

Impacto fisiológico de uma sessão de treino específica de CrossFit®

Dissertação apresentada com vista à obtenção do 2º ciclo em Treino Desportivo, especialização em Treino de Jovens, da Faculdade de Desporto da Universidade do Porto, ao abrigo do Decreto-Lei nº 74/2006, de 24 de março, na redação dada pelo Decreto-Lei nº 65/2018 de 16 de agosto.

Orientador: Professor Doutor Ricardo Fernandes

Rodrigo Nastari de Paula

Porto, 2021



De Paula, R. N. (2021). Impacto fisiológico de uma sessão de treino específica de CrossFit®. Porto: R. De Paula. Dissertação para a obtenção do grau de Mestre em Treino Desportivo, especialização em Treino de Jovens, apresentado à Faculdade de Desporto da Universidade do Porto.

PALAVRAS-CHAVE: CROSSFIT®, TREINO FRAN, LACTATO, GLUCOSE.

KEY-WORDS: CROSSFIT®, WORKOUT FRAN, LACTATE, GLUCOSE.

Agradecimentos

A realização deste trabalho representa uma etapa muito importante no meu percurso acadêmico que não teria sido atingida sem a contribuição, incentivo e confiança de diversas pessoas, às quais expresso os meus mais sinceros agradecimentos:

Ao meu orientador, Professor Doutor Ricardo Fernandes, por ter me acompanhado em todo o processo de desenvolvimento desta dissertação, transmitido todos os seus conhecimentos, pela disposição e compreensão.

Ao Mestre Manoel Rios que me auxiliou em todas as etapas da dissertação, agradeço a disponibilidade e paciência.

Aos atletas que aceitaram participar dos ensaios agradeço pela confiança depositada e aos colaboradores que estiveram sempre presentes nas avaliações pela disponibilidade a ajudar.

A toda a minha família que mesmo próxima ou distante sempre me motivou e me apoiou nos momentos que mais precisei.

Em especial a minha mãe, a quem devo por tudo que me tornei, agradeço por acreditar em mim, me incentivar em tudo o que me proponho a fazer, pelo carinho e conselhos de sempre.

A Nathália pelo companheirismo, paciência, apoio, desabafos e dedicação em tudo o que faz.

Índice

Agradecimentos	III
Índice de tabelas	V
Índice de figuras.....	VI
Resumo	VII
Abstract.....	VIII
Lista de abreviaturas	IX
1. Introdução.....	10
2. Material e métodos	14
3. Resultados.....	17
4. Discussão	20
5. Conclusões	26
6. Sugestões para estudos futuros	27
7. Referências bibliográficas.....	28

Índice de tabelas

Tabela 1: Médias e desvios padrão da concentração de lactato, nível de glucose e percepção subjetiva de esforço basal, durante e após os rounds do treino Fran	17
Tabela 2 - Correlação de Pearson para variáveis fisiológicas e perceptual durante o treino Fran	19

Índice de figuras

Figura 1: Analisadores portáteis das concentrações sanguíneas de lactato e glucose utilizados durante as avaliações (painéis da esquerda e da direita, respetivamente).....	15
Figura 2: Esquema de treino Fran com os respetivos pontos de recolha da concentração de lactato, glucose, pressão arterial e perceção subjetiva de esforço	15
Figura 3 - Distribuição das variáveis concentração de lactato, glucose e PSE durante o treino Fran.....	19

Resumo

Embora a produção de conhecimento sobre o CrossFit® tenha aumentado, o conhecimento sobre os treinos de referência ainda é escasso. O presente estudo pretendeu descrever as respostas fisiológicas, hemodinâmicas e perceptivas agudas do treino Fran. Testes foram conduzidos com 12 indivíduos praticantes de CrossFit®. Foram medidas as concentração de lactato e glucose antes, durante os 30 s de transição entre os *rounds* e na recuperação. Já a pressão arterial foi avaliada antes e imediatamente após o término da sessão. A percepção subjetiva de esforço foi avaliada com aplicação da escala Borg 6 - 20 durante o treino. Verificou-se a normalidade dos dados pelo teste de Shapiro-Wilk, procedendo para o teste *t* de medidas repetidas para a pressão arterial e análise de variância para medidas repetidas para as demais variáveis, além do cálculo do coeficiente de Pearson. Foi encontrado um aumento dos níveis da concentração de lactato basal, nos *rounds* subsequentes (1.8 ± 0.6 , 5.1 ± 1.2 , 9.6 ± 2.3 e 12.7 ± 2.5 mmol·L⁻¹) e durante a recuperação (14.8 ± 2.8). Quanto aos níveis de glucose, esta manteve-se estável, havendo um aumento após término da sessão (92.9 ± 8.9 , 100.1 ± 8.0 , 106.0 ± 13.6 , 111.3 ± 10.8 e 126.3 ± 13.4 mg.dL⁻¹). A pressão sistólica apresentou um aumento após a sessão (127 ± 11 e 171 ± 13 mmHg), já a pressão diastólica manteve-se constante. No caso da percepção subjetiva de esforço, não foram encontrados diferenças entre os *rounds*, embora o primeiro *round* tenha sido classificado como “um pouco intenso” e os subsequentes como “intenso” (13.8 ± 2.4 , 15.3 ± 2.5 e 15.8 ± 2.1). Os resultados são concordantes com o encontrado na literatura relativamente a diferentes treinos de Crossfit® no que se refere um aumento na concentração de lactato em resposta ao exercício físico de elevada intensidade e em consequência da acumulação da fadiga muscular. No caso dos níveis de glucose, estudos demonstram que não há diferenças relevantes antes e após treinos específicos em decorrência dos mecanismos de homeostase. Quanto ao aumento da pressão sistólica e manutenção da diastólica, foram encontrados estudos que observaram o mesmo comportamento. Em termos da percepção subjetiva de esforço, o resultado já era previsto, pois o treino Fran impõe demandas metabólicas significativas que levam a um elevado esforço percebido. Portanto, os dados obtidos neste estudo foram capazes de fornecer uma maior compreensão das respostas fisiológicas, hemodinâmicas e perceptivas de um treino Fran.

PALAVRAS-CHAVE: CROSSFIT®, TREINO FRAN, LACTATO, GLUCOSE.

