

# Associações entre a variabilidade da frequência cardíaca 24-horas e a aptidão aeróbia em jogadoras de futebol durante a pré-época

## Autores

Júlio Alejandro Henriques da Costa<sup>1,2</sup>; João Brito<sup>2</sup>; Fábio Y. Nakamura<sup>3,4</sup>; Hélder Soares<sup>5</sup>; António Rebelo<sup>1</sup>

[jahdc@hotmail.com](mailto:jahdc@hotmail.com)

## Resumo

**Objetivo:** O objetivo do estudo foi investigar: 1) mudanças na variabilidade da frequência cardíaca (VFC) durante 24h; 2) a aptidão aeróbia e 3) as associações entre VFC e aptidão aeróbia, em atletas do futebol feminino durante o período da pré-época. **Métodos:** Dezasseis atletas foram avaliadas (VFC [24h] e YOYO-teste de recuperação intermitente, nível 1 ([YYIR1]) antes e após quatro semanas da pré-época. A relação entre os intervalos R-R 24 h e as oscilações de alta frequência (HF [24 h]) foram analisadas pelo modelo de regressão quadrática avaliada 48 h antes (PRE-pré-época) e 48 h após (POS-pré-época) do período da pré-época. Em adição, a média da HF 24h foi calculada a partir da porção linear da curva de regressão do intervalo R-R vs. HF 24h (HF index). A média dos valores correspondentes ao R-R 24h foram definidos como índice R-R. **Resultados:** Na PRE-pré-época, sete atletas apresentaram saturação na HF 24h, enquanto que na POS-pré-época, foram observados cinco novos casos de saturação da HF 24h. A média dos intervalos R-R 24h, HF 24h, R-R index e HF index aumentaram significativamente após a pré-época ( $p < 0.001$ ). Diferenças significativas foram encontradas no YYIR1 PRE- comparado com o POS-pré-época [ $930 \pm 286$  m (variação individual: 400–1240 m) vs.  $1265 \pm 252$  m (640–1640 m), respetivamente;  $p < 0.001$ ]. Além disso, as mudanças relativas ao HF 24 h e HF index foram altamente correlacionadas com o aumento na distância percorrida durante o YYIR1 ( $r = 0.68$  e  $r = 0.56$ ; respetivamente). **Conclusão:** A atividade vagal após um período de quatro semanas na pré-

<sup>1</sup> CIFI2D - Centro de Investigação, Formação, Inovação e Intervenção em Desporto, Faculdade de Desporto, Universidade do Porto

<sup>2</sup> Portugal Football School, Federação Portuguesa de Futebol

<sup>3</sup> CIDESD - Centro de Investigação em Desporto, Saúde e Desenvolvimento Humano, Instituto Universitário da Maia

<sup>4</sup> Associate Graduate Program in Physical Education UPE/UFPB, João Pessoa, Brasil

<sup>5</sup> NOVA Medical School

época aumentou a ocorrência da saturação vagal em atletas femininas de futebol. Além disso, os aumentos na HF 24 h e no HF index foram significativamente associados com as mudanças observadas na aptidão aeróbia.

*Palavras-chave:* Sistema nervoso autónomo, capacidade aeróbia, regulação cardiovascular, monitorização do treino, futebol feminino

## INTRODUÇÃO

A variabilidade da frequência cardíaca (VFC) destaca-se pela simplicidade técnica na recolha dos dados e por se caracterizar como uma medida não invasiva<sup>1,2</sup>. Os índices da VFC são derivados dos registos ultracurtos (1-min)<sup>3</sup> ou curtos (5-10-min)<sup>4</sup> dos intervalos R-R na posição sentada ou em supino<sup>2</sup>. Embora estas medidas sejam práticas e de fácil execução, análises mais laboratoriais da VFC ao longo de um período de 24 h, em condições ambulatoriais, podem revelar outras facetas da regulação autonômica cardíaca.

A relação entre os intervalos R-R e as oscilações de alta frequência (HF) cardíaca (FC) em segmentos de 5-min ao longo de um período de 24 h, durante um dia sem exercício, pode revelar a ocorrência ou não do efeito da saturação da atividade vagal cardíaca<sup>5,6</sup>. Indivíduos com saturações na atividade vagal cardíaca, a relação entre os intervalos R-R e a potência HF recolhidos ao longo de um período de 24 h, é altamente linear indicando que a bradicardia é modulada pelo aumento do fluxo vagal para o nodo sinoatrial, especialmente durante o sono noturno<sup>7,8</sup>.

Assim, em sujeitos com saturação nas oscilações de HF, a relação entre os intervalos R-R e a FC é melhor ajustada através de uma função quadrática, apresentando um *plateau* ou mesmo uma queda na potência HF durante os momentos com elevados intervalos R-R<sup>5</sup>. Num estudo conduzido com 76 indivíduos saudáveis (não-atletas) e 82 pacientes com pós-enfarte agudo do miocárdio (IAM), a relação entre os intervalos R-R e a potência HF foi linear em 50% dos participantes saudáveis, enquanto que foi saturada em 46%<sup>5</sup>. Os autores sugerem que estes resultados podem estar associados aos mecanismos não-autonômicos relacionados com o controlo da FC<sup>5,6</sup>. Em ambos os grupos saudáveis e pós-IAM, os participantes que apresentaram saturação nas oscilações de HF tenderam a apresentar maior aptidão aeróbia

determinada pelo consumo máximo de oxigênio ( $VO_2\text{max}$ ) quando comparada aos participantes com correlação linear. Neste sentido, a aptidão aeróbia parece ser um fator determinante para o efeito da saturação da atividade vagal<sup>5,6,9</sup>.

De acordo com a literatura, nenhum estudo até hoje analisou as relações lineares e saturadas nos intervalos R-R e nas oscilações de potência HF em atletas de modalidades desportivas coletivas, ao contrário de um único estudo que foi conduzido com atletas de endurance<sup>10</sup>. Assim, objetivo da presente investigação consistiu em analisar as: 1) mudanças na variabilidade da frequência cardíaca (VFC) durante 24h; 2) a aptidão aeróbia e 3) as associações entre VFC e aptidão aeróbia, em atletas do futebol feminino durante o período da pré-época.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Dezasseis atletas do futebol feminino (idade:  $21.8 \pm 2.6$  anos; altura:  $159.6 \pm 5.8$  cm; massa corporal:  $56.8 \pm 5.5$  kg), da primeira divisão do campeonato nacional português, participaram no presente estudo.

