempo total (min)	10.8 ± 3.6 (33.4) ^{s,w}	10.3 ± 2.5 (24.3) ^{s,w}	19.6 ± 6.1 (30.9) ^{m,u}	22.1 ± 5.9 (28.8) ^{mu}	62.8 ± 4.5 (7.1)
RPE	2.7 ± 0.6 (23.1) ^{u,s,w}	5.6 ± 0.9 (16.3) ^{m,s,w}	7.3 ± 1.1 (15.2) ^{mu,u,w}	9.8 ± 0.4 (4.2) ^{mu,s}	6.4 ± 0.5 (8.1)
Carga interna (AU)	29.3 ± 13.4 (45.6) ^{u,s,w}	56.7 ± 13.6 (24) ^{m,s,w}	141.5 ± 41 (29) ^{mu,u,w}	216.9 ± 59.7 (27.5) ^{mu,s}	398.7 ± 42.6 (10.7)

Média ± desvio padrão (coeficiente de variação); FC: Frequência cardíaca; RPE: Avaliação do esforço percebido; AU: Unidades arbitrárias. ^m Diferença significativa com relação à mobilidade (p < 0,01). ^u Diferença significativa com relação ao aquecimento (p < 0,001). ^s Diferença significativa com relação à habilidade (p < 0,05). ^w Diferença significativa com relação a WOD (p < 0,05).

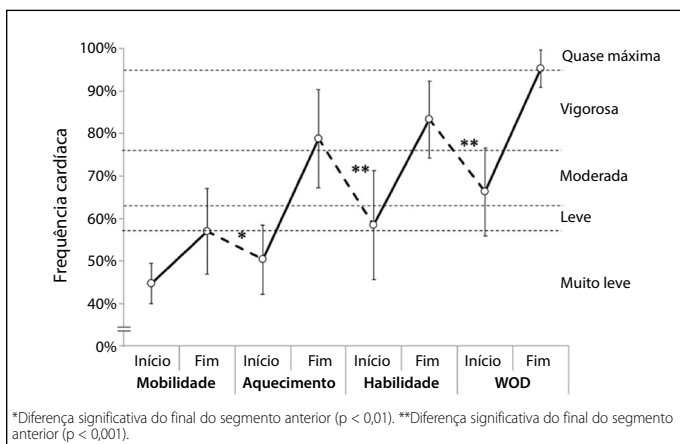


Figura 2. FC no início e no final de cada segmento da sessão de treinamento CrossFit® (n = 15).

et al.²² submeteu 17 jovens ginastas a um programa de treinamento em circuitos de alta intensidade com intervalo de três minutos entre eles. Observou-se que a FC diminuiu ~ 70 bpm no intervalo entre os circuitos. Da mesma forma, corredores e indivíduos não treinados tiveram redução significativa na FC após exercício em esteira submáxima.²³ Esses resultados podem ser explicados por mecanismos regulatórios que atuam no controle da FC batimento a batimento, como aumento da função barorreflexa, além de outros fatores extrínsecos e intrínsecos de regulação da FC.²⁴

O uso da RPE como método de controle da intensidade do treinamento, principalmente com atletas mais experientes,⁴ poderia facilmente permitir aos participantes e técnicos um melhor controle da intensidade do treinamento, além de prevenir seu excesso. A escala RPE é um método de baixo custo e não invasivo de automonitoramento da intensidade do treinamento durante as sessões de CT, que se correlaciona positivamente com o lactato e o número de repetições completadas.²⁵ Neste estudo, os resultados mostraram que a carga interna de treinamento aumentou a cada segmento, bem como o RPE. As respostas da FC dos participantes não acompanharam a carga interna, conforme demonstrado por Tibana et al.,²⁵ que mostrou que a RPE foi mais eficaz na regulação da intensidade do CT. Esse resultado difere de estudos com sessões de HIIT com caminhada/corrida,³ sessões de treinamento de voleibol²⁶ e diferentes intensidades de exercício em esteira,²⁷ em que não houve diferenças entre a regulação por FC ou RPE em indivíduos jovens.

