



“Desafios na Monitorização da Carga de Treino em Desportos de Resistência - I”



UNIVERSIDADE D
COIMBRA

Luis Rama (FCDEF)

2 de Maio 2020

Objetivos do treino

Induzir adaptações
desejáveis através da
repetição sistemática
do exercícios.

retardar a fadiga

incrementos na
potência ou na
velocidade

melhoria da
coordenação e da
técnica

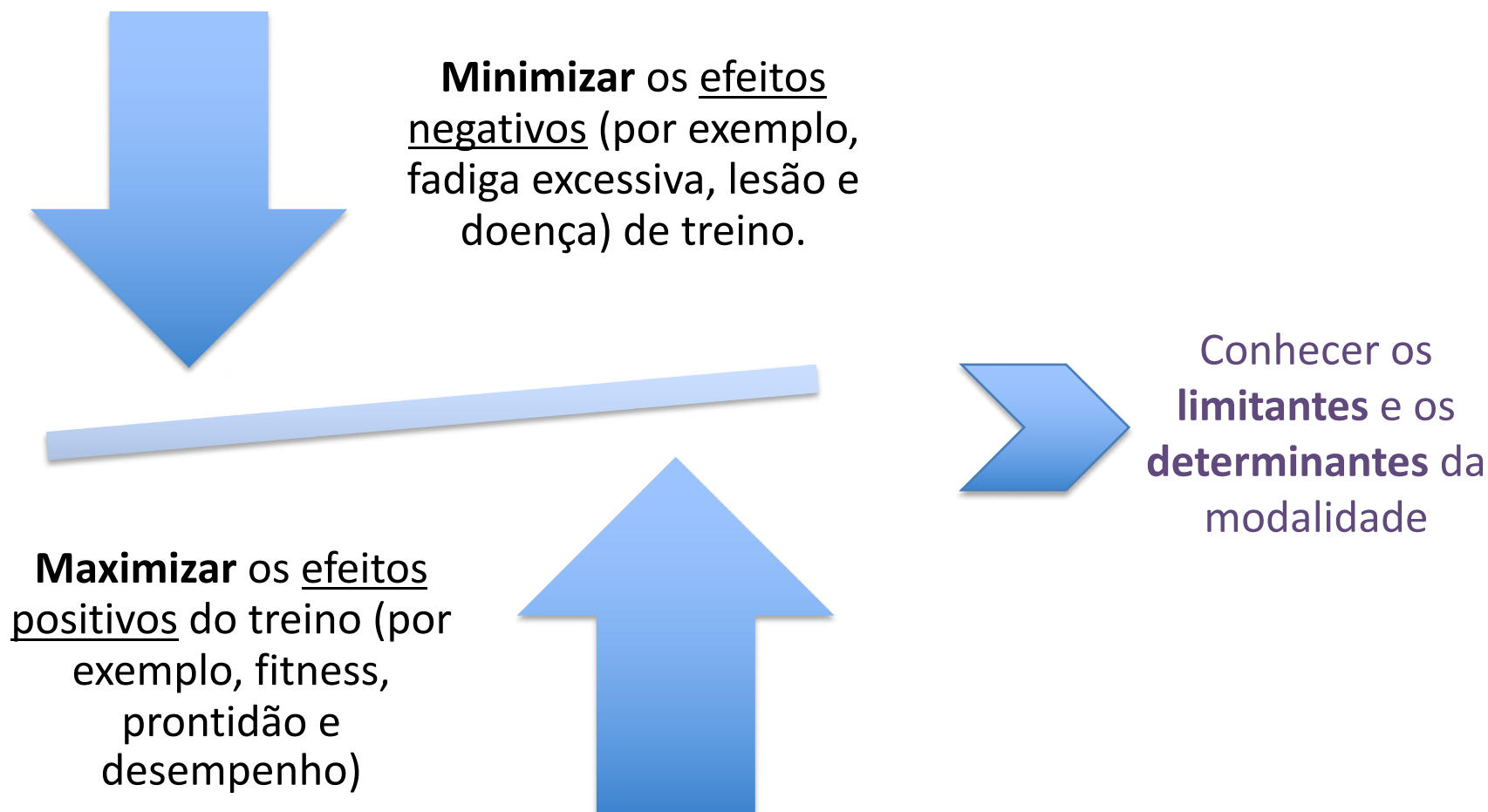
reduzir o risco de lesão.

