



UNIVERSIDADE
ESTADUAL de LONDRINA

EDUARDO CARLOS FERREIRA TONANI

**ASSOCIAÇÃO DA VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA
CARDÍACA COM O DESEMPENHO ANAERÓBICO E
RECUPERAÇÃO DE ATLETAS DE *BRAZILIAN JIU-JITSU***

Londrina
2019

EDUARDO CARLOS FERREIRA TONANI

**ASSOCIAÇÃO DA VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA
CARDÍACA COM O DESEMPENHO ANAERÓBICO E
RECUPERAÇÃO DE ATLETAS DE *BRAZILIAN JIU-JITSU***

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação Associado em Educação Física – UEM/UEL, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Educação Física.

Orientadora: Profa. Dra. Solange de Paula Ramos

Coorientador: Prof. Dr. Eduardo Vignoto Fernandes

Londrina
2019

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

T663 Tonani, Eduardo Carlos Ferreira .
Associação da Variabilidade da Frequência Cardíaca com o Desempenho Anaeróbico e Recuperação de Atletas de Brazilian Jiu Jitsu / Eduardo Carlos Ferreira Tonani. - Londrina, 2020.
42 f. : il.

Orientador: Solange De Paula Ramos.
Coorientador: Eduardo Vignoto Fernandes.
Dissertação (Mestrado em Educação Física) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Educação Física e Esportes, Programa de Pós-Graduação em Educação Física, 2020.
Inclui bibliografia.

1. artes marciais, variabilidade da frequência cardíaca, desempenho, jiu jitsu - Tese. I. Ramos, Solange De Paula . II. Fernandes, Eduardo Vignoto . III. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Educação Física e Esportes. Programa de Pós-Graduação em Educação Física. IV. Título.

CDU 796

EDUARDO CARLOS FERREIRA TONANI

**ASSOCIAÇÃO DA VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA
COM O DESEMPENHO ANAERÓBICO E RECUPERAÇÃO DE
ATLETAS DE *BRAZILIAN JIU-JITSU***

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação Associado em Educação Física – UEM/UEL, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Educação Física.

BANCA EXAMINADORA

Orientadora: Profa. Dra. Solange de Paula
Ramos
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Prof. Dr. Bráulio Henrique Magnani Branco
Universidade Cesumar –
UNICESUMAR

Profa. Dra. Solange Marta Franzói De Moraes
Universidade Estadual de Maringá – UEM

Londrina, 07 de fevereiro de 2020.

Dedico este trabalho aos meus pais (*in memoriam*).

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por chegar até aqui.

Agradeço à minha orientadora Profa. Dra. Solange de Paula Ramos pela calma e paciência durante a condução deste trabalho.

Agradeço ao meu amigo e co-orientador Prof. Dr. Eduardo Vignoto Fernandes pelo apoio incondicional.

Agradeço aos colegas do grupo de pesquisa Gerart – Grupo de Estudos em Regeneração, Adaptação e Reparo Tecidual pelos bons momentos compartilhados no Laboratório de Pesquisa da UEL.

Agradeço também à Academia Magoo BJJ (Londrina, Brasil) e ao mestre Vinícius Modernel Canevari por disponibilizar o espaço e atletas para a realização do estudo.

“Feliz aquele que transfere o que sabe e aprende o que ensina.”

Cora Coralina

TONANI, Eduardo Carlos Ferreira; **Associação da variabilidade da frequência cardíaca com o desempenho anaeróbico e recuperação de atletas de *Brazilian Jiu-jitsu***. 2019. 43 f. Mestrado (Dissertação em Educação Física) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2019.

RESUMO

A recuperação entre intervalos de esforços de alta intensidade está associada a alta variabilidade da frequência cardíaca (VFC) em diversas modalidades esportivas. O objetivo deste trabalho foi analisar a associação da VFC com o desempenho em um e a recuperação da FC em intervalos de recuperação durante o teste anaeróbico específico do BJJ (JJAPT). Foram avaliados 20 atletas do sexo masculino, praticantes de BJJ com idade entre 18 e 45 anos ($32,6 \pm 7,3$ anos), altura de $1,76 \pm 0,07$ cm, $82,6 \pm 12,6$ kg, graduados de faixa branca a preta. Os atletas foram mantidos em repouso em posição supina por 10 minutos, e os intervalos R-R da FC foram coletados com o uso de um cardiofrequencímetro portátil. A análise da VFC foi realizada para determinação dos índices de modulação simpática e parassimpática e do balanço simpatovagal, nos domínios de tempo, frequência e não-lineares em repouso. Sete dias após os atletas foram submetidos ao teste de desempenho anaeróbico específico de Jiu-jitsu, e a FC durante o teste foi coletada para determinação da FC de repouso, FC média, FC pico e FC de recuperação em intervalos de série. Foram avaliadas o desempenho (número de repetições) em séries, o índice de fadiga (diminuição percentual de repetições entre a série com maior e menor número de repetições) e o *power drop* (redução do número de repetições da primeira para a quinta série do teste). A distribuição de normalidade dos dados foi determinada com teste de *Shapiro-Wilks*. O teste de ANOVA de medidas repetidas e *post hoc* de Bonferroni foi utilizado para análise de desempenho entre as séries. A correlação entre as variáveis de desempenho e índices de VFC foi determinada por teste de correlação de postos de Spearman. A associação do desempenho com as características dos sujeitos e VFC foi determinada por Análise de Regressão linear multivariada. O nível de significância aceito foi de $p < 0,05$. O número médio de repetições totais no JJAPT foi de $81,3 \pm 7,6$, sendo que o número de repetições executadas na terceira, quarta e quinta séries foi menor em relação à primeira série. A FC pico na terceira, quarta e quinta séries foi maior quando comparada à primeira série ($p < 0,05$). A média da FC foi maior nos intervalos 3, 4 e após o teste ($p < 0,05$). Não houve diferença no percentual de recuperação da frequência cardíaca (RFC) nos intervalos de recuperação ao longo do teste ($p > 0,05$). Foi observada associação ($r^2 = 0,78$) do desempenho no teste JJAPT com índice de massa corporal (IMC, $p = 0,01$), intervalo de variação da FC (ΔFC , $p = 0,02$), RFC nos intervalos 3 e 4 ($p = 0,03$, $p = 0,009$), SDNN ($p = 0,01$), rMSSD ($p = 0,01$), HF ($p = 0,03$), LF ($p = 0,04$) e SD1/SD2 ($p = 0,01$). Foram observadas correlações moderadas entre o índice de fadiga e IMC ($r = 0,40$, $p = 0,03$) e ΔFC ($r = 0,43$, $p = 0,03$). O *power drop* apresentou correlação moderada com HF ($r = -0,50$, $p = 0,02$). O desempenho total no teste apresentou correlações moderadas com o IMC ($r = -0,50$, $p = 0,02$), FC pico ($r = -0,47$, $p = 0,03$), ΔFC ($r = -0,49$, $p = 0,02$), FRC no intervalo 3 ($r = -0,44$, $p = 0,44$) e 4 ($r = 0,48$, $p = 0,03$). Os resultados sugerem que a índices de VFC (rMSSD, HF, LF e SD1/SD2) podem estar associados com adaptações fisiológicas associadas ao desempenho anaeróbico de atletas de BJJ. No entanto, a avaliação da

FCpico ou Δ FC parecem ser medidas mais aplicáveis para avaliação da capacidade anaeróbia.

Palavras-chave: Artes marciais. Esportes de combate. Sistema nervoso autonômico.

TONANI, Eduardo Carlos Ferreira; **Association of heart rate variability with anaerobic performance and recovery of Brazilian Jiu-jitsu athletes**. 2019. 43 p. Mestrado (Dissertação em Educação Física) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2019.

ABSTRACT

Recovery between high intensity exercise intervals is associated with high heart rate (HR) variability (HRV) in several sports activities. The objective of this work was to analyze the association between HRV and anaerobic performance in a specific test for Brazilian Jiu-jitsu (BJJ) athletes. Twenty BJJ male athletes were evaluated, aged between 18 and 45 years ($32,6 \pm 7,3$ anos), $1,76 \pm 0,07$ cm, $82,6 \pm 12,6$ kg, graduated in white to black belt. The athletes were kept at rest in a supine position for 10 minutes, and the R-R intervals of the HR were collected using a portable cardiofrequency meter. An analysis of HRV was performed to determine the indices of sympathetic and parasympathetic modulation and sympathetic-vagal balance, in the time, frequency and non-linear domains. Seven days later, the athletes were submitted to the specific anaerobic performance test of Jiu-jitsu (JJAPT) and the HR during the test was collected to determine resting HR, average HR, peak HR and recovery HR at series intervals. Performance (number of repetitions) in series, fatigue index (percentage decrease in repetitions between a series with the highest and lowest number of repetitions) and power drop (reduction in the number of repetitions from the first to a fifth series of test). The normal distribution of data was determined using the Shapiro-Wilks test. The Bonferroni ANOVA test of repeated measures and post hoc was used for performance analysis between series. The correlation between performance variables and HRV indices was determined by Spearman's rank correlation test. The association of performance with the characteristics of the subjects and the HRV was determined by the Linear Multivariate Regression Analysis. The level of significance accepted was $p < 0,05$. The average number of repetitions in the JJAPT was $81,3 \pm 7,6$, and the number of repetitions performed in the third, fourth and fifth series was lower compared to the first series ($P < 0,05$). The peak HR in the third, fourth and fifth series was higher when compared to the first series ($p < 0,05$). The mean HR was higher at intervals 3, 4 and after the test ($p < 0,05$). There was no difference in the percentage of heart rate recovery (RFC) in the recovery intervals throughout the test ($p > 0,05$). An association ($r^2 = 0,78$) of performance in the JJAPT test was observed with body mass index (BMI, $p = 0,01$), HR variation interval (ΔFC , $p = 0,02$), RFC in intervals 3 and 4 ($p = 0,03$, $p = 0,009$), SDNN ($p = 0,01$), rMSSD ($p = 0,01$), HF ($p = 0,03$), LF ($p = 0,04$) and SD1 / SD2 ($p = 0,01$). Moderate correlations were observed between the fatigue index and BMI ($r = 0,40$, $p = 0,03$) and ΔFC ($r = 0,43$, $p = 0,03$). The power drop showed a moderate correlation with HF ($r = -0,50$, $p = 0,02$). The total performance in the test showed moderate correlations with BMI ($r = -0,50$, $p = 0,02$), HR peak ($r = -0,47$, $p = 0,03$), ΔFC ($r = -0,49$, $p = 0,02$), FRC in the range 3 ($r = -0,44$, $p = 0,04$) and 4 ($r = 0,48$, $p = 0,03$). The results suggest that HRV indices (rMSSD, HF, LF and SD1 / SD2) may be associated with physiological adaptations associated with recovery intervals and the anaerobic performance of BJJ athletes. However, the assessment of FC peak or ΔFC seems to be the most applicable measures for assessing anaerobic capacity.