Abstract

Although, the knowledge about the CrossFit® has increased, the comprehension about the reference workouts is still scarce. The present study aimed to describe the acute physiological and perceptual responses of workout Fran. The study was conducted with 12 CrossFit® practitioners. Capillary blood samples for lactate and glucose concentrations were collected before, during the intervals between transitions of the workout Fran, and after rounds. While rating of perceived exertion was assessed using a 6 – 20 Borg scale to measure the intensity perceived during the workout. The statistical analysis was performed using IBM SPSS Statistics for Windows, version 27, with a level of significance $p < 0.05$. Since all the variables presented a normal distribution (Shapiro-Wilk test), a repeated-measures analysis of variance was used to perform the analysis. When compared to baseline, lactate concentration presented a significant increase after subsequent rounds (1.8 ± 0.6 vs 5.1 ± 1.2 vs 9.6 ± 2.3 vs 12.7 ± 2.5 mmol·L⁻¹) and recovery (14.8 ± 2.8). Glucose levels increased after the third round and more significant during recovery time (92.9 ± 8.9 vs 100.1 ± 8.0 vs 106.0 ± 13.6 vs 111.3 ± 10.8 vs 126.3 ± 13.4 mg.dL⁻¹). Regarding to perceived effort, no differences were noted between rounds. Participants classifying round one as “somewhat hard” and all the subsequent rounds as “hard” (13.8 ± 2.4 vs 15.3 ± 2.5 vs 15.8 ± 2.1). In previous studies, considering different CrossFit® workouts, it has been observed a similar behavior for lactate concentration, in response to the high intensity of exercise and muscular fatigue. Whereas, it was expected a maintenance of glucose levels during the workout. For the rating of perceived exertion, the result was expected since the workout Fran imposes significant metabolic demands, coupled by elevated effort perception, which may be not suitable if performed daily. The present study provided greater insight into the physiological and perceptual responses of a workout Fran.

KEY-WORDS: CROSSFIT®, WORKOUT FRAN, LACTATE, GLUCOSE.

Lista de abreviaturas

ANOVA	Análise de variância
cm	Centímetros
CEFADE	Comissão de Ética da Faculdade de Desporto da Universidade do Porto
dL	Decilitros
DP	Desvio padrão
FADEUP	Faculdade de Desporto da Universidade do Porto
Hg	Mercúrio
kg	Quilograma
L	Litros
m	Metros
min	Minutos
Mg	Miligramas
mm	Milímetros
mmol	Milimol
n	Número de sujeitos
PA	Pressão arterial
PAD	Pressão arterial diastólica
PAS	Pressão arterial sistólica
PSE	Percepção subjetiva de esforço
s	Segundos
SPSS	<i>Statistical package for the social sciences</i>
WOD	<i>Workout of the day</i>

1. Introdução

A prática de exercícios aeróbios vem se tornando interesse de cada vez mais indivíduos, não apenas do ponto de vista profissional, mas também para melhoria da qualidade de vida (Artoni, Lipoli, Silva, & Navarro, 2011; Kaercher et al., 2019). O CrossFit® é uma metodologia de treino criada em 1995 por Greg Glassman, caracterizada pela prática de exercícios funcionais e desportivos constantemente variados, executados em alta intensidade, combinando exercícios de levantamento olímpico, exercícios básicos da musculação, atividades cardiovasculares e elementos da ginástica. Estes exercícios são realizados de forma rápida, com elevado número de repetições e limitado tempo de recuperação (Barbieri, Correia, Arcila Castaño, Brasil, & Ribeiro, 2017; Escobar, Morales, & Vandusseldorp, 2017; Tibana, De Sousa, & Prestes, 2016).

A modalidade de levantamento de peso compreende exercícios de carga externa, incluindo levantamento de peso funcional, como o agachamento e o levantamento olímpico. Os movimentos básicos de musculação e cardiovasculares oferecem pouca resistência e têm por objetivo gerar fadiga. Já a modalidade de ginástica engloba exercícios com peso funcional desenvolvidos para melhorar o controlo corporal, incluindo agachamento, flexões e barras paralelas (Maté-Muñoz et al., 2017). Um treino de CrossFit® inclui tais modalidades em formato de circuito de exercícios designados de *workout of the day* (treino do dia), como os treinos Fran, Cindy e Grace (Barbieri et al., 2017; Mangine, Cebulla, & Feito, 2018; Zeitz et al., 2020). Os praticantes são instruídos a executar o máximo de repetições possíveis ou manter um ritmo pré-definido dentro de um certo período de tempo (Garnacho-Castaño et al., 2020).

Apesar dos benefícios do CrossFit®, como melhora do condicionamento físico, flexibilidade, fortalecimento e resistência muscular (Claudino et al., 2018), alguns estudos associam esta prática a um alto risco de lesões musculoesqueléticas, por exigir um nível técnico avançado e o tempo de recuperação entre as séries ser insuficiente (Dominski, Siqueira, Serafim, & Andrade, 2018; Meyer, Morrison, & Zuniga, 2017). Tal sobrecarga no exercício pode levar à fadiga precoce, estresse oxidativo adicional, maior percepção de esforço e execução de

movimento insegura (Claudino et al., 2018). Por outro lado, estudos sugerem que o CrossFit® possui um significativo potencial de carga de treino, o que é fundamental para o alcance dos objetivos de redução do risco de lesões e otimização do desempenho esportivo (Tibana, De Sousa, Cunha, et al., 2018).

De qualquer forma, é inegável o aumento substancial de praticantes de CrossFit®, assim como os ginásios oficialmente licenciados (Beers, 2014). No entanto, ainda existem poucos estudos na literatura que relacionem as variáveis fisiológicas e a prática desta atividade, assim como seus preditores de sucesso, o que traria implicações diretas sobre a configuração do programa de treino, possibilitando otimizá-lo (Dexheimer et al., 2019; Fernández, Solana, Moya, Marin, & Ramón, 2015). Algumas das variáveis metabólicas que podem ser relacionadas com a performance de uma atividade física, e que poderiam ser estudadas no contexto do CrossFit®, são as concentrações de lactato, de glucose sanguíneas e pressão arterial (Benetti, Santos, & Carvalho, 2000).

O lactato exerce um papel importante na teoria tradicional da fadiga muscular e limitação do desempenho em exercícios de resistência (quer aeróbia quer anaeróbia). Este é um substrato de energia vital que fornece funções-chave no metabolismo energético e na sinalização celular durante o exercício, não se limitando às condições anaeróbias (Lima-Silva, Fernandes, De-Oliveira, Nakamura, & Gevaerd, 2007). Quando a intensidade do exercício ultrapassa o limiar anaeróbio, ocorre um débito de oxigênio e o metabolismo muda progressivamente para anaeróbio, ocasionando um aumento na concentração de lactato sanguíneo, resultando em acidose metabólica e prejudicando a contratilidade muscular. Em última instância, causa fadiga extrema, exaustão e cessação do exercício (Hall, Rajasekaran, Thomsen, & Peterson, 2016).

O aumento da entrega de glucose ao músculo em atividade ocorre por meio de um aumento no fluxo sanguíneo que é proporcional ao nível de intensidade do exercício. O músculo esquelético extrai glucose do sangue para manter a demanda de carboidratos como fonte de energia durante o exercício (SyLOW, Kleinert, Richter, & Jensen, 2016). Estudos sugerem que a intensidade percebida do esforço durante um exercício prolongado é determinada pelo

consumo e oxidação da glucose (Silveira et al., 2011), sendo que o esgotamento das fontes de glucose intensificam as percepções associadas ao esforço (Robertson et al., 1990)

A pressão arterial é definida pela força exercida pelo sangue contra as paredes vasculares durante um ciclo cardíaco (McArdle, Katch, & Katch, 2015). A pressão sistólica representa a mais alta pressão nas artérias, associada a sístole ventricular cardíaca, já a pressão diastólica representa a menor pressão nas artérias ocasionada pela diástole ventricular cardíaca (Polito & Farinatti, 2003). O fluxo de sangue através da circulação sistêmica depende, parcialmente, da diferença de pressão entre a aorta e o átrio direito, sendo que durante o exercício físico, a pressão sistêmica tende a aumentar, havendo um aumento da velocidade de deslocamento do fluxo sanguíneo para os grupos musculares em maior atividade (Negrão & Rondon, 2001).