Os treinadores concebem o processo treino como o resultado de:

- Do tipo e quantidade dos estímulos
- Pelo que é fundamental entender essa relação de causa e efeito entre a dose e a resposta ao treino
- para prescrever adequadamente e controlar os efeitos

Mujika I, 2016

Objectivos da monitorização do treino

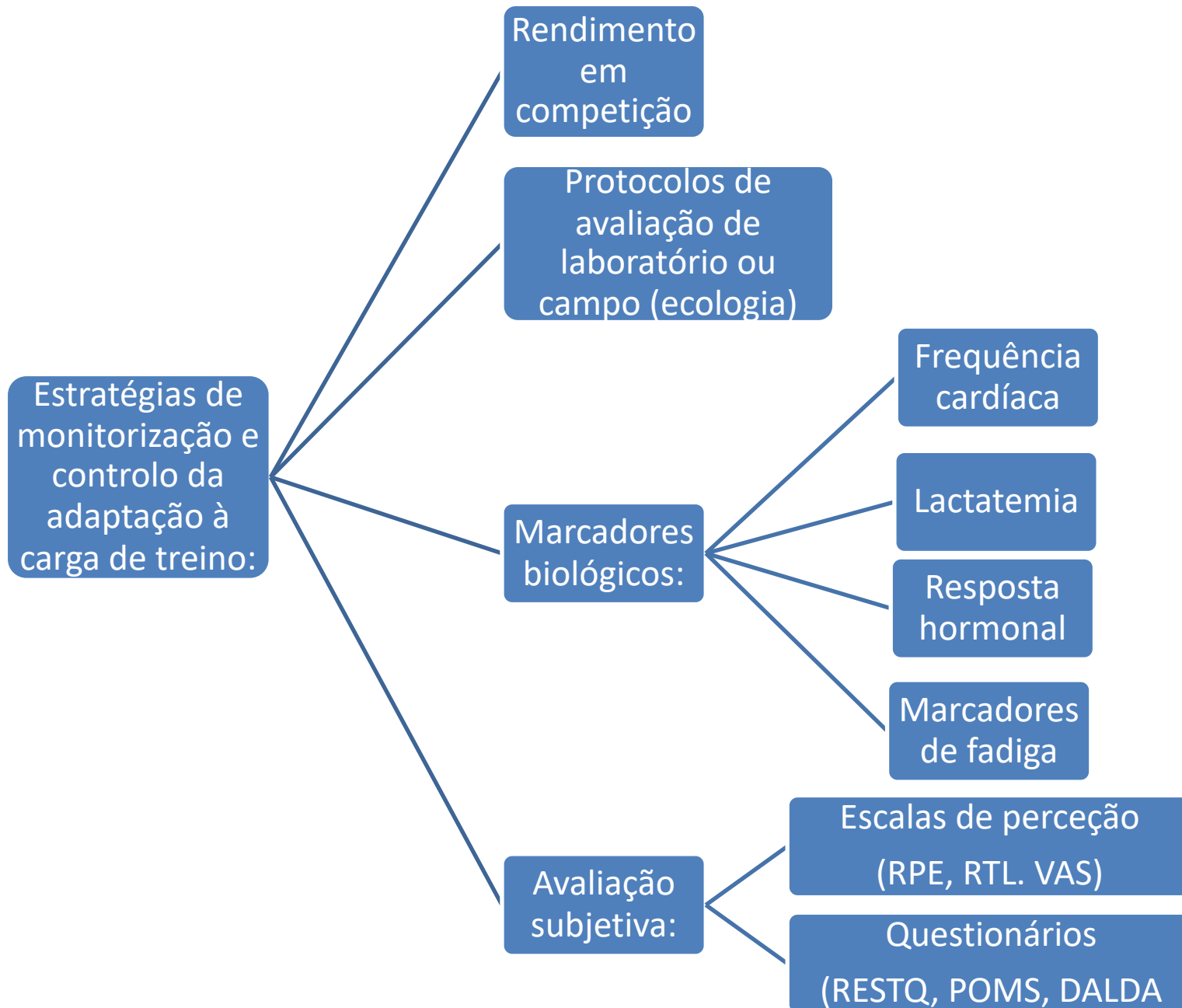


Objectivos da monitorização do treino

1. Determinar os pontos fortes e fragilidades no rendimento
2. Auxiliar o treinador na prescrição do treino
3. Permitir estabelecer zonas de treino e acompanhar os progressos
4. Controlar as estratégias de preparação direta para a competição (Taper)
5. Avaliar o estado da saúde e evitar a sobrecarga excessiva
6. Comparar os dados com os standards internacionais
7. Educar os atletas



Hahn, A et al 2000



Quantificação da carga de treino

“A quantificação da carga de treino é um dos elementos mais importantes na metodologia do treino, no entanto é uma das áreas mais negligenciadas e pobremente compreendidas”.