Keywords: Martial arts. Combat sports. Autonomic nervous system.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1** – Delineamento experimental do estudo. VFC: Variabilidade da Frequência Cardíaca; JJAPT: teste específico de desempenho anaeróbico de Jiu-jitsu; FC: Frequência Cardíaca29
- Figura 2** – Desempenho no teste específico de desempenho anaeróbico do BJJ e comportamento da FC durante e após o teste. a) Mediana e intervalo interquartil (25^a 75%) do desempenho: número de repetições por série de 1 minuto de exercício. b) Mediana da frequência cardíaca pico por série do teste. c) Média da FC nos 5 segundos finais do intervalo 45 segundos de recuperação e após 45 segundos de finalização do teste. d) Mediana da recuperação da frequência cardíaca nos intervalos entre as séries e após 45 segundos de finalização de teste (Pós) do término do teste. ** $p < 0,01$, *** $p < 0.005$ em relação a primeira série; ### $p < 0.005$, em relação a segunda série (teste ANOVA de medidas repetidas com *post hoc* de Bonferroni) o teste de Friedman com *post hoc* de Dunn)35

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Características gerais dos atletas	33
Tabela 2 – Média e desvio padrão das variáveis de domínio de tempo e frequência da VFC em repouso dos atletas de BJJ	34
Tabela 3 – Associação do índice de fadiga com a idade, Massa corporal, graduação, FC em exercício, recuperação da frequência cardíaca em intervalos e balanço simpátovagal	36
Tabela 4 – Índices de domínio de tempo e frequência da VFC correlacionados com o Índice de fadiga, <i>power drop</i> e desempenho no teste	37

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BJJ	<i>Brazilian Jiu-jitsu</i>
Bpm	Batimentos por minuto
cm ²	Centímetros quadrados
DP	Desvio padrão
EST	Estatura
FC	Frequência cardíaca
FCpico	Frequência cardíaca no pico
FCrec	Frequência cardíaca de recuperação
FCrep	Frequência cardíaca de repouso
HF	Banda de alta frequência
Hz	Hertz
IBJJF	<i>International Brazilian Jiu-jitsu Federation</i>
IMC	Índice de massa corporal
JJAPT	Teste específico de desempenho anaeróbico do Jiu-jitsu
Kg	quilograma
LF	Banda de baixa frequência
LF/HF	Balanço simpatovagal
ms ²	Metros por segundo ao quadrado
pNN50	Porcentagem de intervalos R-R que ultrapassam 50 ms
REP	Repetições
RFC	Recuperação da frequência cardíaca
rMSSD	Raiz quadrada da média das diferenças entre os intervalos R-R
R-R	Intervalo entre duas ondas R
R-Rmédio	Frequência cardíaca média em repouso
SD1	Desvio padrão perpendicular
SD2	Desvio padrão ao longo da linha
SDNN	Desvio padrão dos intervalos R-R normais
u. n	Unidade normalizada
VFC	Variabilidade da frequência cardíaca
ΔFC	Variação da frequência cardíaca
HRV	Heart rate variability

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	OBJETIVOS	15
3	MATERIAL E MÉTODOS	16
3.1	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	16
3.2	PARTICIPANTES.....	17
3.3	ANTROPOMETRIA.....	17
3.4	ANÁLISE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA E DA VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA.....	17
3.5	TESTE DE ESPECÍFICO DE DESEMPENHO ANAERÓBICO DO JIU-JITSU	19
3.6	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	20
	REFERÊNCIAS	21
4	ARTIGO	23
4.1	INTRODUÇÃO.....	25
4.2	MATERIAL E MÉTODOS.....	27
4.3	RESULTADOS	32
4.4	DISCUSSÃO.....	38
4.5	CONCLUSÃO	41
	REFERÊNCIAS	42

1 INTRODUÇÃO

O *Brazilian Jiu-jitsu* (BJJ) é uma modalidade de luta com predomínio de ações de contração isométrica, natureza intermitente e com alta demanda anaeróbia durante os momentos de ataque, contra-ataque e defesa (Andreato *et al.*, 2017). De acordo com a Federação Internacional de Brazilian Jiu-jitsu (IBJJF) os atletas são distribuídos dentro de categorias relacionadas com a idade, sexo, massa corporal e graduação, e a partir disso os tempos de lutas e de técnicas a serem usadas são definidos (IBJJF). Com relação a categoria adulta as graduações nas competições são: faixa branca, azul, roxa, marrom e preta. O tempo de combate oficial da IBJJF para adultos é de 5 minutos para faixas brancas, 6 minutos para faixas azul, 7 minutos para faixas roxa, 8 minutos para faixas marrom e 10 minutos para faixa preta (IBJJF).

O sucesso competitivo em modalidades de luta depende de dois componentes metabólicos principais: aptidão anaeróbia e aeróbia (Degoutte *et al.*, 2003; Crisafulli *et al.*, 2009; Doria *et al.*, 2009; Campos *et al.*, 2012; Andreato *et al.*, 2017; Barley *et al.*, 2019). Nos esportes de combate, altos níveis de potência anaeróbica e capacidade aeróbica permitem que os atletas mantenham esforços de alta intensidade durante o combate e consigam uma recuperação mais rápida durante e entre lutas (Degoutte *et al.*, 2003; Franchini *et al.*, 2011; Campos *et al.*, 2012; Andreato *et al.*, 2017; Barley *et al.*, 2019). Por outro lado, as capacidades anaeróbica e aeróbica estão amplamente envolvidos em diferentes esportes de combate, porque os momentos decisivos nestes esportes envolvem grandes demandas de energia, que não podem ser supridas apenas por uma via metabólica (Franchini *et al.*, 2011; Barley *et al.*, 2019). Determinar as respostas fisiológicas e capacidade de recuperação de atletas de BJJ frente a combates é uma das medidas mais importantes, não só para caracterizar o esporte, como também para planejar o treinamento dos praticantes.

Em modalidades esportivas de *endurance* ou de força e potência, a rápida reativação parassimpática pós exercício e o melhor balanço simpátovagal do sistema nervoso autônomo estão associados com a resistência a fadiga em exercícios intermitentes de alta intensidade e o aumento do desempenho (Buchheit *et al.*, 2012; Buchheit, 2014; Bellenger *et al.*, 2016). O sistema nervoso autônomo é capaz de controlar a maioria das funções viscerais do organismo, incluindo o sistema cardiovascular. Um dos instrumentos mais utilizados atualmente para avaliação do sistema nervoso autônomo cardíaco é a análise variabilidade da frequência cardíaca

(VFC), considerada de baixo custo e de fácil aplicação, capaz de quantificar a modulação autonômica cardíaca (Heart rate variability: standards of measurement, physiological interpretation and clinical use. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology, 1996).

A avaliação das demandas fisiológicas por medidas de frequência cardíaca (FC) e VFC tem sido utilizado em diversas modalidades coletivas para monitoramento de cargas de treino e adaptação fisiológica com ganho de desempenho e da capacidade de recuperação pós-esforço (Buchheit *et al.*, 2012; Buchheit, 2014; Da Silva *et al.*, 2015; Campos *et al.*, 2018; Barrero *et al.*, 2019; Morales *et al.*, 2019). A adaptação às cargas de treino e a recuperação pós-exercício estão associadas a adaptações do sistema nervoso autonômico que podem ser avaliadas por medidas não invasivas de VFC (Buchheit, 2014; Oliveira-Silva *et al.*, 2018).

A FC em exercício pode ser obtida em tempo real, sem haver interrupções para que se respeite as relações de esforço-pausa durante o exercício físico e compreende uma medida importante de carga interna (Buchheit, 2014). Todavia, a literatura traz poucos estudos que tenham realizado este tipo de medida em atletas de BJJ. Segundo Andreato *et al.*, (2012), foram verificadas diferenças significativas entre valores médios de FC pré e pós um combate de 7 minutos de duração. Quanto mais acentuada for a redução da FC no intervalo entre lutas, melhor será o desempenho do atleta para o próximo combate, o que favorece a recuperação dos atletas (Carneiro *et al.*, 2013).

Em estudos realizados em atletas de judô demonstrou-se uma relação direta entre a alta atividade vagal e regulação do balanço simpátovagal, e isso está relacionado positivamente com o desempenho em teste específico desta modalidade (Blasco-Lafarga *et al.*, 2013; Campos *et al.*, 2018). Em atletas de BJJ submetidos a um teste de esteira até exaustão, foi observado que os atletas da modalidade apresentam uma rápida reativação parassimpática e recuperação da FC após o exercício (Henriquez *et al.*, 2013), o que poderia contribuir para uma rápida recuperação nos intervalos de lutas. Porém esta hipótese ainda não foi testada em atletas de BJJ.

O objetivo do presente estudo foi avaliar eventuais associações de VFC, especialmente os relacionados a tônus parassimpático, e o desempenho em um teste anaeróbico intervalado específico para o BJJ. A hipótese de estudo é que os atletas com índices de regulação parassimpática mais elevados apresentem maior

desempenho no teste anaeróbico específico do BJJ proposto por Villar e colaboradores (2018).

2 OBJETIVO

Correlacionar os índices de FC em repouso e durante o exercício, a recuperação da FC em intervalos e a VFC em repouso, com o desempenho no Teste Específico de Desempenho Anaeróbico (JAPPT) para atletas de *Brazilian Jiu-jitsu* (BJJ).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Delineamento experimental

O estudo foi conduzido sob delineamento observacional transversal com o objetivo de determinar os índices de FC e VFC e sua associação com o desempenho e a recuperação da FC no teste JJAPT. A coleta de dados foi realizada entre os meses de outubro e dezembro de 2018, na academia Magoo *Brazilian Jiu-jitsu* (Londrina, Brasil) onde os atletas treinavam regularmente. Os atletas foram recrutados por contato direto, durante as sessões de treino.