Complementarmente, a escala de percepção subjetiva de esforço (PSE) tem sido proposta como uma alternativa para quantificar a sensação de esforço gerada numa determinada tarefa física (Borg, 1982), sendo definida como a intensidade subjetiva de esforço, tensão, desconforto e/ou fadiga sentidos (Tiggemann, Pinto, & Kruel, 2010). A PSE é uma técnica não invasiva, simples e fácil de ser aplicada, tendo baixo custo financeiro (Arsa et al., 2016). Sua aplicação se dá na área do esporte de alto rendimento, assim como na reabilitação física (Silva, Dias, Franco, Lima, & Novaes, 2005; Simões et al., 2010). É considerada uma ferramenta importante para prescrição e monitorização das cargas de treino em diferentes modalidades desportivas, sendo possível controlar de forma mais eficaz a sobrecarga e recuperação para cada indivíduo, diminuindo potenciais riscos de lesões (Tibana et al., 2016).

Devido à escassez de informação na literatura que investigue as variáveis fisiológicas concentração de lactato, glucose sanguínea, pressão arterial e a percepção subjetiva de esforço, no presente estudo pretendeu-se perceber como se comportam tais respostas fisiológicas, hemodinâmicas e perceptivas agudas durante um treino de CrossFit® Fran. A hipótese levantada foi que a concentração de lactato aumenta durante a prática, assim como a pressão

sistólica, diferentemente da glucose e pressão diastólica, onde é esperado que se mantenham estáveis durante a sessão de treino, devido a mecanismos homeostáticos. Por outro lado, é esperado um aumento da PSE, já que o CrossFit® Fran impõe uma alta demanda metabólica.

2. Material e métodos

A amostra foi composta por 12 indivíduos (11 masculinos e um feminino) praticantes de CrossFit® com idade mínima de 18 e máxima de 40 anos (28.6 ± 6.3 anos) e pelo menos dois anos de prática de CrossFit® (5.2 ± 2.4 anos) sem nenhum tipo de problema cardiovascular e/ou ósseo e não fumantes. Os participantes apresentaram 78.5 ± 9.4 kg de peso, 174.3 ± 5.5 cm de altura e 25.7 ± 1.7 kg.m⁻² de índice de massa corporal. Os indivíduos tiveram sua participação voluntária, sendo informados de todo o objetivo da pesquisa e assinando o consentimento informado, preparado de acordo com a aprovação da Comissão de Ética da Faculdade de Desporto da Universidade do Porto (CEFADE). O estudo foi realizado na sala de musculação da Faculdade de Desporto da Universidade do Porto (FADEUP) devidamente equipado.

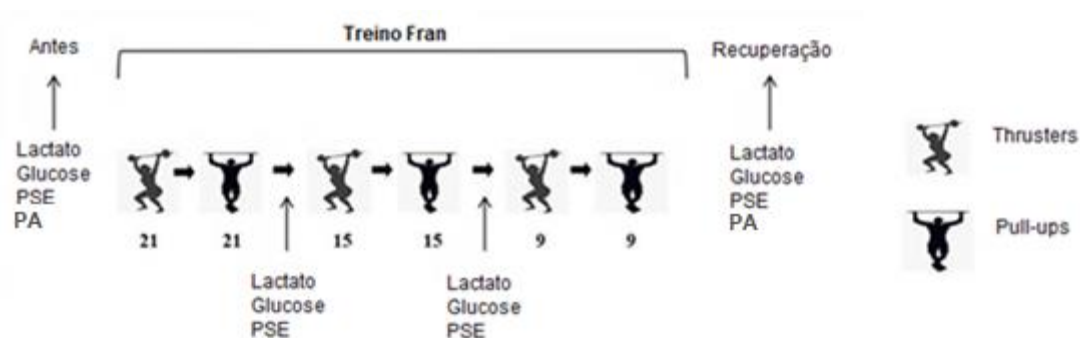
Numa primeira avaliação antes do início do protocolo experimental foram coletadas amostras de sangue do lóbulo da orelha dos participantes para medição da concentração de lactato (analisador da concentração de lactato *Lactate Pro 2*, Arkay, Inc, Quioto, Japão) e do nível de glucose basal (analisador de glucose *Accu-check Aviva*, Suiça), ilustrados na Figura 1 com os respetivos pontos de recolha de dados, estando estes sentados em repouso por 10 min. Antes do início do treino foi feita a medição da pressão arterial (tensiometro Omron M2 Basic, Madrid, Spain).

Após esses procedimentos foi executado o treino Fran com medição das variáveis concentração de lactato e glucose, sendo solicitado também que os indivíduos avaliassem a percepção subjetiva de esforço pela escala *Borg* 6 - 20 (onde 6 corresponde a nenhum esforço e 20 a esforço máximo), durante 30 s das transições entre os *rounds* do esquema de repetição 21, 15 e 9. Além da avaliação entre os *rounds*, outro ponto de recolha foi durante a recuperação (após 3 e 5 min), tendo a pressão arterial sido novamente aferida imediatamente ao fim da sessão e a PSE avaliada passados 30 min do término da sessão.



Figura 1: Analisadores portáteis das concentrações sanguíneas de lactato e glucose utilizados durante as avaliações (painéis da esquerda e da direita, respetivamente).

O treino Fran consistiu na realização de *thrusters* (agachamento frontal com barra com o quadril abaixo do joelho e, em seguida, com os joelhos, quadril e ombros totalmente extensos) e *pull-ups* (suspender o corpo numa barra horizontal fixa com as mãos em pronação e elevar o corpo de forma que o queixo passe acima da barra) seguindo um esquema de repetição de 21, 15 e 9. A sequência deve ser executada o mais rápido possível, usando uma barra com discos (43.2 e 29.5 kg para homens e mulheres, respectivamente), incluindo momentos para recolhas de dados (Figura 2).



Legenda: PA = pressão arterial; PSE = percepção subjetiva de esforço.

Figura 2: Esquema de treino Fran com os respetivos pontos de recolha da concentração de lactato, glucose, pressão arterial e percepção subjetiva de esforço.

A análise estatística dos dados foi realizada pelo software IBM SPSS® versão 27, sendo adotado nível de significância $\alpha = 0.05$. Os dados brutos provenientes das medições da concentração de lactato, dos níveis de glucose e PSE foram analisados por meio do teste de normalidade Shapiro-Wilk para avaliar se os dados apresentavam distribuição normal. Em seguida, foi aplicado o teste de análise de variância (ANOVA) de medidas repetidas para verificar possíveis diferenças entre os dados de cada variável com teste de correção post-hoc de Scheffé para avaliar as diferenças entre momentos de recolha de dados. No caso dos dados da pressão arterial, utilizou-se o teste *t* de *Student* com medidas repetidas para avaliar possíveis diferenças dos valores em antes e após execução do treino Fran. Foi aplicado o teste de Pearson para avaliar a correlação das variáveis obtidas com o treino Fran.