O desenho do estudo foi explicado às participantes e os consentimentos informados foram entregues e assinados pelas jogadoras. Os critérios de inclusão foram: idade  $\geq 18$  anos; praticar futebol a pelo menos cinco anos e classificadas com boa qualidade no sono<sup>11</sup> (i.e., resultados  $< 5$  de acordo com o Questionário Índice de Qualidade de Sono de Pittsburgh [PSQI]). O estudo foi aprovado pela Comissão de Ética da Faculdade de Desporto, Universidade do Porto (CEFADE 03.2017).

Todas as sessões de treino foram realizadas no mesmo período do dia, com início às  $18:12 \pm 00:08$  horas. As sessões de treino planeadas pelo treinador consistiram, essencialmente, em: aquecimento e ativação; treino técnico; jogos reduzidos; e jogos amigáveis (entre escalões de formação e sénior do mesmo clube). A carga interna do treino foi monitorizada durante todas as sessões de treino através da perceção de esforço da sessão (s-PSE)<sup>12</sup>.

Após a pré-época todas as atletas preencheram o questionário PSQI, previamente validado em português<sup>11</sup>. Os hábitos do sono das jogadoras não foram prejudicados pelos procedimentos do estudo para garantir a validade ecológica na investigação.

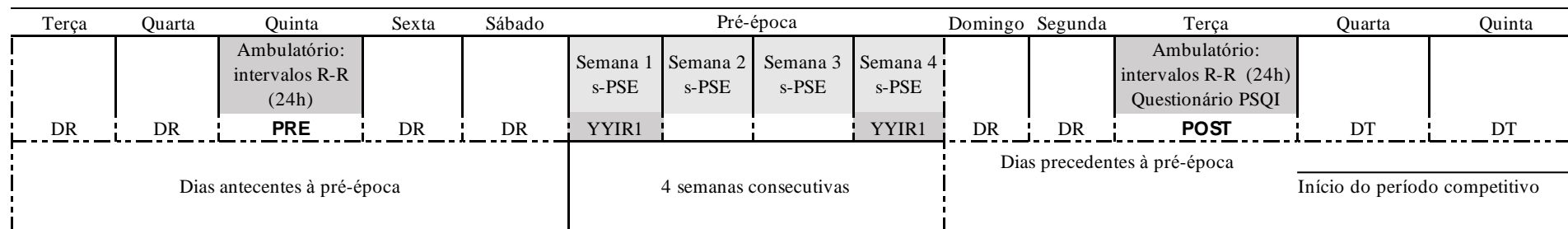
A monitorização ambulatória dos intervalos R-R (24 h) foram registados durante um dia sem exercício físico, 48 h antes de iniciar (PRE-pré-época) e 48 h após o final (POS-pré-época) da pré-época. Cada jogadora realizou o seu registo dos intervalos R-R em casa (as atletas tiveram um período de familiarização com os dispositivos de FC). As atletas foram informadas para não praticar nenhum tipo de exercício 48 h antes dos registos dos intervalos R-R realizados no momento PRE-e POS-pré-época. Além disso, as atletas completaram um teste YYIR<sup>14</sup> durante a primeira e a última semana da pré-época para avaliar a aptidão aeróbia. Uma representação cronológica do estudo é apresentada na Figura 1.

Os intervalos R-R (24 h) foram registados através de dispositivos de FC (Firstbeat Bodyguard2<sup>®</sup>, Firstbeat Technologies, Finlândia), validados na literatura para detetar batimentos cardíacos (i.e., equipamento de ECG)<sup>15</sup>.

A média dos intervalos R-R 24h (i.e., variações entre batimentos cardíacos consecutivos) e os valores de potência HF correspondentes [HF 24h] foram analisados em segmentos de 5-min durante um período completo de 24 h.

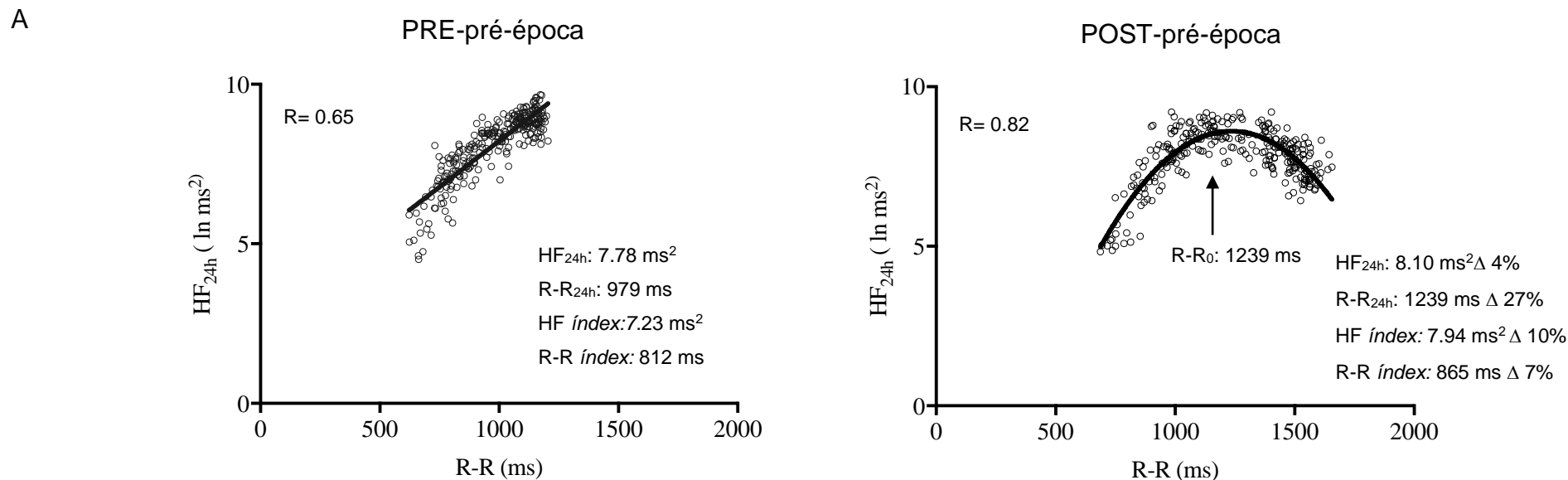
Um modelo de regressão quadrática ( $HF, \ln = a (R-R)^2 + b(R-R) + c$ ) foi utilizado para modelar a relação entre os intervalos R-R 24h e a magnitude da VFC. Se o coeficiente de correlação da função quadrática  $> 0.50$ , foi estabelecido uma relação linear ou saturada entre o intervalo R-R 24h e HF 24h<sup>5</sup>. Caso contrário, se o coeficiente de correlação quadrática  $< 0.50$ , indicando uma baixa correlação, as jogadoras foram excluídas das análises subsequentes<sup>5</sup>. O valor de R-R 24h em que a derivada da regressão quadrática alcançou valor de zero foi definido como o ponto de deflexão ( $R-R_0$ )<sup>5</sup>. Se o  $R-R_0$  ocorreu antes do valor máximo de R-R 24h, indicando um *plateau* do HF 24h (HF 24h alcançou seu máximo valor), a relação entre o intervalo R-R 24h e HF 24h foi considerada como saturada (Figura 2)<sup>5</sup>. Caso contrário, a relação foi considerada linear. O HF *index* foi analisado para medir o fluxo vagal cardíaco sem o distúrbio da saturação na análise<sup>5</sup>. A média dos valores correspondentes ao R-R 24 h foi definido como o R-R *index*.