Apesar dos achados significativos deste estudo, algumas limitações precisam ser mencionadas. Primeiro, apenas sete sessões de treinamento foram incluídas na análise. Em segundo lugar, o tempo de recuperação do sRPE foi limitado a 30 minutos depois do exercício.²⁸ Em terceiro lugar, deve-se observar que esses resultados são aplicáveis apenas a homens treinados em CrossFit®. As futuras pesquisas devem examinar essas variáveis entre participantes não treinados e mulheres.

CONCLUSÃO

Concluímos que a FC aumentou em cada segmento de uma sessão de CT, porém o aumento foi semelhante entre os segmentos de aquecimento e habilidade. O RPE e a carga interna aumentaram significativamente com cada segmento, mostrando que a FC e o RPE responderam de forma diferente aos estímulos de treinamento. Ao final de cada segmento, depois do aquecimento, a FC atingiu pico de > 76% da FC_{máx}, o que é considerado de alta intensidade pelo ACSM. Vale ressaltar que o tempo de duração da sessão que permaneceu em FC_{pico} foi baixo. Além disso, ao passar de um segmento para outro, a FC ficou abaixo da FC_{pico} dos segmentos anteriores, influenciando a FC média de toda a sessão.

Todos os autores declararam não haver qualquer potencial conflito de interesses referente a este artigo.

CONTRIBUIÇÃO DE AUTORES: Cada autor contribuiu individual e significativamente para o desenvolvimento deste artigo. MRD: pesquisador principal, projeto de pesquisa, análise e interpretação de dados. JGV: análise, interpretação e redação do artigo. JCP: coleta, análise e interpretação de dados. KMH: versão preliminar do artigo, revisão do conteúdo intelectual, revisão de gramática inglesa e aprovação da versão final. JMV: revisão do conteúdo intelectual e aprovação da versão final. Todos os autores leram e aprovaram a versão final do artigo.