Norris & Smith 2002

Quantification of Training and Competition Loads in Endurance Sports: Methods and Applications

Iñigo Mujika

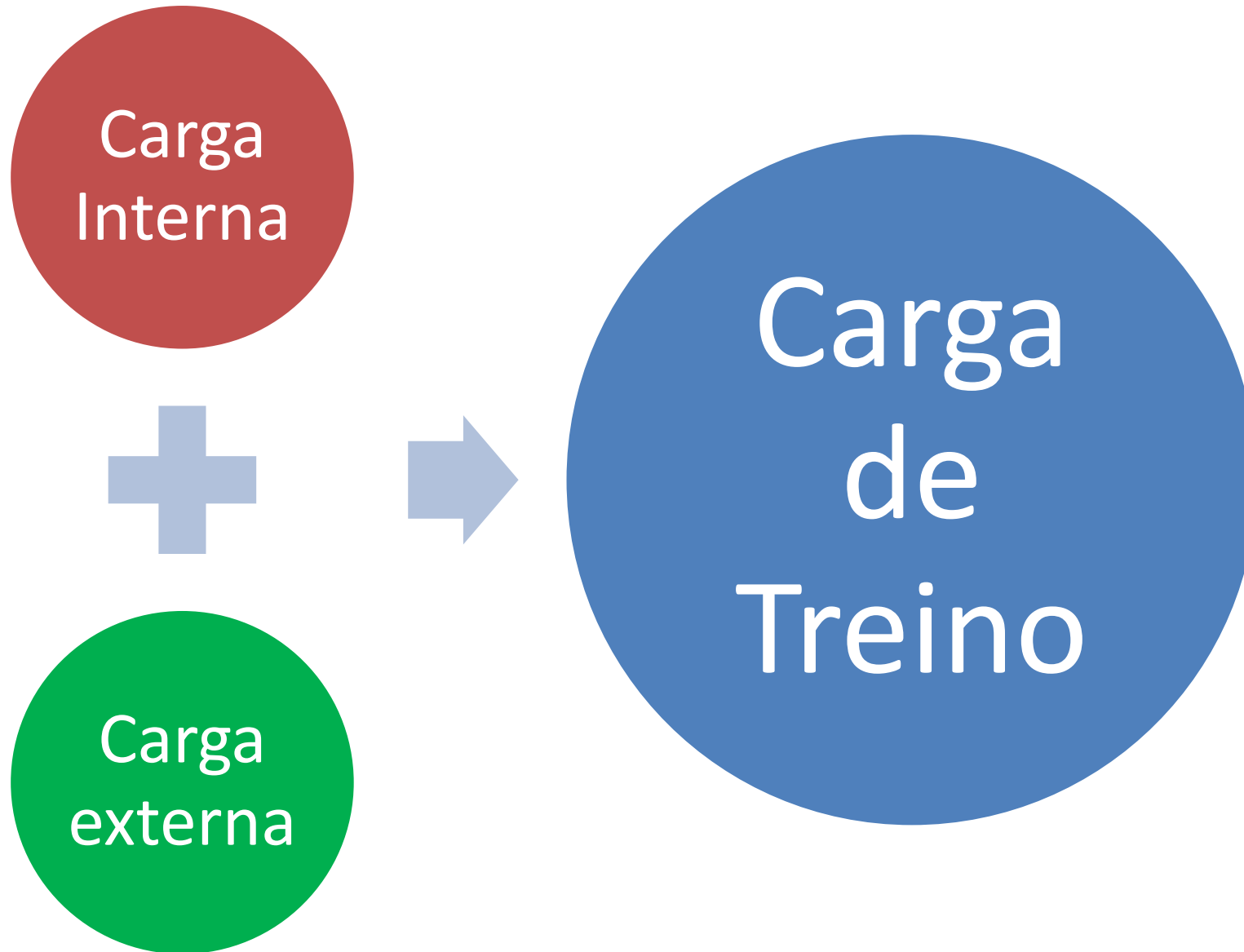
- Mujika, I. (2016). Quantification of Training and Competition Loads in Endurance Sports: Methods and Applications. *Int J Sports Physiol Perform*, 1-25.
doi:10.1123/ijssp.2016-0403

Objetivos da quantificação da carga de treino

- É essencial para avaliar a resposta do atleta ao treino:
- Assegurar o equilíbrio adequado entre a carga e a adaptação
- Determinar a relação entre o treino e o desempenho (performance)
- Importante avaliar a carga interna e externa uma vez que a carga externa não mede o stress biológico imposto pelo exercício/ sessão de treino

Monitorização da carga de treino

- Permite:
 - Predizer o desempenho (no período de taper pode ser predito $\approx 3\%$ (0,5-6,0%), reduzindo a incerteza no resultado
 - Planear, periodizar e implementar a quantidade de estímulos treino adequados.
 - Monitorizar a fadiga prevenindo o OT ou NFOR, a partir da informações fisiológicas (FC, VFC, Hormonas, etc) e psicológicas (RPE, DALDA, RESTQ, POMS).