Figura 1. Desenho do estudo.

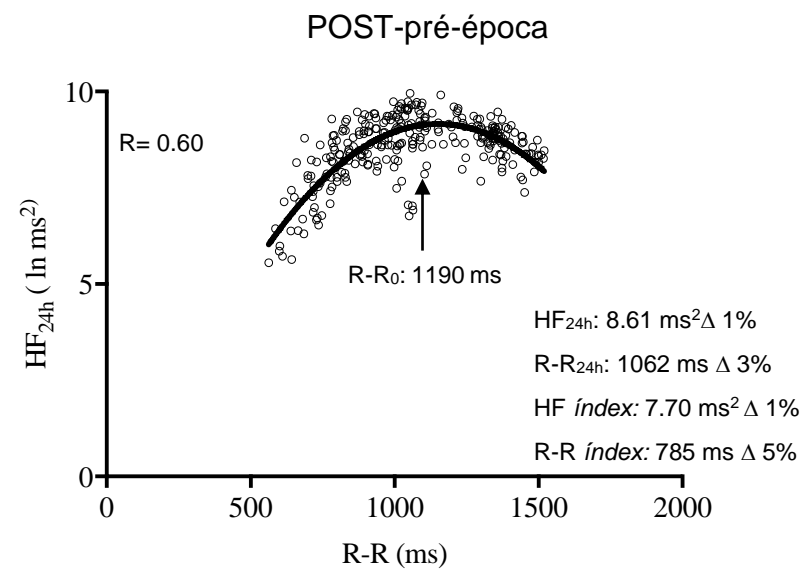
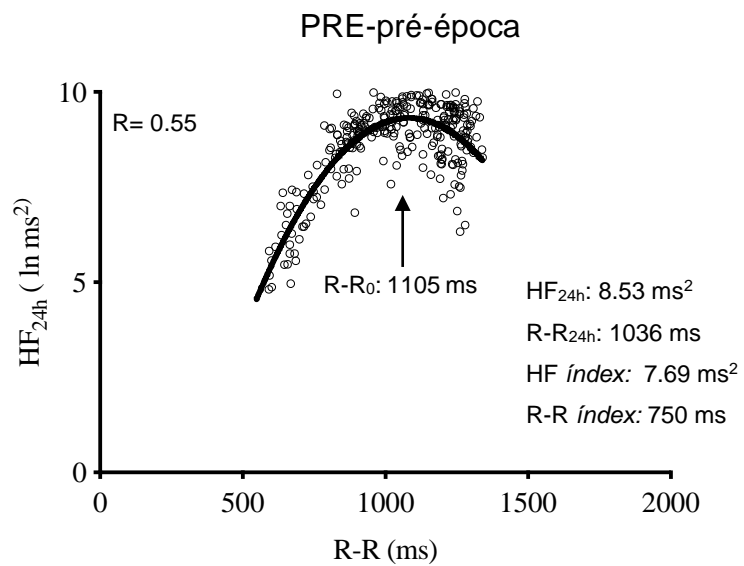


R–R, variação entre os consecutivos batimentos cardíacos (batimento a batimento); DR, dias de repouso; s-PSE, percepção de esforço da sessão; DT, dia de treino; YYIR1, YOYO-teste de recuperação intermitente (Nível 1); PSQI, Questionário Índice de Qualidade de Sono de Pittsburgh.

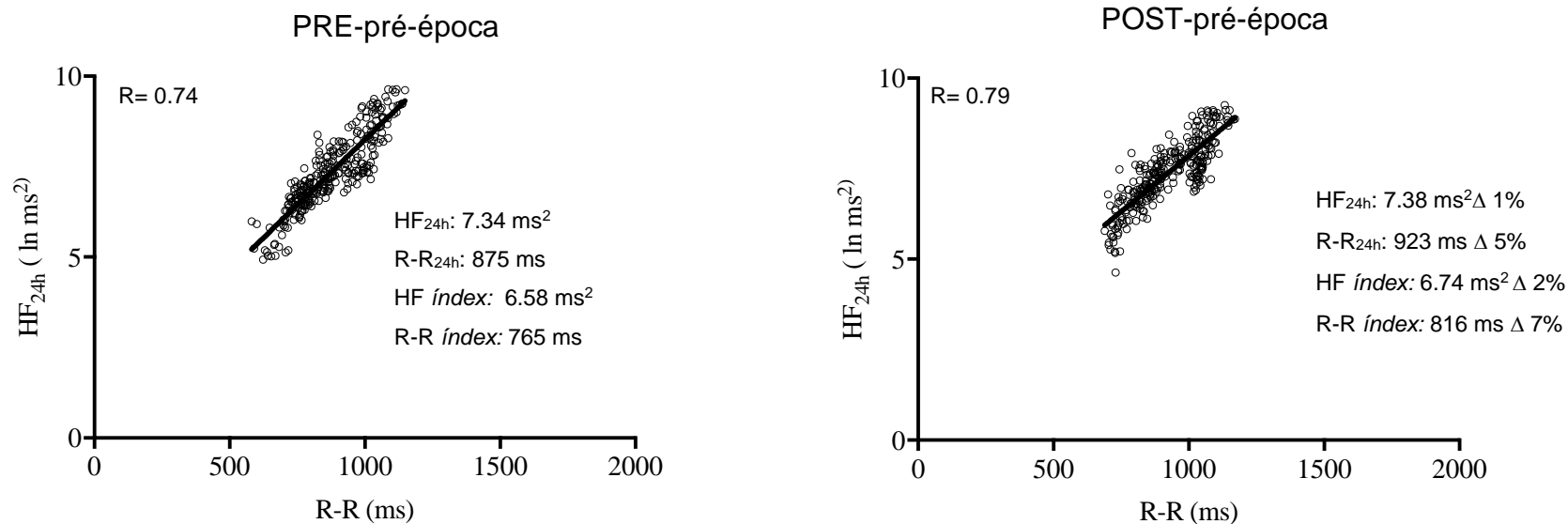
**Figura 2.** Exemplos representativos de casos em que a relação entre  $HF_{24h}$  e  $R-R_{24h}$  foram: A) lineares no PRE-pré-época e que se tornaram saturadas no POST-pré-época (Li→Sa); B) que se mantiveram saturadas no PRE- e POST-pré-época [Sa→Sa]; e C) que se mantiveram lineares no PRE- e POST-pré-época [Sa→Sa].