3. Resultados

As médias e desvios padrão referentes aos valores da concentração de lactato, dos níveis de glucose e PSE relativos ao treino Fran foram dispostos na Tabela 1. O tempo de duração do exercício foi cronometrado, obtendo-se um valor médio de 187 ± 27 s. No caso das concentrações de lactato no sangue, observou-se um aumento entre a taxa basal, primeiro, segundo e terceiro *rounds*. Verificou-se que a concentração de lactato no período de 3 min de recuperação apresentou um aumento visível quando comparado aos *rounds* anteriores, sendo o momento onde atingiu-se a concentração máxima de lactato durante a atividade. Os valores de concentração de lactato não apresentaram diferença entre o segundo e terceiro *round*, assim como não houve diferença entre o terceiro *round* e os valores encontrados nos períodos de recuperação.

Tabela 1: Médias e desvios padrão da concentração de lactato, nível de glucose e percepção subjetiva de esforço basal, durante e após os rounds do treino Fran.

Pontos de recolha	Variáveis				
	Lactato (mmol.L ⁻¹)	Glucose (mg.dL ⁻¹)	PAS (mmHg)	PAD (mmHg)	PSE (6 - 20)
Basal	1.8 ± 0.6 a,b,c,#,*	92.9 ± 8.9 c,#,*	127 ± 11 c	78 ± 9	6 a,b,c,§
1º round	5.1 ± 1.2 b,c,#,*	100.1 ± 8.0 #,*	-	-	13.8 ± 2.4
2º round	9.6 ± 2.3 #,*	106.8 ± 13.6 #,*	-	-	15.3 ± 2.5
3º round	12.7 ± 2.5	111.3 ± 10.8 #	171 ± 13	81 ± 10	15.8 ± 1.4
3 min recuperação	14.8 ± 2.8	128.9 ± 12.2	-	-	-
5 min recuperação	13.2 ± 3.2	126.3 ± 13.4	-	-	-
30 min recuperação	-	-	-	-	15.0 ± 1.9

Legenda: a, b, c, #, *, §: diferenças para com o valor do 1º round, 2º round, 3º round, 3 min recuperação, 5 min recuperação e 30 min recuperação (respetivamente); PAS = Pressão arterial sistólica; PAD = Pressão arterial diastólica; PSE = percepção subjetiva de esforço.

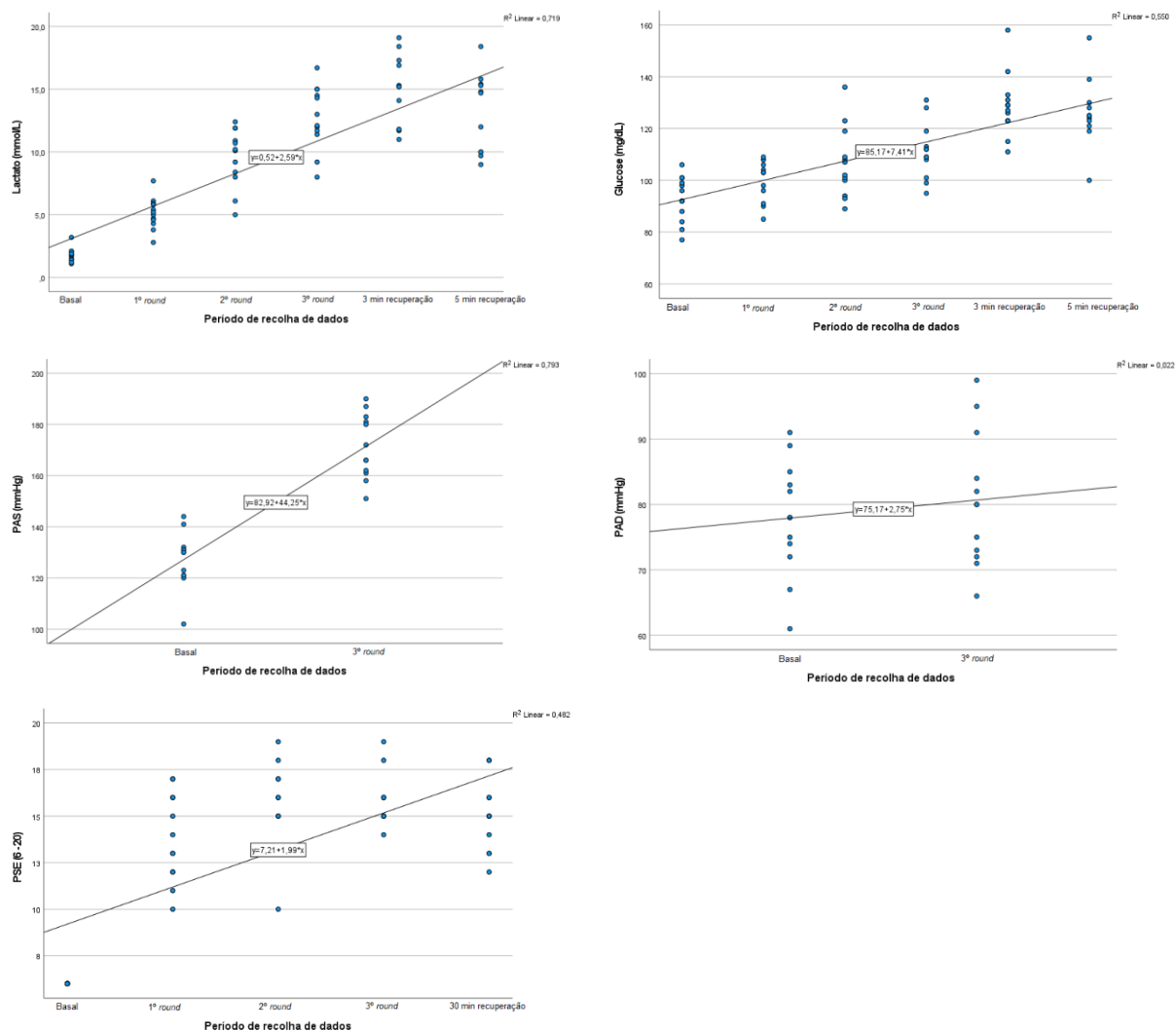
Quanto aos níveis de glucose, pode-se observar pela mesma tabela que os valores se mantiveram estáveis durante o exercício, não apresentando diferença entre os rounds, bem como não sendo observadas diferenças entre os níveis

basal e dos *rounds* subsequentes (apenas se diferenciando do nível de glucose medido no terceiro *round*). Ao se analisar os dados durante o período de recuperação, verificou-se que o nível de glucose no terceiro *round* foi inferior ao valor encontrado em 3 min de recuperação, onde é observado o valor máximo durante a atividade, porém sem distinção para com o valor em 5 min de recuperação.