Exemplos de medidas de carga interna e externa

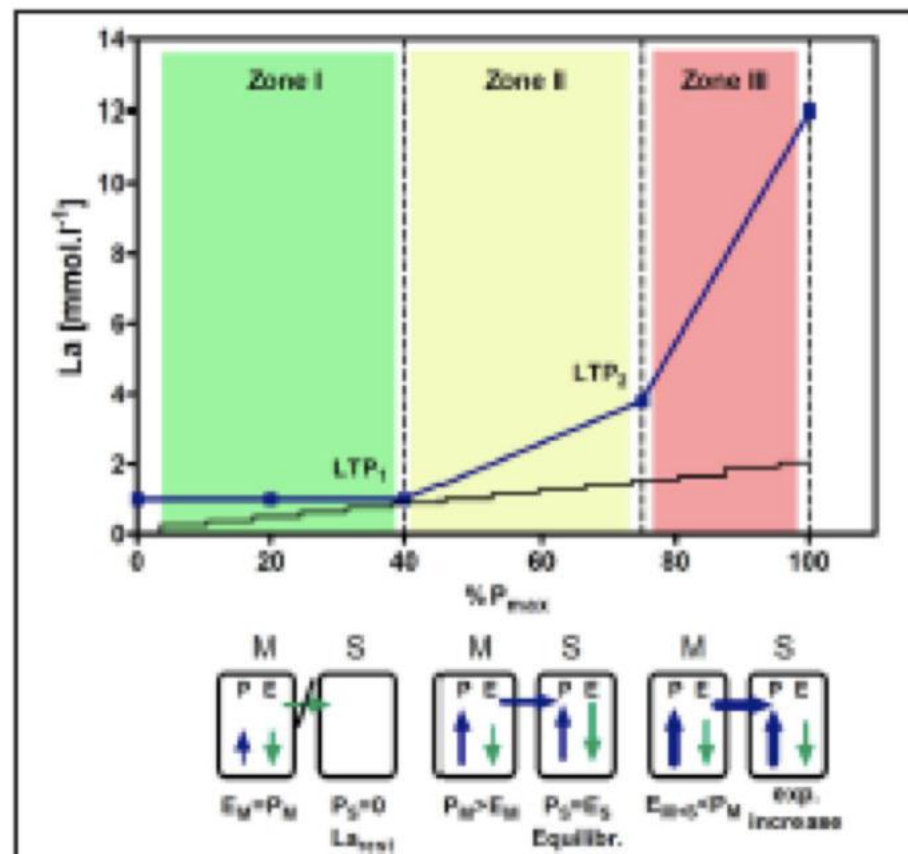
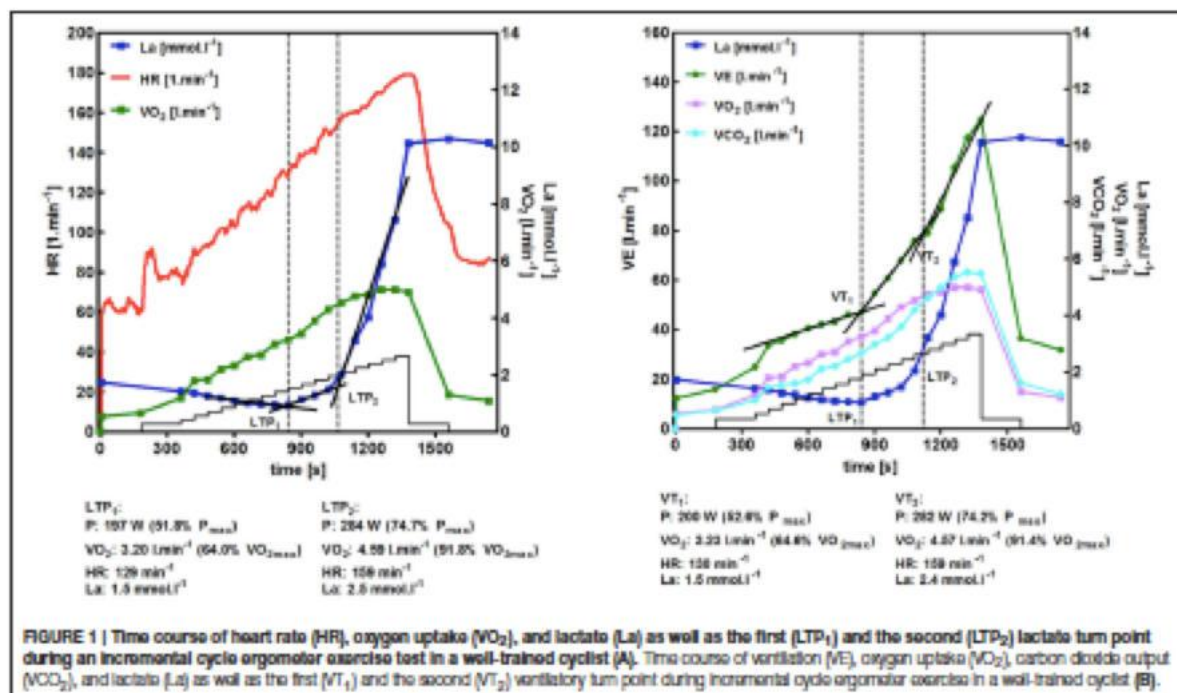
Table 1 Measures of external and internal load