B



C



R-R, variação entre os consecutivos batimentos cardíacos (batimento a batimento); R-R<sub>o</sub>, comprimento do intervalo R-R no ponto de deflexão;  
HF, alta frequência da variabilidade dos intervalos R-R;  $\Delta$ , % diferenças; R, coeficiente de correlação quadrática.



### *Análise estatística*

Os resultados dos grupos estão identificados como média  $\pm$  desvio padrão. Todos os dados foram analisados para distribuição normal utilizando o teste de *Shapiro-Wilk*. As diferenças intra-sujeitos ( $n = 16$ ) para o YYIR1, índices derivados da FC (i.e., R-R 24h, HF 24, R-R *index* e HF *index*), e as comparações de cada grupo (i.e., Li $\rightarrow$ Sa,  $n = 5$ ; Sa $\rightarrow$ Sa,  $n = 7$ ; and Li $\rightarrow$ Li,  $n = 4$ ) entre PRE- vs. POS-pré-época foram analisadas utilizando o teste *t*-test. As diferenças dos resultados dos participantes linear vs. saturados, durante PRE- e POS-pré-época, foram analisadas utilizando o teste *t*-independente. Por fim, as diferenças inter-sujeitos na s-PSE acumulada em cada semana (i.e., 4 semanas) da pré-época foram analisadas através da análise de variância (ANOVA) de um fator com o *post-hoc* de Bonferroni. A magnitude das diferenças foi examinada utilizando as diferenças padronizadas baseada no *Cohen's d* por meio da análise do tamanho do efeito (*TE*), e respetivo intervalo de confiança 95% (IC)<sup>16</sup>. O *TE* foi interpretado qualitativamente usando os seguintes limiares:  $< 0.2$  (trivial); 0.2 a 0.6 (pequeno); 0.6 a 1.2 (moderado); 1.2 a 2.0 (grande); 2.0 a 4.0 (muito grande); e  $> 4.0$  (quase perfeito)<sup>17</sup>. A análise de correlação de *Pearson* foi usada para calcular as associações entre o desempenho no teste YYIR1 e os índices vagais da VFC (i.e., HF 24h e HF *index*), PRE- e POS-pré-época. Além disso, as associações entre as mudanças na aptidão aeróbia e os índices vagais da VFC (mudanças absolutas e relativas) foram também calculadas. Os limiares utilizados para avaliar qualitativamente os coeficientes de correlação foram baseados nos seguintes critérios:  $< 0.1$  (trivial); 0.1 a 0.3 (pequeno); 0.3 a 0.5 (moderado); 0.5 a 0.7 (grande); 0.7 a 0.9 (muito grande); e  $> 0.9$  (quase perfeito)<sup>18</sup>. Para todas as comparações o nível de significância estabelecido foi de  $p < 0.05$ .

### **Resultados**

Todas as jogadoras ( $n=16$ ) foram classificadas com boa qualidade do sono durante o período de observação (score PSQI:  $4 \pm 1$  (média  $\pm$  DP; variação individual: 3-5). Durante o período do estudo, as atletas foram para a cama às  $22:00 \pm 0:50$  horas (variação individual: 21:30 – 23:30 horas) com uma duração de sono de  $8:30 \pm 0:30$  horas (variação individual: 8:00 – 9:00 horas). Diferenças significativas foram encontradas no YYIR1 PRE-pré-época comparado com o POS-pré-época  $930 \pm 286$

m (média  $\pm$  DP; variação individual: 400–1240 m) vs. 1265  $\pm$  252 m (640–1640 m), respetivamente;  $TE = 1.25$  [0.50; 2.0] ( $TE$ , tamanho do efeito [intervalo de confiança]); efeito grande;  $p < 0.001$ ].

As cargas diárias de treino durante a pré-época foram 604  $\pm$  70 UA (média  $\pm$  DP; variação individual: 510-900 UA). Cada sessão de treino teve duração média de 90  $\pm$  5 min [variação individual do tempo de treino: 85–95 min]). Os *scores* de s-PSE acumulados para cada semana foram: semana 1 (614  $\pm$  68 UA; média  $\pm$  DP): 2453 UA [variação individual: 540–760 UA]; semana 2 (614  $\pm$  75 UA): 2454 UA [540–900 UA]; semana 3 (593  $\pm$  68 UA): 2371 UA [510–720 UA]; e semana 4 (595  $\pm$  65 UA): 2379 UA [540–810 UA]). Não foram observadas diferenças significativas inter-sujeitos nos *scores* da s-PSE entre as semanas ( $p > 0.05$ ). Os intervalos R-R 24h (efeito *moderado*); HF 24h (efeito *moderado*); R-R *index* (efeito *moderado*); e HF *index* (efeito *moderado*) aumentaram significativamente POS-pré-época ( $p < 0.05$ ; Tabela 1) em comparação com a PRE-pré-época ( $n = 16$ ).