Se tratando das variáveis hemodinâmicas, pressão arterial sistólica e diastólica, foi observado que a pressão arterial sistólica sofreu um aumento quando comparados os valores antes e após a execução do treino Fran, com diferença de cerca de 44 mmHg. Tal aumento não foi observado para a pressão arterial diastólica, que se manteve constante quando comparados os valores antes e depois da execução da sessão.

Já quanto aos níveis de percepção subjetiva de esforço, verificou-se um aumento ao se comparar o valor basal com os valores percebidos nos *rounds* subsequentes e após 30 min do término do treino Fran, não havendo diferença durante os *rounds* e na recuperação. Os participantes classificaram o primeiro *round* como “um pouco intenso” e os demais como “intenso”. A percepção de esforço do exercício obtida após 30 min de recuperação também foi classificada como “intenso”, demonstrando as demandas metabólicas significativas impostas pelo treino Fran, associadas a uma elevada percepção de esforço.

A distribuição dos dados consoante os diferentes tempos de recolha durante o treino Fran pode ser observado na Figura 3. Quanto aos resultados obtidos pela correlação de Pearson, estes estão dispostos na Tabela 2. Verificou-se por meio dos coeficientes de correlação que a concentração de lactato e pressão arterial sistólica foram os parâmetros que resultaram em uma maior correlação com o treino Fran, ou seja, o treino teve grande efeito sobre o comportamento destas variáveis fisiológica e hemodinâmica. Foi observado que tal relação teve efeito moderado sobre os níveis de glucose e percepção subjetiva de esforço. Quanto a pressão arterial diastólica, não foi observado correlação com a sessão de treino.



Legenda: PAS = pressão arterial sistólica; PAD = pressão arterial diastólica; PSE = percepção subjetiva de esforço.

Figura 3 - Distribuição das variáveis concentração de lactato, glucose e PSE durante o treino Fran.

Tabela 2 - Correlação de Pearson para variáveis fisiológicas e perceptual durante o treino Fran.

Variáveis	Correlação de Pearson	Valor de p
Concentração de lactato	0.848	<0.001
Glucose	0.742	<0.001
PAS	0.891	<0.001
PAD	0.149	0.486
PSE	0.694	<0.001

Legenda: PAS = pressão arterial sistólica; PAD = pressão arterial diastólica; PSE = percepção subjetiva de esforço.

4. Discussão

O principal objetivo deste trabalho foi avaliar as variáveis fisiológicas concentração de lactato e glucose, assim como classificar a percepção subjetiva de esforço, durante um treino Fran para praticantes de CrossFit®. Visto que esse esporte envolve várias modalidades (levantamento olímpico, musculação, atividades cardiovasculares e elementos da ginástica), a medição de variáveis fisiológicas é essencial para explicar ou até mesmo prever a performance durante a atividade física, o que traria implicações diretas sobre a configuração de programas de treino, possibilitando encontrar maneiras mais eficazes de treinar esses atletas, assim como otimizar as habilidades dos mesmos (Barbieri et al., 2017; Butcher, Neyedly, Horvey, & Benko, 2015; Martínez-Gómez et al., 2020).

Entretanto, grande parte dos estudos em CrossFit® acabam por avaliar estas variáveis fisiológicas e perceptuais de forma isolada durante a sessão de treino, ou relacionam com outras variáveis que não foram avaliadas neste estudo, como a concentração de lactato associada a frequência cardíaca e ao volume de oxigênio (Fernández et al., 2015). Há também autores que analisam a resposta fisiológica de outras modalidades de treino, como o treino Cindy (Maté-Muñoz et al., 2017) ou Raho (Escobar et al., 2017). Portanto, a ausência de estudos que avaliam a concentração de lactato juntamente com níveis de glucose e PSE para um treino Fran justificam a pertinência do presente trabalho.

Os resultados por nós obtidos confirmam a classificação do CrossFit® Fran como uma atividade física de alta intensidade. Em relação à concentração de lactato, sabe-se que no decorrer de exercícios físicos que levam a uma grande exaustão ocorre um aumento considerável desta variável como uma expressão da intensidade da performance através da fadiga muscular, definida como a incapacidade do sistema neuromuscular de produzir energia em torno de uma articulação (Maté-Muñoz et al., 2017; Perciavalle et al., 2016). Essa teoria é reafirmada por outros estudos, demonstrando que o desempenho, intensidade e seletividade da atenção do atleta diminuíram após as sessões de treino de CrossFit® (Perciavalle et al., 2016), ocorrendo um aumento no tempo de reação,

número de erros na execução da tarefa e número de omissões (Dominski, Serafim, Siqueira, & Andrade, 2021).

Verificou-se que a concentração média de lactato basal condiz com a taxa normal em repouso pela literatura ($< 2 \text{ mmol/L}$) (Perciavalle et al., 2016). Um estudo investigou várias variáveis fisiológicas durante a prática de um treino de CrossFit® Raho com 12 min de duração, nomeadamente a concentração de lactato no sangue, tendo sido encontrados aumentos substanciais após 4 e 8 min do início do treino (durante o exercício) e imediatamente após o término do treino (10.1 , 12.3 e 12.6 mmol.L^{-1}). Estes resultados indicam uma alta demanda metabólica e grande contribuição da energia anaeróbia para o exercício (Escobar et al., 2017). Este mesmo aumento foi encontrado por nós durante a execução do treino Fran, sendo os valores semelhantes aos observados no segundo e terceiro *rounds*. Além disso, foi encontrado um alto coeficiente de correlação para esta variável durante o treino Fran.

Em outra investigação foi realizada a análise da concentração de lactato previamente, isto é, durante aquecimento, e depois de um treino Fran, sendo encontrado os seguintes resultados 4.0 ± 1.3 e $14.0 \pm 3.3 \text{ mmol.L}^{-1}$, respetivamente (Fernández et al., 2015). O valor encontrado antes da execução do treino foi ligeiramente mais elevado do que o obtido no presente estudo, já que consideramos o valor basal e não durante o aquecimento. Quanto ao valor após o treino, este se encontra dentro do intervalo verificado após o terceiro *round* e nos 3 min de recuperação

Um trabalho similar, porém, conduzido com o treino Cindy avaliou a concentração de lactato antes e após o treinamento, segmentando-o nas modalidades de levantamento de peso, metabólica e ginástica. Os valores encontrados foram $1.56 \pm 0.61 \text{ mmol.L}^{-1}$ antes do exercício e de 11.24 ± 2.62 , 10.15 ± 3.04 e $11.79 \pm 2.33 \text{ mmol.L}^{-1}$ durante a prática, segmentados pelas modalidades levantamento de peso, metabólica e ginástica, respetivamente (Maté-Muñoz et al., 2017). Tais valores se aproximam do valor médio obtidos por nós entre o segundo e terceiros *rounds*.