External load	Internal load
<ul style="list-style-type: none">▶ Frequency (/day/week/year)▶ Time (minutes, seconds)▶ Accelerometer loads▶ Distance covered▶ High speed distance covered▶ Jumps completed▶ Power output, speed, acceleration▶ Time-motion analysis▶ Neuromuscular function▶ Weight lifted▶ Throws/pitches/bowls performed	<ul style="list-style-type: none">▶ Session-rating of perceived exertion (RPE*minutes)▶ HR:RPE ratio▶ TRIMP (HR-based training impulse)▶ Blood lactate▶ Lactate:RPE ratio▶ Recovery/stress/wellbeing questionnaires (eg, Recovery Stress Questionnaire for Athletes—REST-Q; Daily Analysis of Life Demands for Athletes—DALDA, Profile of Mood States—POMS)

Various examples for quantifying both external and internal workload. ^{29 32 79}

(Windt & Gabbett, 2016). 12

Quantificação da carga de treino



Hofmann, P., & Tschakert, G. (2017). Intensity- and Duration-Based Options to Regulate Endurance Training. *Front Physiol*, 8, 337. doi:10.3389/fphys.2017.00337

Determinação das zonas de intensidade de treino

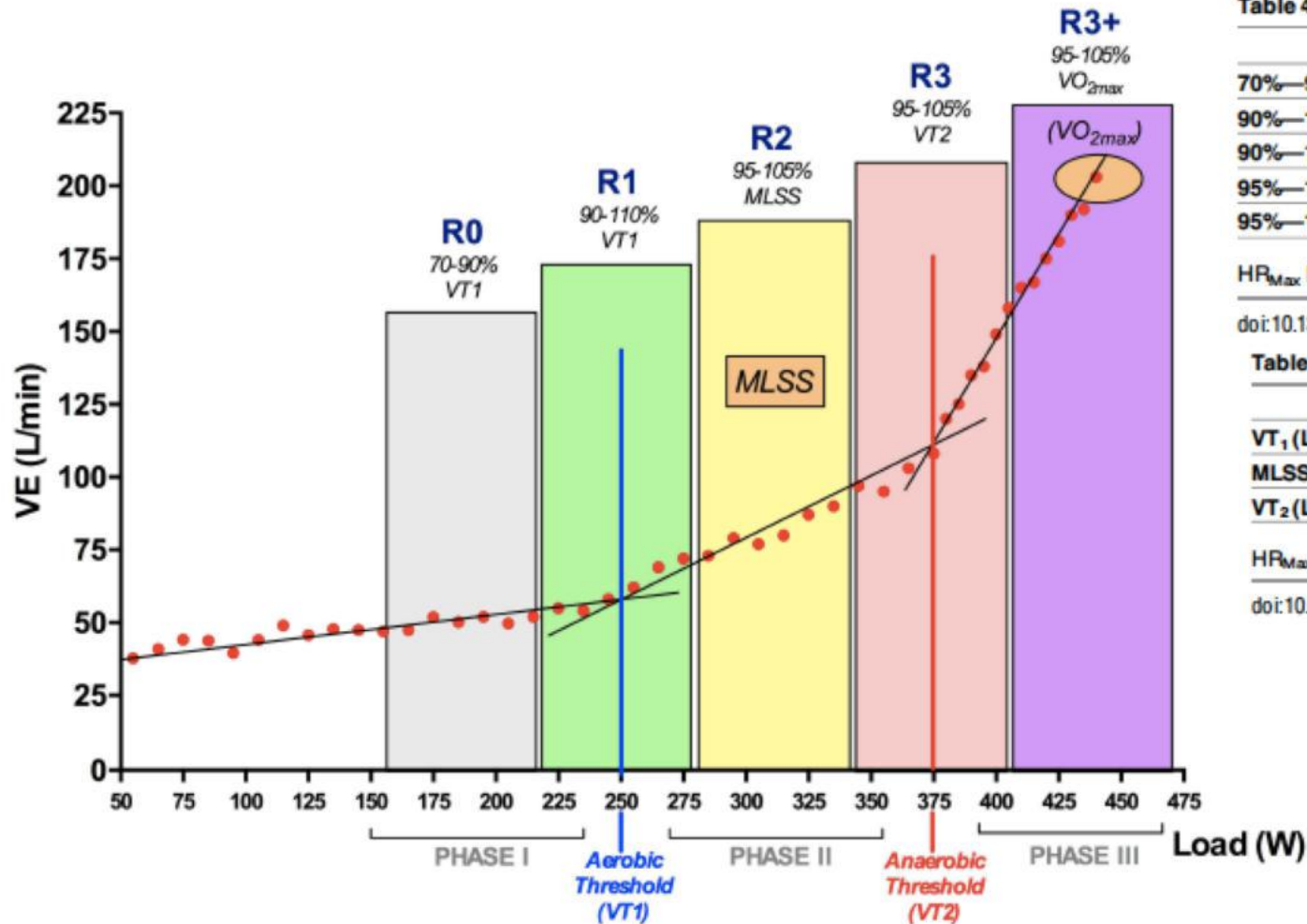


Fig 4. Scheme of physiological events and training zones proposed by the authors.

doi:10.1371/journal.pone.0163389.g004