Na PRE-pré-época, a relação entre os intervalos R-R 24h e HF 24 h foram saturadas em sete atletas e linear em nove atletas, enquanto que no POS-pré-época, cinco novos casos de saturação da HF 24h foram observados sendo que quatro atletas mantiveram uma relação linear. Efeito *moderados* com o aumento dos valores foram encontrados para a média dos intervalos R-R 24h, HF 24, R-R *index* e HF *index*, quando comparado com as atletas saturadas e lineares na PRE- e POS-pré-época ( $p < 0.05$ ; Tabela 1).

Em todos os grupos de atletas (Li $\rightarrow$ Sa, Sa $\rightarrow$ Sa and Li $\rightarrow$ Li), foram observados efeitos *moderados* para os intervalos R-R 24h, HF 24h, R-R *index* e HF *index* entre a PRE- e POS-pré-época ( $p < 0.05$ ; Tabela 2).

A Figura 3 apresenta a correlação entre a distância percorrida no teste YYIR1 (resultados descritivos; YYIR1: 335  $\pm$  202 m [variação individual: 20-720 m]; e índices vagais da VFC (mudanças absolutas HF 24h: 0.33  $\pm$  0.23 ln ms [0.04-0.90 ln ms]; mudança % HF 24h: 6  $\pm$  3 % [1-14 %]; mudanças absolutas HF *index*: 0.32  $\pm$  0.21 ln ms [0.04-0.71 ln ms]; mudanças % HF *index*: 8  $\pm$  5 % [1-25 %]) em ambos PRE- and POS-pré-época. Os índices HF 24h e HF *index* foram altamente correlacionados com a distância percorrida no teste YYIR1 (PRE-pré-época;  $r = 0.58$  [0.20; 0.84], e  $r = 0.69$  [0.37; 0.83]; POS-pré-época:  $r = 0.64$  [0.38; 0.87], e  $r = 0.65$  [0.34; 0.82]; respetivamente;  $p < 0.05$ ).

**Tabela 1.** Média, desvio padrão, tamanho do efeito e 95% do intervalo de confiança dos índices da frequência cardíaca durante 24-horas no momento PRE- e POST-pré-época em jogadoras de futebol.

	Todas as jogadoras (n =16)			PRE- pré-época			POST- pré-época		
	PRE-pré-época	POST- pré-época	TE (95% IC)	Linear (n=9)	Saturado (n=7)	TE (95% IC)	Linear (n=4)	Saturado (n=12)	TE (95% CI)
R-R <sub>24h</sub> (ms)	973±207	1045±215 *	0.64 (0.60-0.67)	935±183	1024±224**	0.64 (0.58-0.70)	972±189	1070±217**	0.67 (0.60-0.73)
HF <sub>24h</sub> (ln ms)	7.53±1.17	7.81±1.01 *	0.65 (0.62-0.69)	7.44±1.12	7.63±1.21 **	0.67 (0.61-0.72)	7.52±1.01	7.97±0.95**	0.66 (0.59-0.72)
R-R <i>índice</i> (ms)	763±89	829±110 *	0.75 (0.69-0.82)	750±81	770±95**	0.62 (0.42-0.72)	817±103	834±115**	0.63 (0.55-0.76)
HF <i>índice</i> (ln ms)	6.56±1.01	7.01±1.01 *	0.68 (0.57-0.71)	6.62±1.04	6.74±0.98	0.40 (0.31-0.52)	6.68±0.84	7.20± 1.04**	0.61 (0.54-0.71)

\* $p < 0.001$ , PRE vs. POST valores da pré-época

\*\* $p < 0.001$ , linear vs. saturado

R-R, variação entre os consecutivos batimentos cardíacos (batimento a batimento); HF, alta frequência da variabilidade dos intervalos R-R; TE, tamanho do efeito ( $\pm$  95% IC); IC, intervalo de confiança.

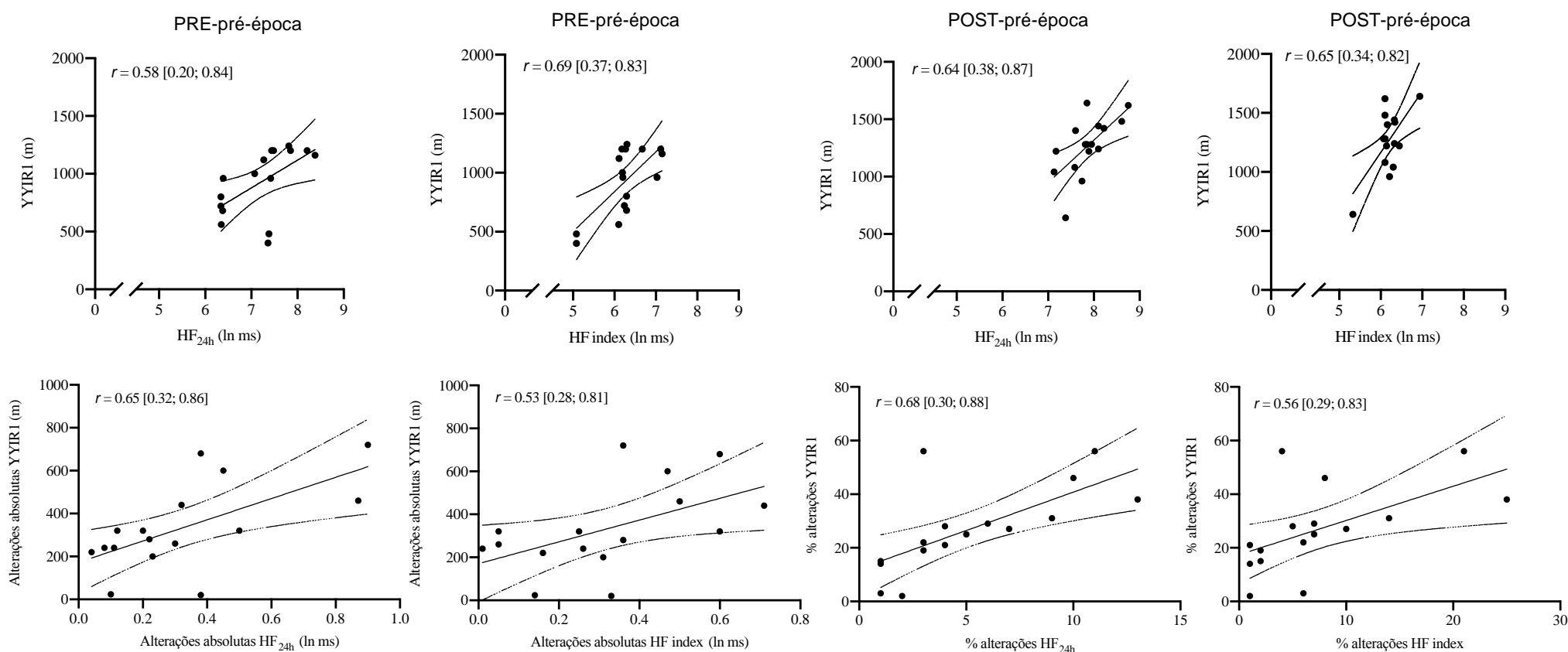
**Tabela 2.** Média, desvio padrão, tamanho do efeito e 95% do intervalo de confiança dos índices da frequência cardíaca durante 24-horas, em jogadoras de futebol que: iniciaram no momento do PRE-pré-época como lineares e tornaram-se saturadas no POST-pré-época [Li→Sa]; mantiveram-se saturadas tanto no momento PRE- e POST-pré-época [Sa→Sa]; mantiveram-se lineares tanto no momento PRE- e POST-pré-época [Li→Li].