Complementarmente, foi avaliada a concentração de lactato durante um protocolo de menor duração (treino Fran) e numa outra sessão de treino de maior extensão (Fight Gone Bad), verificando que o treino Fran apresentou uma resposta maior de concentração de lactato durante o período de recuperação, quando comparado ao treino de maior duração (Tibana, De Sousa, Prestes, & Voltarelli, 2018). Para o treino Fran o valor de concentração de lactato basal foi de $2.1 \pm 0.4 \text{ mmol.L}^{-1}$ e imediatamente após a sessão tal valor foi de $17.7 \pm 4.2 \text{ mmol.L}^{-1}$, mais elevado (cerca de 5 mmol.L^{-1}) do que o encontrado no presente estudo após o terceiro *round*.

Há pouca informação na literatura sobre o comportamento dos níveis de glucose durante um treino de CrossFit®, sendo a maior parte dos estudos relativamente ao efeito das sessões de treino sobre doenças tais como diabetes (Abdulrahman et al., 2018). De forma geral, pela literatura não são verificadas diferenças quanto ao nível de glucose antes e após o treino (Perciavalle et al., 2016), o que pode ser explicado pelo fato da concentração de glucose no sangue ser uma das variáveis fisiológicas reguladas com maior precisão (Adams, 2013). Durante o exercício, a manutenção da homeostase da glucose sanguínea é um grande desafio fisiológico, já que o músculo passa de forma repentina de uma situação de baixa captação de glucose para outra com um aumento considerável de captação. Portanto, a liberação de glucose pelo fígado precisa aumentar para um valor muito mais alto (Brooks, Fahey, & Baldwin, 2005).

Os níveis de glucose encontrados por nós se mantiveram estáveis durante o treino, sendo observado um aumento após o terceiro *round* quando comparado ao valor basal, e sofrendo outro aumento aos 3 min após o término do exercício. Um estudo avaliou 12 indivíduos sedentários em uma sessão de 10 min de CrossFit® triplet não encontrando aumento dos níveis de glucose. O valor encontrado antes do treino triplet foi de $5.86 \pm 0.79 \text{ mmol.L}^{-1}$ (correspondendo a 105.5 mg.dL^{-1}), enquanto ao fim da sessão foi $6.63 \pm 3.40 \text{ mmol.L}^{-1}$ (correspondendo a 119.3 mg.dL^{-1}) (Shaw, Dullabh, Forbes, Brandkamp, & Shaw, 2015). Os valores apresentados foram superiores aos obtidos por nós, porém

uma comparação dos dados torna-se difícil pelas diferenças de esforço, duração e anos de prática da amostra utilizada.

Uma outra questão a ser levada em consideração são as paragens entre os *rounds* 21, 15 e 9 para a recolha dos dados referentes à concentração de lactato e aos níveis de glucose no sangue, já que tal avaliação deve ser extremamente rápida para que não haja grandes alterações devido ao tempo de espera. Pela literatura indica-se que o tempo máximo de recolha deve ser menor que 4 min ao total. Foi também observado que após 7 min do termino da prática de exercícios físicos de alta intensidade, a concentração de lactato cai pela metade (Coco, Perciavalle, Cavallari, & Perciavalle, 2016), portanto a recolha feita por nós em 30s foi ideal.

Quanto a pressão arterial, no exercício aeróbico, à medida que o débito cardíaco se eleva, a resistência periférica aumenta nos tecidos menos ativos e tende a diminuir no músculo em trabalho, o que leva a um aumento moderado da pressão arterial (Rondon & Brum, 2003). Em exercícios de força, a pressão arterial sistólica e diastólica tendem a aumentar por um curto período de tempo. Já em atividades contínuas de intensidade progressiva, a pressão sistólica se eleva em proporção direta à intensidade do exercício, em função da elevação do débito cardíaco, podendo ultrapassar os 200 mmHg. Já a pressão diastólica se mantém estável durante a prática de exercícios de natureza aeróbia quando comparada a pressão sistólica, visto que a pressão sistêmica durante a diástole cardíaca tende a permanecer nos níveis de repouso (Polito & Farinatti, 2003).

Essa tendência foi observada em nosso estudo, verificando-se um aumento da pressão sistólica, enquanto a pressão diastólica manteve-se constante quando comparado os valores antes e depois da execução do treino Fran. A elevação da pressão sistólica demonstra a alta demanda cardiovascular da sessão de treino Fran. Quando comparado aos resultados obtidos na literatura, foi encontrado um estudo com o protocolo *For Time*, onde verificou-se que a pressão arterial sistólica sofreu um aumento após a sessão de treino (128 ± 9 vs. 169 ± 18 mmHg), à medida que a diastólica manteve-se constante (70 ± 6 vs. 71 ± 7 mmHg) (Alencar, de Souza Sodré, & Rosa, 2018). Essa mesma elevação

da pressão sistólica com manutenção da pressão diastólica foi observada em outros estudos fora do âmbito do CrossFit® (Bittencourt, Sad, Pereira, & Machado, 2008; Cal Abad, Silva, Mostarda, Silva, & Irigoyen, 2010).

A percepção de esforço é definida como a intensidade subjetiva de esforço, desconforto e/ou fadiga durante uma atividade física (Utter et al., 2009). Foi avaliado por nós a PSE pela escala de Borg 6 - 20, verificando-se que a tarefa foi classificada como um pouco intensa após o primeiro *round* e intensa nos *rounds* subsequentes, o que era previsto tratando-se de uma atividade física de alta intensidade. Em um estudo conduzido com o treino Fran foi encontrado um valor de 8.4 ± 0.9 (entre muito intenso e extremamente intenso) ao fim da atividade utilizando-se a escala de Borg CR10 (Fernández et al., 2015). Outro estudo encontrou um valor de 8.8 ± 1.2 ao fim do exercício pela mesma escala, (Tibana, De Sousa, Prestes, et al., 2018). Tais valores indicam uma maior PSE do que encontrada por nós, podendo ser explicado pelo menor tempo de prática em CrossFit® pelos participantes e a escala CR10 possuir menos pontos.

É válido ressaltar que a medição do PSE neste estudo foi realizada após 30 min do término do treino Fran para avaliação da tarefa como um todo, sendo esse tempo estipulado para se evitar sensações muito leves ou intensas da sessão de exercício imediatamente após o término do mesmo. Entretanto, foi demonstrado que a medição da PSE antes dos 30 min é bastante similar à obtida da medição clássica passados os 30 min do fim do exercício (Maté-Muñoz et al., 2017), sendo demonstrado por nós que não houve diferença entre tal valor e no final do último *round*. Tal assunto deve ser observado com cautela, já que a espera dos 30 min pode ser um período de tempo muito longo para avaliar a PSE de uma sessão de treino. Isto representa uma limitação prática, já que aumenta o tempo demandado aos praticantes de atividades de alta intensidade (Tibana, De Sousa, Prestes, et al., 2018).