Na primeira sessão de avaliação, os atletas foram orientados a não ingerirem bebidas alcoólicas, cafeína ou realizar exercícios intensos, nas 24 horas antecedentes a coleta de dados inicial. Os atletas foram submetidos a avaliação de peso e estatura, foram coletados dados em relação a idade, tempo de prática do esporte, categoria de peso, graduação e tempo de treino semanal. A seguir foi coletado a FC cardíaca em repouso e os atletas foram submetidos a 10 minutos de aquecimento padronizado (corrida em baixa intensidade, rolamento, agachamentos) e familiarizados com o teste específico de desempenho anaeróbico do BJJ (JJAPT).

Após 7 dias, os participantes retornaram a academia para realização da segunda sessão de estudo, seguindo as mesmas recomendações da sessão de familiarização. Os atletas realizaram novamente as medidas de FC em repouso e a seguir foram submetidos a um aquecimento de 10 minutos padronizado e submetidos ao teste de JJAPT (figura 1). Medidas de FC em exercício e durante os intervalos de séries e após o teste foram coletados com uso de um cardiofrequencímetro portátil.

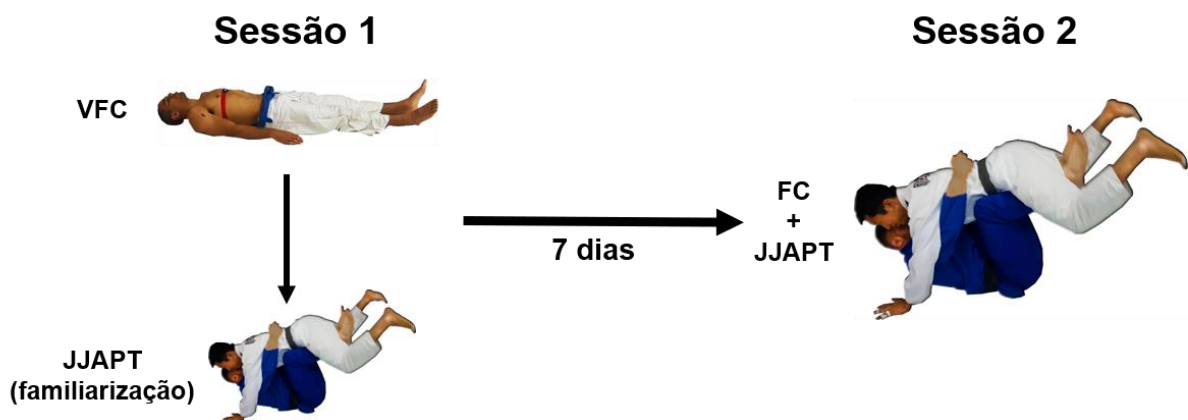


Figura 1. Delineamento experimental do estudo. VFC: Variabilidade da Frequência Cardíaca; JJAPT: teste específico de desempenho anaeróbico de Jiu-jitsu; FC: Frequência Cardíaca.

3.2 Participantes

Participaram do estudo 20 atletas do sexo masculino, praticantes de BJJ com idade entre 18 e 45 anos ($32,6 \pm 7,3$ anos). Para serem incluídos no estudo, os atletas deveriam treinar BJJ regularmente, 5 vezes por semana, 60 a 120 minutos diários, nos últimos 12 meses. Os atletas deveriam ter participado de pelo menos um evento competitivo de nível nacional, nos últimos 12 meses. Os atletas que fizeram uso de drogas anti-inflamatórias, recursos ergogênicos, e apresentaram lesões musculoesqueléticas ou doenças que impediram a realização das sessões de testes não foram incluídos na análise final do estudo. Todos os participantes foram esclarecidos sobre os objetivos e procedimentos do estudo e assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido antes do início do estudo. Os procedimentos da pesquisa seguiram os preceitos éticos da Declaração de Helsinki e foram aprovados pelo comitê de Ética em Pesquisa envolvendo Seres Humanos da Universidade Estadual de Londrina (n. 2.136.097).

3.3 Antropometria

Para mensuração da massa corporal foi utilizada uma balança (OMRON modelo HBF - 514C, São Paulo, Brasil). A estatura (EST), em centímetros, foi aferida em um estadiômetro (Sanny ES2040, American medical do Brasil, São Paulo, Brasil), escalonado em 0,1 cm. A categoria de peso foi estabelecida pela massa corporal, segundo os critérios da Confederação Brasileira de Jiu-jitsu (IBJJF, 2018).

3.4 Análise da Frequência Cardíaca e da Variabilidade da Frequência Cardíaca

Os registros de FC para análise de VFC e análise de FC em repouso previamente a sessão de teste, imediatamente antes da sessão de teste e durante o teste JJAPT foram realizados com o uso de um cardiofrequencímetro portátil (POLAR®, modelo V800 - Kempele, Finlândia). A FC em repouso e avaliada

previamente e na mesma sessão de teste apresentaram coeficiente de correlação intraclasse de 0,91.

A análise da VFC foi realizada antes do início do período de testes, com um período mínimo de 24 horas sem realização de exercícios físicos. Os atletas foram mantidos em posição supinada no tatame, em ambiente silencioso, em repouso e com o mínimo de movimentação possível, durante 10 minutos para registro da FC. A FC em repouso foi mensurada batimento-a-batimento e os registros foram coletados com frequência de amostragem de 1.000 Hz. Os registros dos intervalos R-R foram filtrados com filtro baixo, para eliminar possíveis ruídos provenientes de batimentos ectópicos ou erros de leitura do aparelho na ordem de 20 bpm, sendo que o percentual de correção dos intervalos R-R não deveria ultrapassar 2%. Batimentos ectópicos não eliminados pelo filtro foram inspecionados visualmente e eliminados manualmente, com a interpolação dos intervalos adjacentes. Os cinco primeiros minutos de registro foram descartados e os 5 minutos finais foram suavizados a (500λ) . Este procedimento foi realizado por meio do *software* Kubios HRV versão 3.1.0 (Kubios Ou, Universidade de Kuopio, Finlândia) (Tarvainen *et al.*, 2014).

Na análise linear do domínio do tempo, foram extraídos os índices de índices rMSSD (raiz quadrada da média das diferenças sucessivas ao quadrado, entre intervalos R-R adjacentes), SDNN (desvio padrão dos intervalos R-R normais e pNN50 (porcentagem de intervalos R-R que ultrapassam 50ms). O rMSSD foi considerado um indicador parassimpático e o SDNN um indicador global autonômico da VFC (Heart rate variability: standards of measurement, physiological interpretation and clinical use. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology, 1996; Shaffer e Ginsberg, 2017).

Para análise do domínio da frequência, os dados foram interpolados a uma frequência cúbica de 2 Hz em séries corrigidas de intervalos normais, sendo utilizada a transformação rápida de Fourier pela janela de Welch para estimar a densidade espectral. Foram estimados os componentes de baixa frequência (LF: 0,04 – 0,15 Hz) como indicador simpático e parassimpático, e de alta frequência (HF: 0,15 – 0,4 Hz) como indicador parassimpático. Os componentes LF e HF foram expressos em valores absolutos (ms^2), em unidades normalizadas (u.n.) e valores percentuais. O balanço simpátovagal foi expresso pela razão entre eles os componentes LF e HF (razão LF/HF) (Heart rate variability: standards of measurement, physiological interpretation and clinical use. Task Force of the European Society of Cardiology and

the North American Society of Pacing and Electrophysiology, 1996; Shaffer e Ginsberg, 2017).

Os índices não lineares da VFC foram calculados por meio da análise de dispersão de Poincaré, identificando o desvio padrão perpendicular da linha de identidade do gráfico (SD1), o desvio padrão ao longo da linha de identidade (SD2), como índices de atividade vagal e simpática, respectivamente. A razão SD1/SD2 foi utilizada como índice de balanço autonômico (Heart rate variability: standards of measurement, physiological interpretation and clinical use. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology, 1996; Shaffer e Ginsberg, 2017).

A FC em repouso (FC_{rep}) foi avaliada 15 minutos antes da realização do teste JJAPT, num registro de 5 minutos na posição supina. Durante cada série do teste, a FC foi registrada batimento-a-batimento para determinação da FC pico (FC_{pico}) por série. A FC final do intervalo de recuperação (FC_{rec}) foi determinada pela média da FC nos últimos 5 segundos do intervalo de recuperação entre as séries e entre 40-45 segundos após a última série (Pós). A recuperação da FC (RFC) nos intervalos do exercício foi determinada pela subtração do valor da FC_{pico} da série anterior e FC_{rec} em cada intervalo de recuperação entre as séries. A variação máxima da FC no teste (ΔFC) foi determinada pela diferença entre a maior FC_{pico} entre as séries e a FC_{rep} .

3.5 Teste específico de desempenho anaeróbico do Jiu-jitsu

Foi utilizado o teste JJAPT, conforme o protocolo proposto por Villar e colaboradores (2018). O teste consiste na execução de uma técnica de raspagem no solo, comum no BJJ. Foram realizadas 5 séries de 1 minuto com intervalos de 45 segundos entre as séries e o atleta deveria realizar o máximo de repetições possíveis em cada série (Villar *et al.*, 2018). Cada atleta foi familiarizado previamente para realizar o teste de desempenho anaeróbico, sendo previamente corrigidos eventuais erros na execução dos movimentos. Para realização da sessão de teste, os atletas foram pareados por graduação e categoria de peso. Os atletas que participaram da sessão como auxiliares do sujeito testado não realizaram o teste na mesma sessão.

O teste foi realizado com encorajamento verbal. Foi computado o número de repetições do movimento em cada série do teste e o total de repetições. O índice de fadiga foi determinado pela diminuição percentual de repetições entre a série com

maior e menor número de repetições. O *power drop* foi determinado pela redução do número de repetições da primeira para a quinta série do teste. Todos os testes foram registrados com câmeras (*GoPro Hero 7*) posicionadas a aproximadamente 2 metros do sujeitos, durante os testes, e avaliados por dois observadores independentes, com coeficiente de concordância de kappa igual a 1.0.