	Li→Sa (n=5)			Sa→Sa (n=7)			Li→Li (n=4)		
	PRE-pré-época	POST- pré-época	TE (95% IC)	PRE-pré-época	POST- pré-época	TE (95% IC)	PRE-pré-época	POST- pré-época	TE (95% IC)
R-R <sub>24h</sub> (ms)	957±175	1066±217 *	0.65 (0.59-0.71)	1023±225	1072±218 *	0.62 (0.56-0.71)	905±188	972±189 *	0.68 (0.60-0.72)
HF <sub>24h</sub> (ln ms)	7.64±1.01	7.82±0.86 *	0.62 (0.52-0.75)	7.76±1.21	8.10±1.01 *	0.64 (0.54-0.70)	7.20±1.22	7.32±1.01 *	0.61 (0.54-0.72)
R-R <i>índice</i> (ms)	782±97	838±127 *	0.69 (0.58-0.81)	751±84	835±103 *	0.89 (0.77-0.91)	760±86	816±103 *	0.61 (0.52-0.73)
HF <i>índice</i> (ln ms)	6.76±0.99	7.20±0.95 *	0.65 (0.53-0.77)	6.78±1.00	7.31±1.08 *	0.61 (0.49-0.72)	6.33±0.98	6.59±0.84 *	0.68 (0.56-0.80)

\* $p < 0.001$ , PRE vs. POST valores da pré-época

R-R, variação entre os consecutivos batimentos cardíacos (batimento a batimento); HF, alta frequência da variabilidade dos intervalos R-R; TE, tamanho do efeito ( $\pm$  95% IC); IC, intervalo de confiança.

**Figura 3.** Coeficientes de correlação (95 % do intervalo de confiança) entre a distância registada no teste YOYO-teste de recuperação intermitente, nível 1 (YYIR1) e os índices da variabilidade da frequência cardíaca (i.e., HF<sub>24h</sub> e HF *índex*), no PRE- e POST-pré-época. As associações entre as alterações na capacidade aeróbia (absoluto e % de alterações no YYIR1) e os índices da variabilidade da frequência cardíaca (absoluto e % de alterações no HF<sub>24h</sub> e HF *índex*) foram, também, calculadas, em jogadoras de futebol (n=16).



$p < 0.05$  para todas os coeficientes de correlação.

Correlações significativas foram encontradas entre as mudanças absolutas e relativas na aptidão aeróbia e índices vagais da VFC (mudanças absolutas HF 24h:  $r = 0.65$  [0.32; 0.86], e mudanças % HF 24h:  $r = 0.68$  [0.30; 0.88]; mudanças absolutas HF *index*:  $r = 0.53$  [0.28; 0.81], e mudanças % HF *index*:  $r = 0.56$  [0.29; 0.83]; ( $p < 0.05$ ) (Figura 3).

## Discussão

No presente estudo, a proporção de jogadoras que apresentaram saturação na modulação vagal dos intervalos R-R 24h vs. HF 24h antes do início da pré-época, foi substancialmente menor quando comparado após as 4 semanas de treino deste período. Além disso, as jogadoras apresentaram um aumento significativo nos intervalos R-R e HF 24h na POS-pré-época, o qual indica um aumento da modulação vagal durante os registos de 24h. Por fim, foram encontradas correlações elevadas entre o HF 24h e HF *index* e as respetivas mudanças com a distância percorrida no teste YYIR1 (aptidão aeróbia) em ambos os momentos PRE- e POS-pré-época.

O aumento da atividade vagal cardíaca em resposta ao treino na pré-época em desportos coletivos foi descrito previamente<sup>19-21</sup>, embora hajam estudos que observaram mudanças durante o mesmo período de preparação<sup>22,23</sup>. Importa destacar, que dos estudos previamente referenciados, os autores utilizaram os registos noturnos ou curtos (i.e., 5-15 min na posição sentada ou supino), enquanto que no presente estudo foi realizado, pela primeira vez, registos de 24h em atletas de uma modalidade desportiva coletiva. O aumento na atividade vagal pode ser uma vantagem adaptativa das jogadoras, já que o HF tem sido reportado como um índice altamente correlacionado com a aptidão aeróbia<sup>9,24,25</sup>. Assim, o aumento no desempenho no teste do YYIR1 (34%) observado no presente estudo, é consistente com os aumentos no HF 24h e HF *index*. De fato, foram observadas elevadas correlações positivas entre o HF 24h e HF *index* com o YYIR1 (PRE- e POS-pré-época) e entre as mudanças na VFC de 24h e mudanças no teste YYIR1. Neste sentido, parece que o aumento dos índices vagais da VFC pode auxiliar no aumento na aptidão aeróbia, como previamente sugerido<sup>24,26</sup>. Além disso, de acordo com Buchheit et al.<sup>24</sup>, uma possível explicação para o aumento nos índices vagais da VFC

e conseqüentemente na aptidão aeróbia, pode estar associado com a recuperação (i.e., *rebound*) final da atividade parassimpática.