Embora este estudo traga informações pertinentes à área, sendo escasso na literatura estudos que tragam a avaliação de variáveis fisiológicas, hemodinâmicas e perceptivas para o treino Fran, é importante ressaltar as limitações encontradas. Os resultados devem ser considerados para indivíduos

praticantes de CrossFit® do sexo masculino, devido aos participantes serem majoritariamente homens, embora os dados da praticante do sexo feminino tenham sido utilizados junto aos demais por não destoarem de forma evidente. Portanto, os resultados podem não se comportar da mesma forma para indivíduos não praticantes / com pouca prática em CrossFit® ou para praticantes do sexo feminino.

5. Conclusões

Este estudo foi capaz de fornecer uma maior compreensão das respostas fisiológicas, hemodinâmicas e perceptivas de um treino de CrossFit®. Os dados obtidos sugerem um aumento significativo das concentrações de lactato e níveis de glucose sanguínea ao longo do treino Fran. Esta tendência de um aumento gradativo durante o exercício e logo após o término do mesmo já era expectável visto que o CrossFit® é enquadrado na categoria de uma atividade física de alta intensidade. Com um certo período de recuperação tais níveis tendem a diminuir até voltar a atingir os valores normais para o metabolismo basal. De forma geral, verificou-se que o treino Fran impõe demandas metabólicas significativas, associadas a uma elevada perceção de esforço.

6. Sugestões para estudos futuros

Com base nos resultados obtidos e nas questões limitantes já levantadas, verificou-se a importância de continuar a investigar este tema, sobretudo de superar tais limitações, particularmente:

- (i) Procurar perceber como se comportam as respostas metabólicas e percepção de esforço dos indivíduos de diferentes sexos;
- (ii) Comparar indivíduos iniciantes em CrossFit® com aqueles que já praticam esta modalidade de treino há alguns anos, ou seja, que já possuam certa experiência de treino;
- (iii) Estudar outras variáveis fisiológicas, além das concentrações de lactato e níveis de glucose sanguíneo, assim como avaliar como elas se relacionam e suas possíveis aplicações como preditores de performance.
- (iv) Estudar as variáveis biomecânicas e o seu impacto na execução do treino Fran.

7. Referências bibliográficas

- Abdulrahman, A., Manhas, J., Linane, H., Gurney, M., Fitzgerald, C., & Sullivan, E. (2018). Use of continuous glucose monitoring for sport in type 1 diabetes. *BMJ Open Sport & Exercise Medicine*, 4(1), e000432. doi:10.1136/bmjsem-2018-000432
- Adams, O. P. (2013). The impact of brief high-intensity exercise on blood glucose levels. *Diabetes, metabolic syndrome and obesity : targets and therapy*, 6, 113-122. doi:10.2147/DMSO.S29222
- Alencar, L., de Souza Sodré, R., & Rosa, G. (2018). Efeito agudo de uma sessão de CrossFit® sobre as variáveis hemodinâmicas e a percepção de esforço de adultos treinados. *J Revista de Educação Física/Journal of Physical Education*, 87(1).
- Arsa, G., Cambri, L. T., Silva, F. d., Pardono, E., Serra, A. J., Leite, G. d. S., . . . Simões, H. G. J. R. B. d. M. d. E. (2016). Limiar anaeróbio a partir da PSE em exercício resistido por modelos matemáticos. 22, 113-117.
- Artoni, P. d. A., Lipoli, A. D. S., Silva, M. J. D., & Navarro, F. (2011). Estimativa do teste de percepção subjetiva ao esforço (borg), relacionado ao limiar anaeróbio de sedentários e praticantes de atividade física em esteira. *RBPFEEX - Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício*, 1(4).
- Barbieri, J., Correia, R., Arcila Castaño, L., Brasil, D., & Ribeiro, A. (2017). Comparative and correlational analysis of the performance from 2016 crossfit games high-level athletes. *Manual Therapy, Posturology & Rehabilitation Journal*, 15. doi:10.17784/mtprehabjournal.2017.15.521
- Beers, E. (2014). Virtuosity goes viral. *The CrossFit Journal* 6, 1-10.
- Benetti, M., Santos, R. T. d., & Carvalho, T. d. J. R. B. d. M. d. E. (2000). Cinética de lactato em diferentes intensidades de exercícios e concentrações de oxigênio. 6, 50-56.

- Bittencourt, P., Sad, S., Pereira, R., & Machado, M. (2008). Efeitos do Exercício Contra a Resistência em Diferentes Intensidades nas Variações Hemodinâmicas de Adultos Jovens (4). *Rev Port Cardiol*.
- Borg, G. A. V. (1982). Psychophysical bases of perceived exertion. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 14(5), 377-381. doi:10.1249/00005768-198205000-00012
- Brooks, A. G., Fahey, D. T., & Baldwin, M. K. (2005). *Exercise Physiology: Human Bioenergetics and Its Applications* (4 ed.). New York: NY: McGraw-Hill.
- Butcher, S. J., Neyedly, T. J., Horvey, K. J., & Benko, C. R. (2015). Do physiological measures predict selected CrossFit benchmark performance? *Journal of Sports Medicine*, 6, 241-247. doi:10.2147/OAJSM.S88265
- Cal Abad, C. C., Silva, R. S. d., Mostarda, C., Silva, I. C. d. M. d., & Irigoyen, M. C. (2010). Efeito do exercício aeróbico e resistido no controle autonômico e nas variáveis hemodinâmicas de jovens saudáveis. *Revista Brasileira de Educação Física e Esporte*, 24(4), 535-544. doi:10.1590/S1807-55092010000400010
- Claudino, J. G., Gabbett, T. J., Bourgeois, F., Souza, H. d. S., Miranda, R. C., Mezêncio, B., . . . Serrão, J. C. (2018). CrossFit Overview: Systematic Review and Meta-analysis. *Sports medicine - open*, 4(1), 11-11. doi:10.1186/s40798-018-0124-5
- Coco, M., Perciavalle, V., Cavallari, P., & Perciavalle, V. (2016). Effects of an Exhaustive Exercise on Motor Skill Learning and on the Excitability of Primary Motor Cortex and Supplementary Motor Area. *Medicine*, 95(11).
- Dexheimer, J. D., Schroeder, E. T., Sawyer, B. J., Pettitt, R. W., Aguinaldo, A. L., & Torrence, W. A. (2019). Physiological Performance Measures as Indicators of CrossFit Performance. *Sports*, 7(4). doi:10.3390/sports7040093