3.6 Análise estatística

O tamanho da amostra foi calculado com base na FC final do teste de JJAPT reportada por Villar e colaboradores (2018). Para obtenção do poder estatístico de 80%, aceitando um erro relativo de 2% e erro tipo alfa máximo de 5%, em uma população finita (aproximadamente 30 atletas), o número mínimo de sujeitos para análise foi 18. Considerando 20% ou mais de perdas, 24 atletas foram incluídos no estudo.

Para a verificação da normalidade foi utilizado o teste de *Shapiro-Wilk*. Os dados foram apresentados em média e desvio padrão e em mediana com intervalo interquartil de 25 a 75 da distribuição. Para comparação dos valores foi utilizada a ANOVA *one way* para medidas repetidas. Sendo o valor de *F* significativo, foi utilizado teste *post hoc* de Bonferroni. A Análise de Regressão Linear Multivariada foi utilizada para determinar a associação das variáveis independentes de estudo com o número total de repetições. A análise de colinearidade entre as variáveis preditoras foi realizada com o fator de inflação da variância. As variáveis foram inseridas no modelo de regressão por meio de uma abordagem do tipo *stepwise*, e aquelas que apresentaram significância estatística foram adicionadas ao modelo de regressão ajustado para determinação do coeficiente de determinação (r^2). As variáveis preditoras com significância na Análise de Regressão foram submetidas ao teste de correlação de postos de Spearman (dados não-paramétricos). O nível de significância aceito para as análises foi de $p < 0,05$.

Referências

- ANDREATO, L. V. et al. Physiological responses and rate of perceived exertion in Brazilian jiu-jitsu athletes. **Kinesiology**, v. 44, n. 2, p. 173-181, 2012.
- ANDREATO, L. V. et al. Physical and Physiological Profiles of Brazilian Jiu-Jitsu Athletes: a Systematic Review. **Sports Med Open**, v. 3, n. 1, p. 9, 2017.
- BARLEY, O. R. et al. Considerations When Assessing Endurance in Combat Sport Athletes. **Front Physiol**, v. 10, p. 205, 2019.
- BARRERO, A. et al. Daily fatigue-recovery balance monitoring with heart rate variability in well-trained female cyclists on the Tour de France circuit. **PLoS One**, v. 14, n. 3, p. e0213472, 2019.
- BELLENGER, C. R. et al. Monitoring Athletic Training Status Through Autonomic Heart Rate Regulation: A Systematic Review and Meta-Analysis. **Sports Med**, v. 46, n. 10, p. 1461-86, 2016.
- BLASCO-LAFARGA, C.; MARTINEZ-NAVARRO, I.; MATEO-MARCH, M. Is baseline cardiac autonomic modulation related to performance and physiological responses following a supramaximal Judo test? **PLoS One**, v. 8, n. 10, p. e78584, 2013.
- BUCHHEIT, M. Monitoring training status with HR measures: do all roads lead to Rome? **Front Physiol**, v. 5, p. 73, 2014.
- BUCHHEIT, M. et al. Monitoring changes in physical performance with heart rate measures in young soccer players. **Eur J Appl Physiol**, v. 112, n. 2, p. 711-23, 2012.
- CARNEIRO, R. W. et al. Behavior and heart rate perceived exertion during combat Brazilian Jiu-Jitsu/Comportamento da frequência cardíaca e percepção subjetiva de esforço durante combate de Jiu-Jitsu Brasileiro. **Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício**, v. 7, n. 37, p. 98-103, 2013.
- CAMPOS, B. T. et al. Influence of Autonomic Control on the Specific Intermittent Performance of Judo Athletes. **J Hum Kinet**, v. 64, p. 99-109, 2018.
- CAMPOS, F. A. et al. Energy demands in taekwondo athletes during combat simulation. **Eur J Appl Physiol**, v. 112, n. 4, p. 1221-8, 2012.
- CRISAFULLI, A. et al. Physiological responses and energy cost during a simulation of a Muay Thai boxing match. **Appl Physiol Nutr Metab**, v. 34, n. 2, p. 143-50, 2009.
- DA SILVA, V. P. et al. Heart rate variability indexes as a marker of chronic adaptation in athletes: a systematic review. **Ann Noninvasive Electrocardiol**, v. 20, n. 2, p. 108-18, 2015.
- DEGOUTTE, F.; JOUANEL, P.; FILAIRE, E. Energy demands during a judo match and recovery. **Br J Sports Med**, v. 37, n. 3, p. 245-9, 2003.

DORIA, C. et al. Energetics of karate (kata and kumite techniques) in top-level athletes. **Eur J Appl Physiol**, v. 107, n. 5, p. 603-10, 2009.

FRANCHINI, E. et al. Physiological profiles of elite judo athletes. **Sports Med**, v. 41, n. 2, p. 147-66, 2011.

Heart rate variability: standards of measurement, physiological interpretation and clinical use. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. **Circulation**, v. 93, n. 5, p. 1043-65, 1996.

HENRIQUEZ, O. C. et al. Autonomic control of heart rate after exercise in trained wrestlers. **Biol Sport**, v. 30, n. 2, p. 111-5, 2013.

INTERNATIONAL BRAZILIAN JIU-JITSU FEDERATION (IBJJF). The history of Brazilian Jiu-Jitsu. Disponível em: <www.ibjjf.org/jjh.htm>. Acesso em 22 de janeiro 2020.

MORALES, J. et al. Physiological and Psychological Changes at the End of the Soccer Season in Elite Female Athletes. **J Hum Kinet**, v. 66, p. 99-109, 2019.

OLIVEIRA-SILVA, I. et al. Autonomic changes induced by pre-competitive stress in cyclists in relation to physical fitness and anxiety. **PLoS One**, v. 13, n. 12, p. e0209834, 2018.

VILLAR, R. et al. Association Between Anaerobic Metabolic Demands During Simulated Brazilian Jiu-Jitsu Combat and Specific Jiu-Jitsu Anaerobic Performance Test. **J Strength Cond Res**, v. 32, n. 2, p. 432-440, 2018.

4 ARTIGO

Associação da frequência cardíaca e variabilidade da frequência cardíaca com o desempenho anaeróbico e recuperação de atletas de *Brazilian Jiu-jitsu*

Eduardo Carlos Ferreira Tonani¹

Eduardo Vignoto Fernandes^{1,3}

Rubens Batista dos Santos Junior^{1,2}

Leonardo Vidal Andreato⁴

Bráulio Henrique Magnani Branco⁴

Solange de Paula Ramos¹

¹Grupo de Estudos em Regeneração, Adaptação e Reparo Tecidual, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, Brasil.

²Universidade do Estado do Pará.

³Universidade Federal de Goiás – Regional Jataí, Jataí, Goiás, Brasil.

⁴Centro Universitário de Maringá, UNICESUMAR, Maringá, Paraná, Brasil

Autor de correspondência:

Solange de Paula Ramos

Universidade Estadual de Londrina – Programa de Pós-graduação em Educação Física

Rodovia Celso Garcia Cid PR 445 km 380

Jardim Portal de Versalhes I

Londrina – PR – Brasil

CEP: 86055-910

e-mail: ramossolange@uel.br

RESUMO

A recuperação entre intervalos de esforços de alta intensidade está associada a alta variabilidade da frequência cardíaca (VFC) em diversas modalidades esportivas. O objetivo deste trabalho foi analisar associação da frequência cardíaca (FC), VFC recuperação da FC (RFC) com o desempenho em um teste específico para atletas de *Brazilian Jiu-jitsu* (JJAPT). Foram avaliados 20 atletas de BJJ do sexo masculino, $32,6 \pm 7,3$ anos, 176 ± 7 cm de altura, massa corporal de $82,6 \pm 12,6$ kg, graduados de faixa branca a preta. Os atletas foram submetidos a registros de FC para análise de VFC em repouso e ao teste (JJAPT). Foram avaliados o desempenho em séries, índice de fadiga, *power drop* e recuperação da FC nos intervalos entre séries. A associação entre o desempenho no teste e medidas de FC foi determinada por meio de uma Análise de Regressão Linear multivariada e pelo teste de correlação de postos de Spearman. O nível de significância aceito foi de $p < 0,05$. Os índices de variação da FC em exercício (ΔFC , $p=0,01$), rMSSD ($p=0,01$), SDNN ($p=0,01$), LFun ($p=0,03$), HFun ($p=0,03$), SD1/SD2 ($p=0,01$) e a RFC nas séries 4 ($p=0,03$) e 5 ($p=0,01$) e índice de massa corporal (IMC, $p=0,01$) apresentaram associação com o desempenho ($r^2=0,78$). O LFun apresentou correlação moderada ($r=-0,50$, $p=0,02$) com o *power drop*. O desempenho apresentou correlações moderadas com IMC ($r=-0,50$, $p=0,02$), FC_{pico} ($r=-0,47$, $p=0,03$), ΔFC ($r=-0,44$, $p=0,04$), RFC_4 ($r=-0,48$, $p=0,03$) e ($r=-0,47$, $p=0,03$). Os resultados sugerem que FC em exercício, mas não os índices de VFC estão correlacionados com o desempenho anaeróbico de atletas de BJJ.

Palavras-chave: Artes marciais, desempenho, variabilidade da frequência cardíaca.

4.1 Introdução

O Brazilian Jiu-jitsu (BJJ) é um esporte de combate no qual os esforços realizados durante as lutas têm características intermitentes, com o predomínio de ações de contração isométrica de alta intensidade, que demandam o metabolismo anaeróbio durante os momentos de ataque, contra-ataque e defesa, que ocorrem principalmente entre os minutos 2 e 5 de luta (3-5, 12). A análise de lutas oficiais sugere que o metabolismo glicolítico seja ativado durante o combate, em intervalos de esforço:pausa de 8:1, e intervalos de ações de baixa para alta intensidade (1:8) (2, 3, 12). O tempo de pausa e de ações de baixa intensidade podem não ser suficientes para que ocorra a ressíntese de fosfocreatina. Por isso, o metabolismo aeróbio também pode ser um componente importante, sendo necessário para manter a alta intensidade das ações de luta promovendo a rápida recuperação do metabolismo energético por meio da ressíntese de fosfocreatina nos momentos de pausa e ações de baixa intensidade (2, 12). Porém, em combates simulados sucessivos, foi observado que atletas de BJJ, a despeito da alta demanda física, não apresentaram alterações dos intervalos de esforço:pausa, ações técnico-táticas e percepções de esforço e recuperação, força e potência de membros superiores e inferiores, em três ou quatro lutas sucessivas (3, 12). Estes resultados sugerem que atletas de BJJ apresentam grande capacidade de recuperação durante os intervalos de pausa e ou em ações de baixa intensidade.