Utilizando os dados 24h da VFC, os resultados encontrados no presente estudo demonstraram que as jogadoras apresentaram maior atividade cardíaca vagal no POS-pré-época do que na PRE-pré-época. Num estudo realizado por Scharf et al<sup>27</sup>, foram observadas adaptações morfológicas e funcionais num grupo de jogadores de futebol, mas não no grupo de controlo constituído por homens saudáveis. De fato, o treino aeróbio poderá resultar em adaptações cardiovasculares elétricas, funcionais e morfológicas, incluindo aumento do  $VO_2\text{max}$ <sup>28</sup>. Estas adaptações ocorrem devido ao aumento da carga de volume no ventrículo e aos episódios de alto débito cardíaco<sup>29</sup>, e podem, parcialmente, explicar a redução das variáveis relacionadas com a FC de 24h.

Curiosamente, as magnitudes destas adaptações fisiológicas cardíacas podem ser dependentes do sexo, sendo mais expressivas em atletas do sexo masculino. Num estudo conduzido por Huttin et al<sup>31</sup>, mudanças eletrocardiográficas induzidas pelo treino são comuns entre jogadores de elite do futebol masculino, especialmente no critério elétrico para a hipertrofia do ventrículo esquerdo (37%) e bradicardia sinusal (17%). Atletas do sexo feminino, que estejam altamente treinadas, têm, também, adaptações estruturais cardíacas frequentes, mas essas adaptações são menos pronunciadas do que em atletas do sexo masculino<sup>32</sup>.

Adicionalmente, é possível que o aumento dos valores de R-R 24h e os R-R *index* possam ser modulados pelo maior fluxo vagal ao longo do dia. Um estudo desenvolvido por Kiviniemi et al,<sup>6</sup> encontraram que a potência HF ao longo de 24h não mudou em homens saudáveis que já apresentavam um HF saturado. Neste sentido, os intervalos R-R mais longos após o treino podem ser explicados, principalmente, pela menor FC durante o sono devido ao aumento do fluxo vagal. Contudo, quando a potência HF foi analisada apenas pela porção linear entre a potência HF e os intervalos R-R (i.e., avaliação do fluxo vagal cardíaco sem a perturbação da saturação na análise), a potência HF aumentou de forma significativa. Por isso, tem sido sugerido que o HF *index* seria mais sensível ao treino do que a potência HF<sup>6</sup>. Todavia, no presente estudo foi observado que ambos HF 24h e HF *index* foram positivamente modificados durante o período da pré-época, indicando que ambas as variáveis podem ser sensíveis ao treino em jogadoras de futebol.

Perturbações severas e crônicas na regulação do sistema nervoso autonômico devido ao excesso de carga de treino (e outras fontes de stress) podem levar ao overreaching, quando a atividade vagal é praticamente anulada<sup>33</sup>. Deste modo, atletas saturadas podem tornar-se mais protegidas do overreaching do que atletas não-saturadas<sup>34</sup>. Assim, o aumento do HF 24h, como demonstrado no presente estudo, pode auxiliar as jogadoras a lidarem melhor com as exigências do treino e/ou competição.

É importante destacar que nenhuma jogadora do presente estudo, transitou de uma condição saturada para linear. Por outro lado, cinco atletas que apresentaram relação linear entre os intervalos R-R e o fluxo vagal transitaram para a condição saturada após a pré-época. Esta mudança, juntamente com os aumentos encontrados no HF 24h e HF *index*, poderá ser explicado pelo aumento da carga de treino aplicada durante o período de observação. De fato, a s-PSE semanal observada pode ser considerada muito alto quando comparado com outros estudos recentes utilizando a mesma equipa de futebol feminina durante o período competitivo (variação da carga de treino diária entre  $193 \pm 60$  e  $443 \pm 160$  UA)<sup>35</sup>. Este fato pode explicar as adaptações rápidas e significativas na aptidão aeróbia e autonômicas cardíacas observadas nestas jogadoras.

Em conclusão, jogadoras do futebol feminino durante um período de 4 semanas da pré-época demonstraram um aumento na aptidão aeróbia, juntamente com o aumento da atividade vagal cardíaca de 24 h. Esta melhoria observada na modulação vagal resultou na transição de algumas atletas de um fluxo vagal não-saturado para saturado ao longo do dia. Além disso, mudanças na VFC de 24 h foram associadas com as mudanças encontradas na aptidão aeróbia, sugerindo que monitorizar o sistema autonômico cardíaco pode auxiliar na otimização das respostas ao treino. Esta informação pode assumir um papel fundamental nas equipas técnicas e clínicos, para uma gestão mais segura e saudável dos programas de treino.



## Bibliografia

1. Coutts AJ, Wallace LK, Slattery KM. Monitoring changes in performance, physiology, biochemistry, and psychology during overreaching and recovery in triathletes. *Int J Sports Med.* 2007;28(2):125-134.
2. Buchheit M. Monitoring training status with HR measures: do all roads lead to Rome? *Front Physiol.* 2014;5:73.
3. Nakamura FY, Pereira LA, Esco MR, et al. Intraday and Interday Reliability of Ultra-Short-Term Heart Rate Variability in Rugby Union Players. *J Strength Cond Res.* 2017;31(2):548-551.
4. Iellamo F, Legramante JM, Pigozzi F, et al. Conversion from vagal to sympathetic predominance with strenuous training in high-performance world class athletes. *Circulation.* 2002;105(23):2719-2724.
5. Kiviniemi AM, Hautala AJ, Seppanen T, Makikallio TH, Huikuri HV, Tulppo MP. Saturation of high-frequency oscillations of R-R intervals in healthy subjects and patients after acute myocardial infarction during ambulatory conditions. *Am J Physiol Heart Circ Physiol.* 2004;287(5):H1921-1927.
6. Kiviniemi AM, Hautala AJ, Makikallio TH, Seppanen T, Huikuri HV, Tulppo MP. Cardiac vagal outflow after aerobic training by analysis of high-frequency oscillation of the R-R interval. *Eur J Appl Physiol.* 2006;96(6):686-692.
7. Buchheit M, Simon C, Piquard F, Ehrhart J, Brandenberger G. Effects of increased training load on vagal-related indexes of heart rate variability: a novel sleep approach. *Am J Physiol Heart Circ Physiol.* 2004;287(6):H2813-2818.
8. Vrijkotte TG, van Doornen LJ, de Geus EJ. Effects of work stress on ambulatory blood pressure, heart rate, and heart rate variability. *Hypertension.* 2000;35(4):880-886.
9. Pereira LA, Abad CCC, Leiva DF, et al. Relationship Between Resting Heart Rate Variability and Intermittent Endurance Performance in Novice Soccer Players. *Res Q Exerc Sport.* 2019;90(3):355-361.
10. Kiviniemi AM, Tulppo MP, Hautala AJ, Vanninen E, Uusitalo AL. Altered relationship between R-R interval and R-R interval variability in endurance athletes with overtraining syndrome. *Scand J Med Sci Sports.* 2014;24(2):e77-85.