REFERÊNCIAS

- Glassman G. A Theoretical Template for CrossFit's Programming. *CrossFit J.* 2003;(6):1-5.
- Feito Y, Heinrich KM, Butcher SJ, Poston WSC. High-Intensity Functional Training (HIIFT): Definition and Research Implications for Improved Fitness. *Sports.* 2018;6(3):76.
- Ciolac EG, Mantuani SS, Neiva CM, Verardi C, Pessoa-Filho DM, Pimenta L. Rating of perceived exertion as a tool for prescribing and self regulating interval training: a pilot study. *Biol Sport.* 2015;32(2):103-8.
- Crawford DA, Drake NB, Carper MJ, DeBlauw J, Heinrich KM. Are Changes in Physical Work Capacity Induced by High-Intensity Functional Training Related to Changes in Associated Physiologic Measures? *Sports.* 2018;6(2):26.
- Tibana R, Sousa NMF, Cunha GV, Prestes J, Fett C, Gabbett TJ, et al. Validity of Session Rating Perceived Exertion Method for Quantifying Internal Training Load during High-Intensity Functional Training. *Sports.* 2018;6(3):68.
- Tibana R, Sousa N, Prestes J, Voltarelli F. Lactate, heart rate and rating perceived exertion responses to shorter and longer duration CrossFit® training sessions. *J Funct Morphol Kinesiol.* 2018;3(4):60.
- Karvonen J, Vuorimaa T. Heart rate and exercise intensity during sports activities. Practical application. *Sports Med.* 1988;5(5):303-11.
- Kliszczewicz B, Quindry CJ, Blessing LD, Oliver DG, Esco RM, Taylor JK. Acute Exercise and Oxidative Stress: CrossFit(™) vs. Treadmill Bout. *J Hum Kinet.* 2015;47:81-90.
- Maté-Muñoz JL, Lougedo JH, Barba M, Cañuelo-Márquez AM, Guodemar-Pérez J, García-Fernández P, et al. Cardiometabolic and Muscular Fatigue Responses to Different CrossFit® Workouts. *J Sports Sci Med.* 2018;17(4):668-79.
- Haddad M, Stylianides G, Djaoui L, Dellal A, Chamari K. Session-RPE Method for Training Load Monitoring: Validity, Ecological Usefulness, and Influencing Factors. *Front Neurosci.* 2017;11:612.
- Beck TW. The importance of a priori sample size estimation in strength and conditioning research. *J Strength Cond Res.* 2013;27(8):2323-37.
- Robertson RJ, Goss FL, Rutkowski J, Lenz B, Dixon C, Timmer J, et al. Concurrent validation of the OMNI perceived exertion scale for resistance exercise. *Med Sci Sports Exerc.* 2003;35(2):333-41.
- Junior E, de Salles B, Dias I, Ribeiro A, Simão R, Willardson J. Classification and determination model of resistance training status. *Strength Condit J.* 2021;43(5):77-86.
- Figueiredo VC, de Salles BF, Trajano GS. Volume for muscle hypertrophy and health outcomes: the most effective variable in resistance training. *Sports Med.* 2018;48(3):499-505.
- Willis EA, Szabo-Reed AN, Ptomey LT, Honas JJ, Steger FL, Washburn RA, et al. Energy Expenditure and Intensity of Group-Based High-Intensity Functional Training: A Brief Report. *J Phys Act Health.* 2019;16(6):470-6.
- Garber CE, Blissmer B, Deschenes MR, Franklin BA, Lamonte MJ, Lee IM, et al. American College of Sports Medicine position stand. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. *Med Sci Sports Exerc.* 2011;43(7):1334-59.
- Feito Y, Giardina MJ, Butcher S, Mangine GT. Repeated anaerobic tests predict performance among a group of advanced CrossFit-trained athletes. *Appl Physiol Nutr Metab.* 2019;44(7):727-35.
- Kliszczewicz B, Williamson C, Beckhe E, McKenzie M, Hoffstetter W. Autonomic response to a short and long bout of high-intensity functional training. *J Sports Sci.* 2018;36(16):1872-9.
- Fernandez-Fernandez J, Sabido R, Moya D, Sarabia Marin JM, Moya M. Acute physiological responses during crossfit® workouts. *Eur J Hum Mov.* 2015;35:114-24.
- Kliszczewicz B, Snarr R, Esco M. Metabolic and Cardiovascular response to the CrossFit workout 'Cindy'. *J Sports Hum Perform.* 2014;2(2):1-9.
- Swain DP. Moderate or vigorous intensity exercise: which is better for improving aerobic fitness? *Prev Cardiol.* 2005;8(1):55-8.
- Salagas A, Donti O, Katsikas C, Bogdanis GC. Heart Rate Responses during Sport-Specific High-Intensity Circuit Exercise in Child Female Gymnasts. *Sports.* 2020;8(5):68.
- Mann TN, Lamberts RP, Nummela A, Lambert MI. Relationship between perceived exertion during exercise and subsequent recovery measurements. *Biol Sport.* 2017;34(1):3-9.
- Zavorsky GS. Evidence and possible mechanisms of altered maximum heart rate with endurance training and tapering. *Sports Med.* 2000;29(1):13-26.
- Tibana R, Sousa N, Prestes J, Nascimento D, Ernesto C, Falk-Neto JH, et al. Is Perceived Exertion a Useful Indicator of the Metabolic and Cardiovascular Responses to a Metabolic Conditioning Session of Functional Fitness? *Sports.* 2019;7(7):161.
- Duarte TS, Alves DL, Coimbra DR, Miloski B, Bouzas Marins JC, Bara Filho MG. Technical and Tactical Training Load in Professional Volleyball Players. *Int J Sports Physiol Perform.* 2019;1-6.
- Vergès S, Flore P, Favre-Juvin A. Blood lactate concentration/heart rate relationship: laboratory running test vs field roller skiing test. *Int J Sports Med.* 2003;24(6):446-51.
- Foster C, Florhaug JA, Franklin J, Gottschall L, Hrovatin LA, Parker S, et al. A new approach to monitoring exercise training. *J Strength Cond Res.* 2001;15(1):109-15.