A adaptação positiva às cargas de treino em atletas de BJJ e a recuperação após exercício podem estar associadas ao aumento do tônus parassimpático em repouso e a rápida recuperação da FC nos momentos de pausa. Em modalidades esportivas de *endurance* ou de força e potência, a rápida reativação parassimpática pós-exercício e a melhor modulação dos índices fisiológicos de balanço simpátovagal do sistema nervoso autônomo estão associados com a resistência a fadiga em exercícios intermitentes de alta intensidade e ao aumento do desempenho físico (7, 9, 10, 13). O balanço simpátovagal pode ser estimado por medidas não invasivas de variabilidade da frequência cardíaca (VFC), com o uso de cardiofrequencímetros portáteis, realizando análises das variações entre os intervalos R-R sucessivos da FC (9). Estudos realizados com atletas de judô demonstraram que alta atividade vagal e de regulação global do balanço simpátovagal estão positivamente correlacionados com o desempenho em testes específicos da modalidade (8, 11). Em um dos estudos,

o índice normalizado de atividade parassimpática de alta frequência (LnHF) demonstrou correlação positiva com a recuperação da FC entre os intervalos do *Special Judo Fitness Test* (11). Adicionalmente, o aumento do desempenho em um teste submáximo intermitente, demonstrou correlação positiva ($r = 0,61$) com a ΔFC alcançada em séries sucessivas e os índices de modulação parassimpática da VFC (8). Estes resultados sugerem que a VFC pode ser uma ferramenta útil no monitoramento das respostas ao treinamento e na recuperação de atletas de modalidade combate, incluindo esforços repetidos de natureza anaeróbica mista durante e entre lutas (18).

A FC pode aumentar em poucos segundos durante exercícios de alta intensidade, em decorrência do reflexo de inibição vagal e o aumento da atividade simpática. No entanto, a rápida recuperação da FC e a alta modulação parassimpática podem estar associadas a capacidade de manter o desempenho em esforços intermitentes de natureza anaeróbica (9). Um estudo com atletas de BJJ, que realizaram um teste incremental em esteira até a exaustão, demonstrou aqueles que apresentavam maior carga de treino semanal apresentaram uma reativação parassimpática e da FC mais rápida após o exercício (17). Ainda, atletas de BJJ podem apresentar altos índices de modulação da VFC em repouso e durante lutas simuladas sucessivas, além de resistência a fadiga (4). Neste sentido, atletas de BJJ com maior VFC em repouso poderiam apresentar uma melhor recuperação entre os intervalos de esforços de luta, o que pode ser importante para o sucesso competitivo durante a luta ou na recuperação para lutas subsequentes. No entanto, a relação entre a VFC e o desempenho em esforços anaeróbicos intermitentes, característicos do combate de BJJ, ainda não está estabelecido.

Considerando que a VFC de repouso e a recuperação da FC em intervalos de esforços de alta intensidade podem estar associados ao maior desempenho físico, o objetivo deste trabalho foi associar os índices de VFC com o desempenho em um teste específico anaeróbico para atletas de *Brazilian Jiu-jitsu*. A hipótese de estudo é que uma maior atividade parassimpática e melhor balanço simpátovagal estão associados com o desempenho físico anaeróbico de atletas de BJJ.

4.2 Material e métodos

Abordagem experimental do problema

Os esforços de alta intensidade anaeróbica do BJJ são intercalados por períodos de recuperação onde a reativação parassimpática pode ter um papel importante. Para testar a hipótese de estudo, 20 atletas de BJJ foram submetidos ao Teste Específicos de Desempenho Anaeróbico de BJJ (JJAPT) (22), que simula as demandas metabólicas e físicas do combate de BJJ, impondo esforços supra máximos anaeróbicos intermitentes. A VFC foi avaliada em repouso, para determinação dos índices de modulação autonômica no domínio do tempo e da frequência e análises não-lineares. Os atletas foram submetidos ao teste de JJAPT e a FC de repouso antes do teste, a FC máxima em cada série, e a Recuperação da FC entre séries e após a última série foi registrada. O desempenho no teste foi avaliado considerando o número de repetições, a queda de desempenho entre séries e o índice de fadiga. Os dados permitiram identificar a correlação entre a FC em teste e os índices de VFC em repouso, com o desempenho no teste e recuperação da FC (indicador de reativação parassimpática) entre séries do teste JJAPT.

Participantes

Participaram do estudo 20 atletas do sexo masculino, praticantes de BJJ com idade média $32,6 \pm 7,3$ anos. Para serem incluídos no estudo, os atletas deveriam treinar BJJ regularmente, 5 vezes por semana, 60 a 120 minutos diários, nos últimos 12 meses. Os atletas deveriam ter participado de pelo menos um evento competitivo de nível nacional, nos últimos 12 meses. Os atletas que fizeram uso de drogas anti-inflamatórias, recursos ergogênicos, e apresentaram lesões musculoesqueléticas ou doenças que impediram a realização das sessões de testes não foram incluídos na análise final do estudo. Todos os participantes foram esclarecidos sobre os objetivos e procedimentos do estudo e assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido antes do início do estudo. Os procedimentos da pesquisa seguiram os preceitos éticos da Declaração de Helsinki e foram aprovados pelo comitê de Ética em Pesquisa envolvendo Seres Humanos da Universidade Estadual de Londrina (n. 2.136.097).

Delineamento experimental

O estudo foi conduzido sob delineamento observacional transversal com o objetivo de determinar os índices de VFC e sua associação com o desempenho e a recuperação da FC no teste JJAPT. A coleta de dados foi realizada entre os meses de outubro e dezembro de 2018, na academia onde os atletas treinavam regularmente. Os atletas foram recrutados por contato direto, durante as sessões de treino.

Na primeira sessão de avaliação, os atletas foram orientados a não ingerirem bebidas alcoólicas, cafeína ou realizar exercícios intensos, nas 24 horas antecedentes a coleta de dados inicial. Os atletas foram submetidos a mensuração do peso corporal e estatura, foram coletados dados em relação a idade, tempo de prática do esporte, categoria de peso, graduação e tempo de treino semanal. Subseqüentemente, foi acoplado ao peito dos atletas um cardiofrequencímetro para coleta da FC cardíaca em repouso e em seguida os atletas foram submetidos a 10 minutos de aquecimento padronizado (corrida em baixa intensidade, rolamentos e agachamentos) e familiarizados com o teste específico de desempenho anaeróbico do BJJ (JJAPT).

Após 7 dias, os participantes retornaram a academia para realização da segunda sessão de estudo, seguindo a mesma padronização da familiarização. Foram coletadas novamente as medidas de FC em repouso e a seguir foram submetidos a um aquecimento de 10 minutos e submetidos ao teste de JJAPT (figura 1). Medidas de FC foram coletadas em exercício e durante os intervalos de séries, e após a última série do teste.

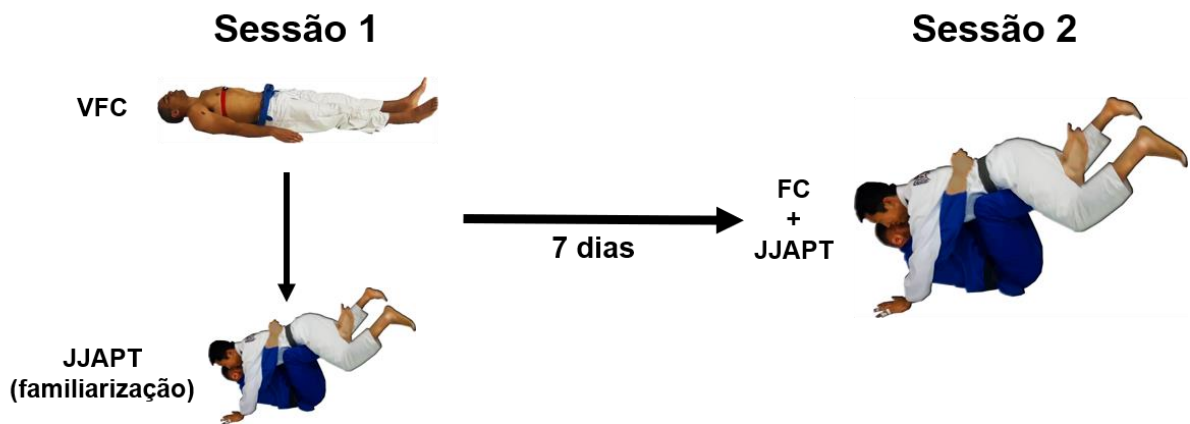


Figura 1. Delineamento experimental do estudo. VFC: Variabilidade da Frequência Cardíaca; JJAPT: Teste Específico de Desempenho Anaeróbico de Jiu-jitsu; FC: Frequência Cardíaca.

Antropometria

Para mensuração da massa corporal foi utilizada uma balança (OMRON modelo HBF - 514C, São Paulo, Brasil). A estatura, em centímetros, foi aferida em um estadiômetro (Sanny ES2040, American medical do Brasil, São Paulo, Brasil), escalonado em 0,1 cm. A categoria de peso foi estabelecida pela massa corporal, segundo os critérios da Confederação Brasileira de Jiu-jitsu (IBJJF).

Análise da Frequência Cardíaca e da Variabilidade da Frequência Cardíaca

Os registros de FC para análise de VFC e análise de FC em repouso previamente a sessão de teste, imediatamente antes da sessão de teste e durante o teste JJAPT foram realizados com o uso de um cardiofrequencímetro portátil (POLAR®, modelo V800 - Kempele, Finlândia). A FC em repouso e avaliada previamente e na mesma sessão de teste apresentaram coeficiente de correlação intraclasse foi de 0,91.