11. Del Rio Joao KA, Becker NB, de Neves Jesus S, Isabel Santos Martins R. Validation of the Portuguese version of the Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI-PT). *Psychiatry Res.* 2017;247:225-229.
12. Krstrup P, Mohr M, Ellingsgaard H, Bangsbo J. Physical demands during an elite female soccer game: importance of training status. *Med Sci Sports Exerc.* 2005;37(7):1242-1248.
14. Alexiou H, Coutts AJ. A comparison of methods used for quantifying internal training load in women soccer players. *Int J Sports Physiol Perform.* 2008;3(3):320-330.
15. Parak J, Korhonen I. Accuracy of Firstbeat BodyGuard 2 beat-to-beat heart rate monitor.  
[https://www.firstbeat.com/app/uploads/2015/10/white\\_paper\\_bodyguard2\\_final.pdf](https://www.firstbeat.com/app/uploads/2015/10/white_paper_bodyguard2_final.pdf). Accessed May 8, 2017. 2015.
16. Cohen J. *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*. 2nd ed. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates. 1988.
17. Hopkins WG. Statistics in observational studies. In: Verhagen E, van Mechelen W, eds. *Methodology in Sports Injury Research*. Oxford, UK: OUP. 2009:69–81.
18. Hopkins WG, Marshall SW, Batterham AM, Hanin J. Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Med Sci Sports Exerc.* 2009;41(1):3-13.
19. Bellenger CR, Fuller JT, Thomson RL, Davison K, Robertson EY, Buckley JD. Monitoring Athletic Training Status Through Autonomic Heart Rate Regulation: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Med.* 2016;46(10):1461-1486.
20. Oliveira RS, Leicht AS, Bishop D, Barbero-Alvarez JC, Nakamura FY. Seasonal changes in physical performance and heart rate variability in high level futsal players. *Int J Sports Med.* 2013;34(5):424-430.
21. Boullosa DA, Abreu L, Nakamura FY, Munoz VE, Dominguez E, Leicht AS. Cardiac autonomic adaptations in elite Spanish soccer players during preseason. *Int J Sports Physiol Perform.* 2013;8(4):400-409.
22. Nakamura FY, Pereira LA, Rabelo FN, et al. Monitoring weekly heart rate variability in futsal players during the preseason: the importance of maintaining high vagal activity. *J Sports Sci.* 2016;34(24):2262-2268.

23. Rebelo AN, Costa O, Rocha AP, Soares JM, Lago P. [Is autonomic control of the heart rate at rest altered by detraining? A study of heart rate variability in professional soccer players after the pretraining period and after the preparatory period for competitions]. *Rev Port Cardiol.* 1997;16(6):535-541, 508.
24. Buchheit M, Chivot A, Parouty J, et al. Monitoring endurance running performance using cardiac parasympathetic function. *Eur J Appl Physiol.* 2010;108(6):1153-1167.
25. Buchheit M, Gindre C. Cardiac parasympathetic regulation: respective associations with cardiorespiratory fitness and training load. *Am J Physiol Heart Circ Physiol.* 2006;291(1):H451-458.
26. Da Silva DF, Verri SM, Nakamura FY, Machado FA. Longitudinal changes in cardiac autonomic function and aerobic fitness indices in endurance runners: a case study with a high-level team. *Eur J Sport Sci.* 2014;14(5):443-451.
27. Scharf M, Brem MH, Wilhelm M, Schoepf UJ, Uder M, Lell MM. Cardiac magnetic resonance assessment of left and right ventricular morphologic and functional adaptations in professional soccer players. *Am Heart J.* 2010;159(5):911-918.
28. Camargo MD, Stein R, Ribeiro JP, Schwartzman PR, Rizzatti MO, Schaan BD. Circuit weight training and cardiac morphology: a trial with magnetic resonance imaging. *Br J Sports Med.* 2008;42(2):141-145; discussion 145.
29. Maron BJ, Pelliccia A. The heart of trained athletes: cardiac remodeling and the risks of sports, including sudden death. *Circulation.* 2006;114(15):1633-1644.
30. Estes NA, 3rd, Link MS, Cannom D, et al. Report of the NASPE policy conference on arrhythmias and the athlete. *J Cardiovasc Electrophysiol.* 2001;12(10):1208-1219.
31. Huttin O, Selton-Suty C, Venner C, Vilain JB, Rochecongar P, Aliot E. Electrocardiographic patterns and long-term training-induced time changes in 2484 elite football players. *Arch Cardiovasc Dis.* 2018;111(5):380-388.
32. Colombo C, Finocchiaro G. The Female Athlete's Heart: Facts and Fallacies. *Curr Treat Options Cardiovasc Med.* 2018;20(12):101.
33. Mourot L, Bouhaddi M, Perrey S, et al. Decrease in heart rate variability with overtraining: assessment by the Poincare plot analysis. *Clin Physiol Funct Imaging.* 2004;24(1):10-18.

34. Plews DJ, Laursen PB, Stanley J, Kilding AE, Buchheit M. Training adaptation and heart rate variability in elite endurance athletes: opening the door to effective monitoring. *Sports Med.* 2013;43(9):773-781.
35. Costa JA, Brito J, Nakamura FY, Oliveira EM, Costa OP, Rebelo AN. Does Night-Training Load Affect Sleep Patterns and Nocturnal Cardiac Autonomic Activity in High-Level Female Soccer Players? *Int J Sports Physiol Perform.* 2018;14(6):779-787.