Table 4. Personal author's approach for exercise prescription (training zones).

Percentage	Zone	HR _{Max} (%)	HRR (%)	RPE
70%—90% VT ₁ or LT	R0	52%—67%	53%—62%	8—9
90%—110% VT ₁ or LT	R1	67%—82%	62%—71%	10—11
90%—100% MLSS or LT+0.5	R2	82%—87%	71%—85%	12—14
95%—105% VT ₂ or LT+2.0	R3	87%—95%	85%—94%	15—16
95%—105% VO _{2max}	R3+	95%—100%	95%—100%	17—19

HR_{Max} Maximal heart rate, HRR Heart rate reserve, RPE rate of perceived exertion.

doi:10.1371/journal.pone.0163389.t004

Table 3. 95% confidence interval for each physiological event.

	HR _{Max} (%)	HRR (%)	RPE
VT ₁ (LT)	71%—78%	62%—71%	11—12
MLSS (LT+0.5)	81%—87%	76%—83%	13—13
VT ₂ (LT+2.0)	87%—92%	83%—89%	14—15

HR_{Max} Maximal heart rate, HRR Heart rate reserve, RPE rate of perceived exertion.

doi:10.1371/journal.pone.0163389.t003

Pallares, J. G., Moran-Navarro, R., Ortega, J. F., Fernandez-Elias, V. E., & Mora-Rodriguez, R. (2016). Validity and Reliability of Ventilatory and Blood Lactate Thresholds in Well-Trained Cyclists. *PLoS One*, 11(9), e0163389. doi:10.1371/journal.pone.0163389

Carga interna

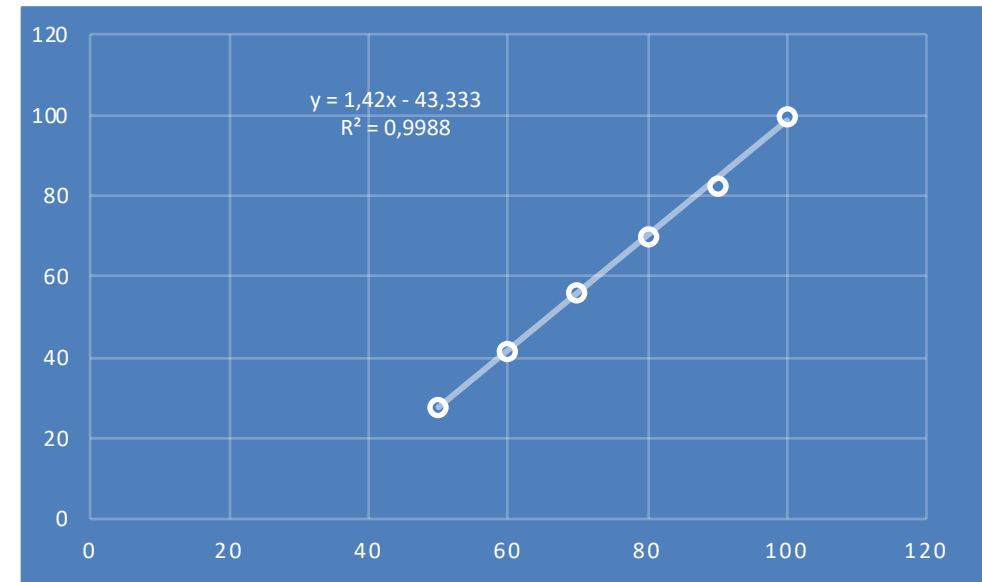
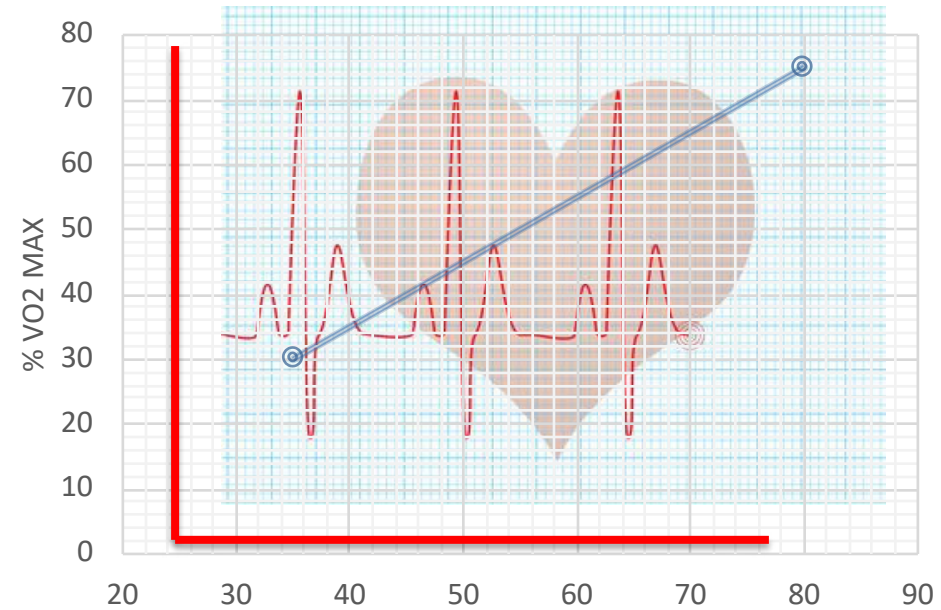