- Dominski, F. H., Serafim, T. T., Siqueira, T. C., & Andrade, A. (2021). Psychological variables of CrossFit participants: a systematic review. *Sport Sciences for Health*, 17(1), 21-41. doi:10.1007/s11332-020-00685-9
- Dominski, F. H., Siqueira, T. C., Serafim, T. T., & Andrade, A. (2018). Perfil de lesões em praticantes de CrossFit: revisão sistemática. *Fisioterapia e Pesquisa*, 25, 229-239.
- Escobar, K. A., Morales, J., & Vandusseldorp, T. A. (2017). Metabolic profile of a CrossFit training bout. *Journal of Human Sport Exercise*, 12(4), 1248-1255.
- Fernández, J. F., Solana, R. S., Moya, D., Marin, J. M. S., & Ramón, M. M. (2015). Acute physiological responses during CrossFit workouts. *European Journal of Human Movement*, 35, 114-124.
- Garnacho-Castaño, M. V., Palau-Salvà, G., Serra-Payá, N., Ruiz-Hermosel, M., Berbell, M., Viñals, X., . . . Molina-Raya, L. (2020). Understanding the effects of beetroot juice intake on CrossFit performance by assessing hormonal, metabolic and mechanical response: a randomized, double-blind, crossover design. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 17(1), 56. doi:10.1186/s12970-020-00388-z
- Hall, M., Rajasekaran, S., Thomsen, T., & Peterson, A. (2016). Lactate: Friend or Foe. *PM&R*, 8, S8-S15. doi:10.1016/j.pmrj.2015.10.018
- Kaercher, P. L. K., Glänzel, M. H., Da Rocha, G. G., Schmidt, L. M., Nepomuceno, P., Stroschöen, L., . . . Reckziegel, M. B. (2019). Escala de percepção subjetiva de esforço de Borg como ferramenta de monitorização da intensidade de esforço físico. *Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício*, 12(80), 1180-1185.
- Lima-Silva, A. E., Fernandes, T. C., De-Oliveira, F. R., Nakamura, F. Y., & Gevaerd, M. d. S. J. R. d. N. (2007). Metabolismo do glicogênio muscular durante o exercício físico: mecanismos de regulação. 20, 417-429.

- Mangine, G. T., Cebulla, B., & Feito, Y. (2018). Normative Values for Self-Reported Benchmark Workout Scores in CrossFit Practitioners. *Sports Medicine Journal*, 4(1), 39. doi:10.1186/s40798-018-0156-x
- Martínez-Gómez, R., Valenzuela, P. L., Alejo, L. B., Gil-Cabrera, J., Montalvo-Pérez, A., Talavera, E., . . . Barranco-Gil, D. (2020). Physiological Predictors of Competition Performance in CrossFit Athletes. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(10). doi:10.3390/ijerph17103699
- Maté-Muñoz, J. L., Lougedo, J. H., Barba, M., García-Fernández, P., Garnacho-Castaño, M. V., & Domínguez, R. (2017). Muscular fatigue in response to different modalities of CrossFit sessions. *PLOS ONE*, 12(7), e0181855. doi:10.1371/journal.pone.0181855
- McArdle, W. D., Katch, F. I., & Katch, V. L. (2015). *Fisiologia do exercício*: Wolters Kluwer Health.
- Meyer, J., Morrison, J., & Zuniga, J. (2017). The Benefits and Risks of CrossFit: A Systematic Review. *Workplace Health & Safety*, 65(12), 612-618. doi:10.1177/2165079916685568
- Negrão, C. E., & Rondon, M. (2001). Exercício físico, hipertensão e controle barorreflexo da pressão arterial. *J Rev Bras Hipertens*, 8(1), 89-95.
- Perciavalle, V., Marchetta, N. S., Giustiniani, S., Borbone, C., Perciavalle, V., Petralia, M. C., . . . Coco, M. (2016). Attentive processes, blood lactate and CrossFit. *The Physician and Sports Medicine*, 44(4), 403-406. doi:10.1080/00913847.2016.1222852
- Polito, M. D., & Farinatti, P. J. R. P. d. C. d. D. (2003). Respostas de frequência cardíaca, pressão arterial e duplo-produto ao exercício contra-resistência: uma revisão da literatura. 3(1), 79-91.
- Robertson, R. J., Stanko, R. T., Goss, F. L., Spinal, R. J., Reilly, J. J., & Greenawalt, K. D. (1990). Blood glucose extraction as a mediator of perceived exertion during prolonged exercise. *European Journal of*

Applied Physiology and Occupational Physiology, 61(1), 100-105.
doi:10.1007/BF00236701

Rondon, M. U., & Brum, P. (2003). Exercício físico como tratamento não farmacológico da hipertensão arterial. *Rev Bras Hipertens*, 10, 134-139.

Shaw, S. B., Dullabh, M., Forbes, G., Brandkamp, J.-L., & Shaw, I. (2015). Analysis of physiological determinants during a single bout of Crossfit. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 15(3), 809-815.
doi:10.1080/24748668.2015.11868832

Silva, A., Dias, M. R., Franco, V., Lima, J., & Novaes, J. (2005). Estimativa do limiar de Conconi por meio da escala de Borg em cicloergômetro. *Fitness & Performance Journal*(4), 215-219.

Silveira, L. R., Pinheiro, C. H. d. J., Zoppi, C. C., Hirabara, S. M., Vitzel, K. F., Bassit, R. A., . . . Metabologia. (2011). Regulação do metabolismo de glicose e ácido graxo no músculo esquelético durante exercício físico. 55, 303-313.

Simões, H. G., Hiyane, W. C., Benford, R. E., Madrid, B., Prada, F. A., Moreira, S. R., . . . Campbell, C. S. G. (2010). Lactate Threshold Prediction by Blood Glucose and Rating of Perceived Exertion in People with Type 2 Diabetes. *Perceptual and Motor Skills*, 111(2), 365-378.
doi:10.2466/06.13.15.27.PMS.111.5.365-378

Sylow, L., Kleinert, M., Richter, E., & Jensen, T. (2016). Exercise-stimulated glucose uptake — regulation and implications for glycaemic control. *Nature Reviews Endocrinology*, 13. doi:10.1038/nrendo.2016.162

Tibana, R. A., De Sousa, N. M. F., Cunha, G. V., Prestes, J., Fett, C., Gabbett, T. J., & Voltarelli, F. A. (2018). Validity of Session Rating Perceived Exertion Method for Quantifying Internal Training Load during High-Intensity Functional Training. *Sports*, 6(3), 68.

- Tibana, R. A., De Sousa, N. M. F., & Prestes, J. (2016). CrossFit training load quantification through session-rate of perceived exertion: a case study and review. *Revista Brasileira de Ciência e Movimento*.
- Tibana, R. A., De Sousa, N. M. F., Prestes, J., & Voltarelli, F. A. (2018). Lactate, Heart Rate and Rating of Perceived Exertion Responses to Shorter and Longer Duration CrossFit Training Sessions. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, 3(4). doi:10.3390/jfmk3040060
- Tiggemann, C. L., Pinto, R. S., & Krueel, L. F. M. J. R. B. d. M. d. E. (2010). A percepção de esforço no treinamento de força. 16(4), 301-309.
- Utter, A. C., Nieman, D. C., Kang, J., Dumke, C. L., Quindry, J. C., McAnulty, S. R., & McAnulty, L. S. (2009). Quercetin Does Not Affect Rating of Perceived Exertion in Athletes During the Western States Endurance Run. *Research in Sports Medicine*, 17(2), 71-83. doi:10.1080/15438620902901474
- Zeitz, E. K., Cook, L. F., Dexheimer, J. D., Lemez, S., Leyva, W. D., Terbio, I. Y., . . . Jo, E. (2020). The Relationship between CrossFit Performance and Laboratory-Based Measurements of Fitness. *Sports*, 8(8). doi:10.3390/sports8080112