A análise da VFC foi realizada antes do início do período de testes, com um período mínimo de 24 horas sem realização de exercícios físicos. Os atletas foram mantidos em posição supina no tatame, em ambiente silencioso, em repouso e com o mínimo de movimentação possível, durante 10-15 minutos para registro da FC. A FC em repouso foi mensurada batimento-a-batimento e os registros foram coletados com frequência de amostragem de 1.000 Hz. Os registros dos intervalos R-R foram filtrados

com filtro baixo, para eliminar possíveis ruídos provenientes de batimentos ectópicos ou erros de leitura do aparelho na ordem de 20 bpm, sendo que o percentual de correção dos intervalos R-R não deveria ultrapassar 2%. Batimentos ectópicos não eliminados pelo filtro foram inspecionados visualmente e eliminados manualmente, com a interpolação dos intervalos adjacentes. Os cinco primeiros minutos de registro foram descartados e os 5 minutos finais foram suavizados a (500λ) . Este procedimento foi realizado por meio do *software* Kubios HRV versão 3.1.0 (Kubios Ou, Universidade de Kuopio, Finlândia) (21).

Na análise linear do domínio do tempo, foram extraídos os índices de rMSSD (raiz quadrada da média das diferenças sucessivas ao quadrado, entre intervalos R-R adjacentes), SDNN (desvio padrão dos intervalos R-R normais) e pNN50 (porcentagem de intervalos R-R que ultrapassam 50ms). O rMSSD foi considerado um indicador parassimpático e o SDNN um indicador global autonômico da VFC (1, 19).

Para análise do domínio da frequência, os dados foram interpolados a uma frequência cúbica de 2 Hz em séries corrigidas de intervalos normais, sendo utilizada a transformação rápida de Fourier pela janela de Welch para estimar a densidade espectral. Foram estimados os componentes de baixa frequência (LF: 0,04 – 0,15 Hz) como indicador simpático e parassimpático, e de alta frequência (HF: 0,15 – 0,4 Hz) como indicador parassimpático. Os componentes LF e HF foram expressos em valores absolutos (ms^2), em unidades normalizadas (u.n.) e valores percentuais. O balanço simpatovagal foi expresso pela razão entre eles os componentes LF e HF (razão LF/HF)(1, 19).

Os índices não lineares da VFC foram calculados por meio da análise de dispersão de Poincaré, identificando o desvio padrão perpendicular da linha de identidade do gráfico (SD1), o desvio padrão ao longo da linha de identidade (SD2), como índices de atividade vagal e simpática, respectivamente. A razão SD1/SD2 foi utilizada como índice de balanço autonômico (1, 19).

A FC em repouso (FC_{rep}) foi avaliada 15 minutos antes da realização do teste JJAPT, num registro de 5 minutos na posição supina. Durante cada série do teste, a FC foi registrada batimento-a-batimento para determinação da FC pico (FC_{pico}) por série. A FC final do intervalo de recuperação (FC_{rec}) foi determinada pela média da FC nos últimos 5 s do intervalo de recuperação entre as séries e entre 40-45 segundos após a última série (Pós). A recuperação da FC (RFC) nos intervalos do exercício foi

determinada pela subtração do valor da FC_{pico} da série anterior e FC_{rec} em cada intervalo de recuperação entre as séries. A variação máxima da FC no teste (ΔFC) foi determinada pela diferença entre a maior FC_{pico} entre as séries e a FC_{rep} .

Teste de específico de desempenho anaeróbico do Jiu-jitsu

Foi utilizado o teste JJAPT, conforme o protocolo proposto por Villar e colaboradores (2018). O teste consiste na execução de uma técnica de raspagem no solo, comum no BJJ, em 5 séries de 1 minuto com intervalos de 45 segundos entre as séries (22). Cada atleta foi familiarizado previamente para realizar o teste. Para realização da sessão de teste, os atletas foram pareados por graduação e categoria de peso. Os atletas que participaram da sessão como auxiliares do sujeito testado não realizaram o teste na mesma sessão.

O teste foi realizado com encorajamento verbal. Foi computado o número de repetições do movimento em cada série do teste e o total de repetições. O índice de fadiga foi determinado pela diminuição percentual de repetições entre a série com maior e menor número de repetições. O *power drop* foi determinado pela redução do número de repetições da primeira para a quinta série. Todos os testes foram registrados com câmeras (*GoPro Hero 7*, San Mateo, EUA) posicionadas a aproximadamente 2 metros do sujeitos, durante os testes, e avaliados por dois observadores independentes, com coeficiente de concordância de kappa igual a 1.0.

Análise estatística

O tamanho da amostra foi calculado com base na FC final do teste de JJAPT reportada por Villar e colaboradores (2018). Para obtenção do poder estatístico de 80%, aceitando um erro relativo de 2% e erro tipo alfa máximo de 5%, em uma população finita (aproximadamente 30 atletas), o número mínimo de sujeitos para análise foi 18. Considerando 20% ou mais de perdas, 24 atletas foram incluídos no estudo.

Para a verificação da normalidade foi utilizado o teste de *Shapiro-Wilk*. Os dados foram apresentados em média e desvio padrão e em mediana com intervalo interquartil de 25 a 75 da distribuição. Para comparação dos valores foi utilizada a ANOVA *one way* para medidas repetidas. Sendo o valor de *F* significativo foi utilizado

teste *post hoc* de Bonferroni. A Análise de Regressão Linear Multivariada foi utilizada para determinar a associação das variáveis independentes de estudo com o número total de repetições. A análise de colinearidade entre as variáveis preditoras foi realizada com o fator de inflação da variância. As variáveis foram inseridas no modelo de regressão por meio de uma abordagem do tipo *stepwise*, e aquelas que apresentaram significância estatística foram adicionadas ao modelo de regressão ajustado para determinação do coeficiente de determinação (r^2). As variáveis preditoras com significância na Análise de Regressão foram submetidas ao teste de correlação de postos de *Spearman* (dados não-paramétricos). O nível de significância aceito para as análises foi de $p < 0,05$.

4.3 Resultados

Vinte e quatro atletas de BJJ voluntariaram-se para participar do estudo. Destes, foram excluídos três (12,5%) atletas que não realizaram o teste de esforço e um que tinha menos de um ano de experiência de treinamento de BJJ. Portanto, vinte lutadores foram incluídos nas análises do estudo. As características dos participantes são apresentadas na tabela 1.

Tabela 1. Características gerais dos atletas.

Características gerais	Média ± desvio padrão
Idade (anos)	32,4 ± 8,4
Estatura (m)	1,76 ± 0,7
Massa corporal (Kg)	82,6 ± 12,6
Tempo de prática (anos)	6,4 ± 7,3
Tempo de treino semanal (minutos/semana)	600 minutos
Categorias de peso	N (%)
Pluma	01 (05%)
Pena	01 (05%)
Leve	05 (25%)
Médio	04 (20%)
Meio-pesado	04 (20%)
Pesado	02 (10%)
Superpesado	01 (05%)
Pesadíssimo	02 (10%)
Graduação	N (%)
Branca	04 (20%)
Azul	06 (30%)
Roxa	01 (05%)
Marrom	01 (05%)
Preta	08 (40%)

A análise de FC_{rep} , Intervalos R-R em repouso ($RR_{médio}$) e índices de domínios do tempo e frequência, e análises não-lineares da VFC em repouso estão demonstrados na tabela 2.

Tabela 2. Média e desvio padrão das variáveis de domínio de tempo e frequência da VFC em repouso dos atletas de BJJ.

FC de repouso	Média e DP	Mediana [quartis 25 a 75%]	Mínimo - máximo
FC_{rep} (bpm)	70,4 ± 6,1	71,0 [67,0-73,0]	55,0 – 80,6
$RR_{médio}$ (ms)	871,1 ± 101,7	844,2 [816,0 - 892,4]	744,3 – 1158,0
FC durante o teste			
FC_{pico} (bpm)	186,4 ± 13,5	182,6 [175,0 – 193,0]	170,8 – 278,8
ΔFC	113,8 ± 19,1	108,5 [100,7 – 120,2]	88,9 – 159,7
Domínio do tempo			
SDNN (ms)	44,0 ± 28,9	32,9 [26,5 – 50,4]	19,1 – 146,2
rMSSD (ms)	42,3 ± 34,9	32,8 [29,4 – 38,8]	15,4 – 140,9
Ln rMSSD	3,5 ± 0,6	3,4 [3,0 – 3,7]	2,7 – 4,9
Ln rMSSD:RR	0,004 ± 0,0006	0,004 [0,003 – 0,004]	0,003 – 0,005
pNN50 (ms)	14,8 ± 15,5	10,0 [1,9 – 20,6]	0,54 – 50,0
Domínio de frequência			
LF (ms ²)	1010,1 ± 1478,0	559,0 [307,9 – 1006,1]	94,5 – 6853,0
HF (ms ²)	1113,2 ± 2399,0	344,3 [142,3 – 838,0]	78,2 – 10895,0
LF (%)	57,8 ± 20,5	53,5 [40,9 – 78,1]	16,6 – 85,7
HF (%)	35,7 ± 19,7	35,6 [15,4 – 54,7]	11,3 – 75,4
LF (u.n.)	61,1 ± 20,6	57,7 [41,4 – 80,9]	18,0 – 88,2
HF (u.n.)	38,3 ± 20,9	40,6 [15,9 – 57,0]	11,7 – 81,9
LF/HF	2,7 ± 2,3	1,4 [0,7 – 4,2]	0,2 – 7,5
Índices não lineares			
SD1	29,8 ± 24,7	23,2 [13,7 – 24,6]	10,9 – 99,8
SD2	52,4 ± 34,0	41,8 [35,3 – 58,5]	24,7 – 186,6
SD2/SD1	2,0 ± 0,6	2,0 [1,5 – 2,6]	0,7 – 2,8

FC_{rep} : frequência cardíaca média em repouso; $RR_{médio}$: intervalo R-R médio; FC_{pico} : máxima FC obtida no teste JJAPT; ΔFC : diferença entre a FC_{pico} e FC_{rep} ; SDNN: desvio padrão de todos os intervalos RR; rMSSD: raiz quadrada da média do quadrado das diferenças entre intervalos RR; Ln rMSSD: logaritmo natural de rMSSD; Ln rMSSD:RR: logaritmo natural de rMSSD normalizado pelo intervalo $RR_{médio}$; pNN50: porcentagem dos intervalos RR adjacentes com diferença de duração maior que 50ms; LF: frequência baixa; HF: frequência alta; LF/HF: razão LF/HF; bpm: batimentos por minuto; ms: milissegundo; ms²: milissegundo ao quadrado; u.n. unidade normalizada. SD1: desvio padrão perpendicular à linha de identidade da análise de Poincaré; SD2: desvio padrão ao longo da linha de identidade da análise de Poincaré.