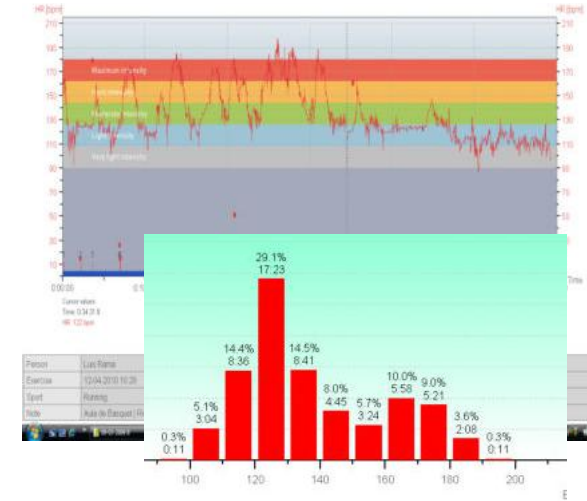
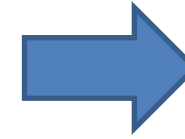
Marcadores Fisiológicos

- Frequência cardíaca
 - FC Máx
 - FC repouso
 - Resposta ortoestática
 - TRIMPs
 - HRV
- Lactatemia
 - Limiar láctico
 - Limiar anaeróbio
 - HR/La
 - vel ou potencia/La
- Resposta hormonal
 - Testosterona
 - Cortisol
 - T/C
- Resposta imunitária
 - WRSS
 - slgA
 - α -amylase