O número médio de repetições totais no JJAPT foi de $81,3 \pm 7,6$, sendo que o número de repetições executadas na terceira, quarta e quinta séries foi menor em relação à primeira série ($p < 0,05$; figura 2a). A FC_{pico} na terceira, quarta e quinta séries foi maior quando comparada à primeira série ($p < 0,05$; figura 2b). A média da FC_{rec} foi maior nos intervalos 3, 4 e após o teste (Figura 2c). Por outro lado, não houve diferença na RFC nos intervalos de recuperação ao longo do teste ($p > 0,05$; figura 2d).

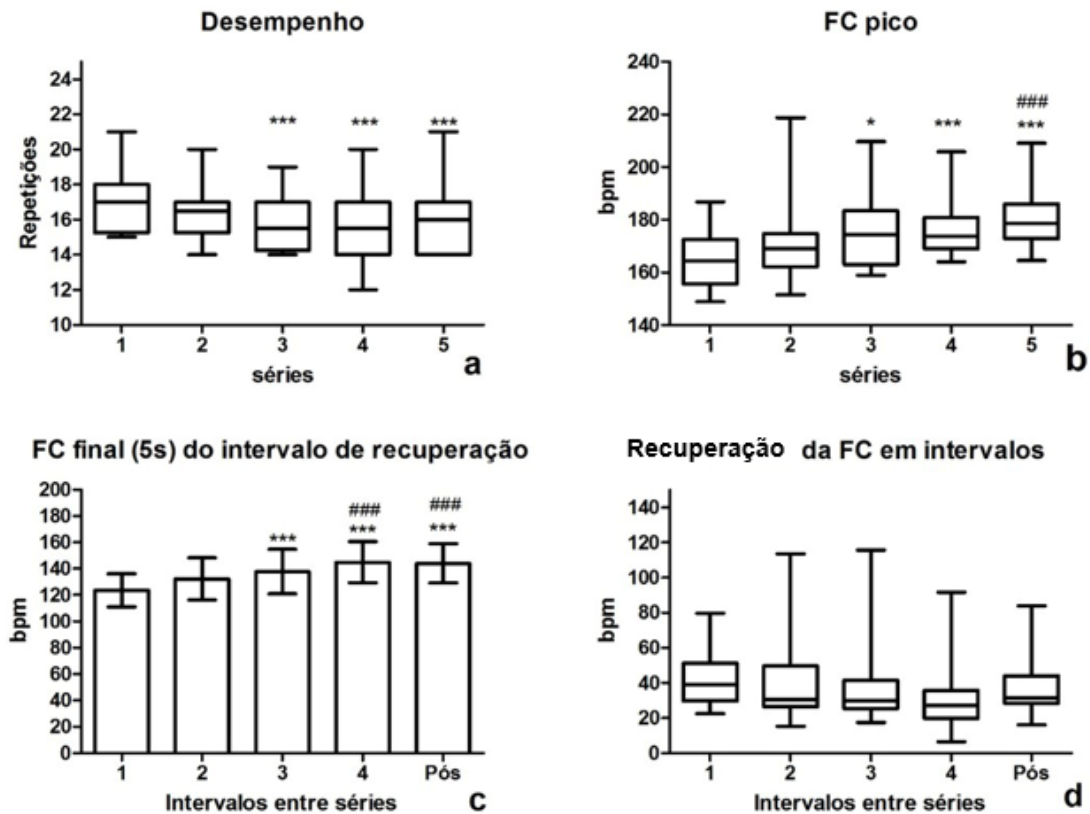


Figura 2. Desempenho no teste específico de desempenho anaeróbico do BJJ e comportamento da FC durante e após o teste. a) Mediana e intervalo interquartil (25^a 75%) do desempenho: número de repetições por série de 1 minuto de exercício. b) Mediana da frequência cardíaca pico por série do teste. c) Média da FC nos 5 segundos finais do intervalo 45 segundos de recuperação e após 45 segundos de finalização do teste. d) Mediana da recuperação da frequência cardíaca nos intervalos entre as séries e após 45 segundos de finalização de teste (Pós) do término do teste. ** $p < 0,01$, *** $p < 0,005$ em relação a primeira série; ### $p < 0,005$, em relação a segunda série (teste ANOVA de medidas repetidas com *post hoc* de Bonferroni) o teste de Friedman com *post hoc* de Dunn).

A análise de regressão linear multivariada demonstrou que o desempenho final no teste JJAPT (número total de repetições) apresentou associação com o IMC, ΔFC , RFC nos intervalos 4 e 5, SDNN, rMSSD, LF (u.n.), HF (u.n.) e balanço SD2/SD1 (tabela 3). Os valores Ln rMSSD, Ln rMSSD:RR, SD1, SD2 não foram incluídos na matriz por apresentarem colinearidade com a rMSSD e LF (u.n.).

nos intervalos 4 e 5 apresentou correlação negativa moderada com o total de repetições.

Tabela 4. Índices de domínio de tempo e frequência da VFC correlacionados com o Índice de fadiga, *power drop* e desempenho no teste.

Índices de desempenho			
	Índice de Fadiga	<i>Power drop</i>	Total de repetições
FC_{rep}	r = 0,14 (p=0,54)	r = 0,16 (p = 0,48)	r = - 0,18 (p = 0,42)
IMC	r = 0,47 (p=0,03) *	r = - 0,36 (p = 0,11)	r = - 0,50 (p = 0,02) *
FC_{PICO}	r = 0,30 (p=0,18)	r = - 0,17 (p = 0,46)	r = - 0,47 (p = 0,03) *
ΔFC	r = 0,43 (p=0,05) *	r = - 0,37 (p = 0,17)	r = - 0,49 (p = 0,02) *
SDNN (ms)	r = 0,26 (p = 0,25)	r = - 0,29 (p = 0,24)	r = - 0,01 (p = 0,94)
rMSSD (ms)	r = 0,14 (p = 0,55)	r = - 0,13 (p = 0,57)	r = 0,06 (p = 0,78)
Ln rMSSD	r = 0,06 (p = 0,72)	r = - 0,06 (p = 0,77)	r = 0,35 (p = 0,12)
Lm rMSSD: RR	r = 0,25 (p = 0,29)	r = - 0,04 (p = 0,84)	r = 0,35 (p = 0,12)
HF (u.n.)	r = 0,01 (p = 0,94)	r = - 0,50 (p = 0,02) *	r = - 0,13 (p = 0,89)
LF (u.n.)	r = - 0,01 (p = 0,94)	r = 0,00 (p = 0,98)	r = 0,11 (p = 0,63)
SD2/SD1	r = 0,01 (p = 0,96)	r = 0,00 (p = 0,98)	r = - 0,02 (p = 0,91)
RFC₄	r = 0,32 (p = 0,15)	r = - 0,24 (p = 0,29)	r = - 0,44 (p = 0,04) *
RFC₅	r = - 0,21 (p = 0,36)	r = - 0,14 (p = 0,53)	r = - 0,48 (p = 0,03) *

FC_{rep}: frequência cardíaca de repouso; FC_{pico}: frequência cardíaca máxima obtida durante o teste JJAPT; ΔFC: diferença entre a frequência cardíaca de repouso e frequência cardíaca pico alcançada no teste JJAPT; SDNN: desvio padrão de todos os intervalos RR; rMSSD: raiz quadrada da média do quadrado das diferenças entre intervalos RR; Ln rMSSD: logaritmo natural de rMSSD; Ln rMSSD:RR: logaritmo natural de rMSSD normalizado pelo intervalo RR_{médio}; pNN50: porcentagem dos intervalos RR adjacentes com diferença de duração maior que 50ms; SD1: desvio-padrão da variabilidade instantânea batimento-a-batimento; SD2: desvio-padrão a longo prazo de intervalos R-R contínuos; SD2/SD1: razão SD2/SD1; LF: frequência baixa; HF: frequência alta; LF/HF: razão LF/HF; bpm: batimentos por minuto; ms: milissegundo; ms²: milissegundo ao quadrado; u.n.: unidade normalizada.

Fonte: próprio autor

Foram encontradas correlações fracas e não significativas estatisticamente entre a idade (P>0,05), massa corporal (P> 0,05) e tempo de prática (P>0,05) e as variáveis de FC e VFC.

4.4 Discussão

Os principais achados do estudo demonstram que os índices de VFC parecem contribuir para o aumento do desempenho no teste JJAPT, porém isoladamente não apresentam correlação direta com o desempenho. A FC_{pico} alcançada durante o teste JJAPT, a capacidade de recuperar a FC nos intervalos finais do exercício (RFC) e o balanço simpatovagal estão associados com o desempenho anaeróbico de atletas de BJJ. O desempenho no teste observado no presente estudo é similar ao observado por Villar et al. (2018). O teste JJAPT foi utilizado por ter sido previamente validado, correspondendo a demanda glicolítica semelhante a luta simulada, porém alcançando valores de FC inferiores ao observado em lutas simuladas (22). Além do número de repetições total e por série, o índice de fadiga e o *power drop* foram calculados como medidas individualizadas de queda de rendimento durante a execução do exercício, uma vez que os atletas poderiam apresentar um desempenho (número total de repetições) inferior, porém sem uma redução significativa do número de repetições por séries. Os resultados demonstram que aqueles sujeitos com maior atividade vagal pelo índice HF, parecem ter uma sequência de repetições com menor queda de rendimento (*power drop*) entre séries. Por outro lado, o maior número total de repetições parece estar associado a melhor adaptação aeróbica (FC_{pico} e ΔFC) durante o esforço e a capacidade de RFC nos últimos intervalos do teste, ou seja, quanto menor a FC_{pico} , menor foi a necessidade de RFC subsequente.

A variação da FC em exercício é um indicador de adaptação cardiorrespiratória e intensidade do exercício físico, sendo que a redução da FC_{pico} está correlacionada com o aumento do desempenho em exercícios de alta intensidade (9, 10). Entre os índices investigados, a FC_{pico} e a ΔFC demonstraram correlação negativa com o desempenho no teste. Em atletas amadores de corrida, o aumento da FC_{pico} em teste incremental apresenta correlação negativa com a velocidade pico e índice de desempenho dos sujeitos (14). Em atletas de futebol, o aumento do desempenho em testes de *sprints* repetidos foi melhor nos atletas que apresentaram redução da FC em exercício após um período de treinamento (10). As medidas de FC em exercício, incluindo a FC_{pico} , parecem ser sensíveis indicadoras de adaptação ao treino aeróbico (7, 9, 10) e parecem contribuir com o aumento do desempenho em um exercício intermitente em atletas de BJJ.

A capacidade de recuperação entre *bouts* de exercícios anaeróbicos parece ser um fator determinante de desempenho em atletas que realizam atividades intermitentes de alta intensidade ou de *endurance* (10, 15, 20). No presente estudo, a RFC aumentada nos intervalos entre as duas últimas séries de exercício, além da RFC final, apresentaram correlação com o aumento do número de repetições. Mas, a RFC pode não ter uma associação direta com a FC_{pico} , constituindo marcadores independentes do desempenho, dependendo do tipo de esforço aplicado. Por exemplo, o desempenho e a capacidade de RFC entre intervalos de esforços anaeróbicos máximos não apresentou relação direta com a FC_{pico} em atletas de modalidades de *endurance* submetidos a um protocolo de treinamento intervalado de alta intensidade (20). Estudos em atletas de *endurance* submetidos a períodos de sobrecarga também demonstrou que a RFC após um esforço anaeróbico máximo apresentou correlação negativa com o desempenho e FC_{pico} durante o teste (6). Estes resultados sugerem que o uso da RFC como parâmetro de capacidade de recuperação e aumento do desempenho devem ser vistos com cautela, levando em consideração a fase de treinamento dos atletas e sinais de sobre-treinamento. No presente estudo, os atletas estavam em período regular de treino, sem imposição de cargas de treino físico altas. Além disso, todos os atletas foram pareados por volume de treino semanal e seguiam rotinas de treino semelhantes.

Altos valores de VFC são indicativos de boa aptidão cardiovascular e as variáveis rMSSD, HF e SD1 são índices com relação direta com a modulação parassimpática em atletas (1, 7, 9). Os valores reportados para os índices do domínio do tempo foram menores, embora os índices do domínio da frequência tenham sido semelhantes, em relação aos reportados na literatura para atletas de BJJ (4). No entanto, o presente estudo investigou sujeitos com diferentes tempos de experiência, graduações e categorias de peso, o que pode ter influenciado os índices de VFC no domínio do tempo. A ampla diferença de idade e peso entre os sujeitos avaliados pode ter influenciado os índices no domínio do tempo e da frequência (19).

No presente estudo, o desempenho apresentou associação com a RFC e apresentou associação com os índices de VFC em repouso. Porém apenas a HF apresentou associação com um dos índices de desempenho, sugerindo que as medidas de VFC isoladamente não são boas preditoras de desempenho anaeróbico em esforços intermitentes de atletas de BJJ. Um estudo em praticantes de modalidades de treinamento misto indicou que os índices lineares clássicos, baseados

na análise de tempo e frequência, da VFC podem não apresentarem associação significativa com o desempenho em exercícios que consistem em realizar o máximo de repetições por intervalo de tempo (16).

Os resultados do estudo sugerem que as medidas de FC em exercício e intervalos de recuperação são melhores preditoras do desempenho anaeróbicos de atletas de BJJ. No entanto, a aplicabilidade da medida de VFC como indicador do desempenho deverá ser avaliada em condições de lutas simuladas, onde a diferença entre os esforços e pausas da luta, bem como os intervalos entre lutas, permitirão determinar o efeito da regulação autonômicos em situações onde os esforços anaeróbicos e aeróbicos são requeridos.

4.5 Conclusão

Verificou-se que as variáveis FC_{pico} , ΔFC e RFC estão correlacionadas com o desempenho anaeróbico de atletas de BJJ. Porém, o uso de índices lineares e não lineares da VFC deve ser visto com cautela, uma vez que apresentaram uma associação geral com o desempenho anaeróbico, mas apenas o HF apresentou correlação moderada com a queda de rendimento durante o teste.

A análise de VFC parece não representar a capacidade de realização de esforços predominantemente anaeróbios em atletas de BJJ, sendo que avaliação da FC_{pico} parece estar correlacionada com o desempenho anaeróbio.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES – Brasil) pelo apoio ao desenvolvimento do projeto, envolvendo alunos de mestrado e doutorado. Os autores agradecem a Academia Magoo BJJ (Londrina, Brasil) e ao mestre Vinícius Modernel Canevari por disponibilizar a academia e atletas para a realização do estudo.

Referências

1. Heart rate variability: standards of measurement, physiological interpretation and clinical use. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. *Circulation* 93: 1043-1065, 1996.
2. Andreato LV, Franchini E, de Moraes SM, Pastorio JJ, da Silva DF, Esteves JV, Branco BH, Romero PV, and Machado FA. Physiological and Technical-tactical Analysis in Brazilian Jiu-jitsu Competition. *Asian J Sports Med* 4: 137-143, 2013.
3. Andreato LV, Julio UF, Goncalves Panissa VL, Del Conti Esteves JV, Hardt F, Franzoi de Moraes SM, Oliveira de Souza C, and Franchini E. Brazilian Jiu-Jitsu Simulated Competition Part II: Physical Performance, Time-Motion, Technical-Tactical Analyses, and Perceptual Responses. *J Strength Cond Res* 29: 2015-2025, 2015.
4. Andreato LV, Julio UF, Panissa VL, Esteves JV, Hardt F, de Moraes SM, de Souza CO, and Franchini E. Brazilian Jiu-Jitsu Simulated Competition Part I: Metabolic, Hormonal, Cellular Damage, and Heart Rate Responses. *J Strength Cond Res* 29: 2538-2549, 2015.
5. Andreato LV, Lara FJD, Andrade A, and Branco BHM. Physical and Physiological Profiles of Brazilian Jiu-Jitsu Athletes: a Systematic Review. *Sports Med Open* 3: 9, 2017.
6. Aubry A, Hausswirth C, Louis J, Coutts AJ, Buchheit M, and Le Meur Y. The Development of Functional Overreaching Is Associated with a Faster Heart Rate Recovery in Endurance Athletes. *PLoS One* 10: e0139754, 2015.
7. Bellenger CR, Fuller JT, Thomson RL, Davison K, Robertson EY, and Buckley JD. Monitoring Athletic Training Status Through Autonomic Heart Rate Regulation: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Med* 46: 1461-1486, 2016.
8. Blasco-Lafarga C, Martinez-Navarro I, and Mateo-March M. Is baseline cardiac autonomic modulation related to performance and physiological responses following a supramaximal Judo test? *PLoS One* 8: e78584, 2013.
9. Buchheit M. Monitoring training status with HR measures: do all roads lead to Rome? *Front Physiol* 5: 73, 2014.
10. Buchheit M, Simpson MB, Al Haddad H, Bourdon PC, and Mendez-Villanueva A. Monitoring changes in physical performance with heart rate measures in young soccer players. *Eur J Appl Physiol* 112: 711-723, 2012.
11. Campos BT, Penna EM, Rodrigues JGS, Diniz M, Mendes TT, Filho AFC, Franchini E, Nakamura FY, and Prado LS. Influence of Autonomic Control on the Specific Intermittent Performance of Judo Athletes. *J Hum Kinet* 64: 99-109, 2018.
12. da Silva BV, Ide BN, de Moura Simim MA, Marocolo M, and da Mota GR. Neuromuscular responses to simulated brazilian jiu-jitsu fights. *J Hum Kinet* 44: 249-257, 2014.
13. da Silva VP, de Oliveira NA, Silveira H, Mello RG, and Deslandes AC. Heart rate variability indexes as a marker of chronic adaptation in athletes: a systematic review. *Ann Noninvasive Electrocardiol* 20: 108-118, 2015.

14. Etxegarai U, Insunza A, Larruskain J, Santos-Concejero J, Gil SM, Portillo E, and Irazusta J. Prediction of performance by heart rate-derived parameters in recreational runners. *J Sports Sci* 36: 2129-2137, 2018.
15. Feito Y, Giardina MJ, Butcher S, and Mangine GT. Repeated anaerobic tests predict performance among a group of advanced CrossFit-trained athletes. *Appl Physiol Nutr Metab* 44: 727-735, 2019.
16. Figueiredo R, Pereira R, and Neto OP. Nonlinear analysis is the most suitable method to detect changes in heart autonomic control after exercise of different durations. *Comput Biol Med* 97: 83-88, 2018.
17. Henriquez OC, Baez SM, Von Oetinger A, Canas JR, and Ramirez CR. Autonomic control of heart rate after exercise in trained wrestlers. *Biol Sport* 30: 111-115, 2013.
18. Julio UF, Panissa VLG, Esteves JV, Cury RL, Agostinho MF, and Franchini E. Energy-System Contributions to Simulated Judo Matches. *Int J Sports Physiol Perform* 12: 676-683, 2017.
19. Shaffer F and Ginsberg JP. An Overview of Heart Rate Variability Metrics and Norms. *Front Public Health* 5: 258, 2017.
20. Stoggl TL and Bjorklund G. High Intensity Interval Training Leads to Greater Improvements in Acute Heart Rate Recovery and Anaerobic Power as High Volume Low Intensity Training. *Front Physiol* 8: 562, 2017.
21. Tarvainen MP, Niskanen JP, Lipponen JA, Ranta-Aho PO, and Karjalainen PA. Kubios HRV--heart rate variability analysis software. *Comput Methods Programs Biomed* 113: 210-220, 2014.
22. Villar R, Gillis J, Santana G, Pinheiro DS, and Almeida A. Association Between Anaerobic Metabolic Demands During Simulated Brazilian Jiu-Jitsu Combat and Specific Jiu-Jitsu Anaerobic Performance Test. *J Strength Cond Res* 32: 432-440, 2018.