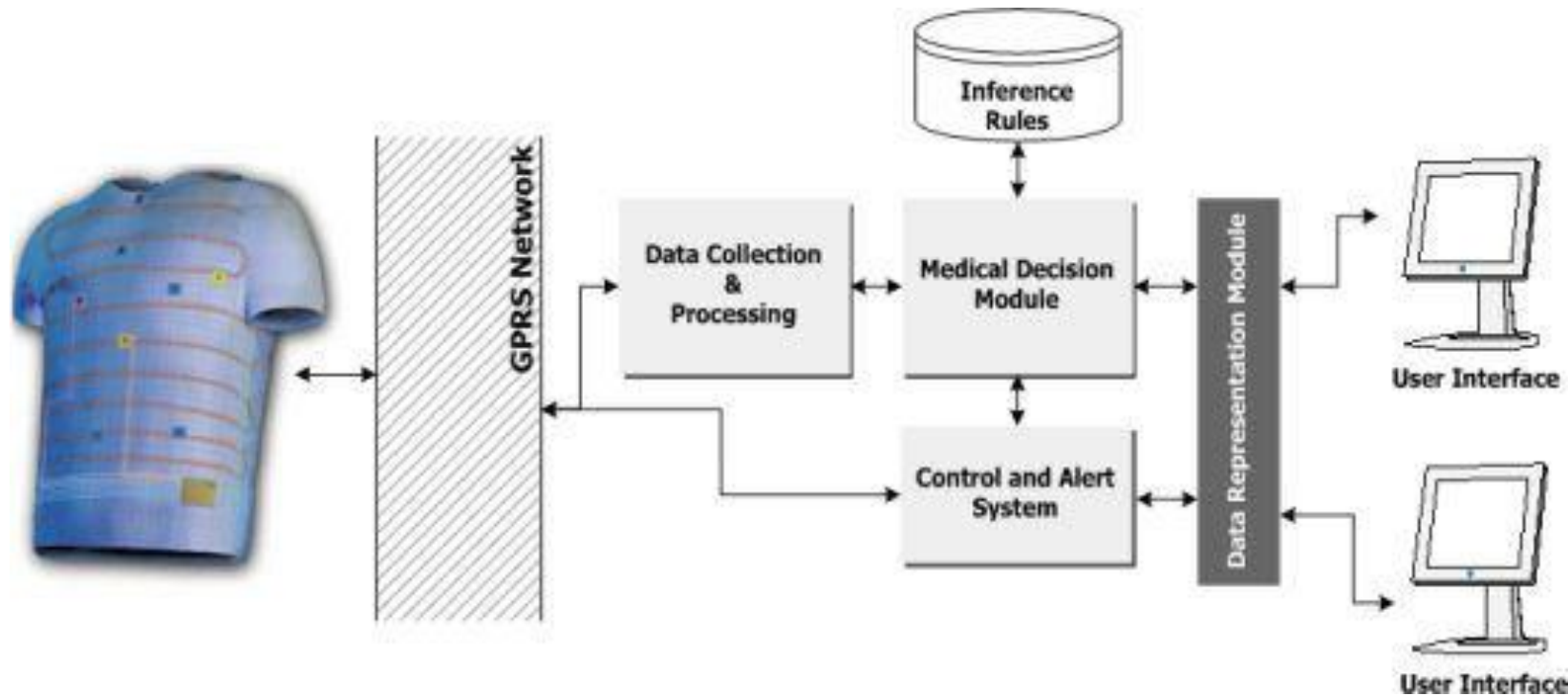
Frequência Cardíaca

% FC	% VO2max
50	28
60	42
70	56
80	70
90	83
100	100

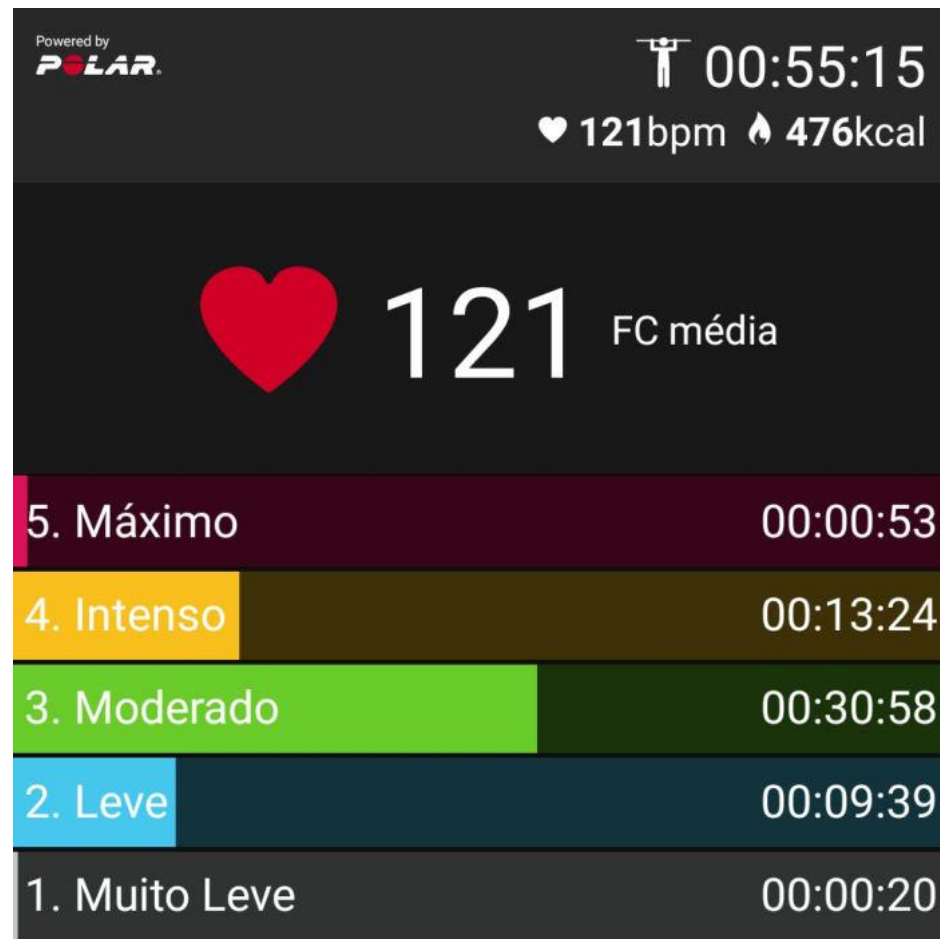




<http://www.polar.fi>



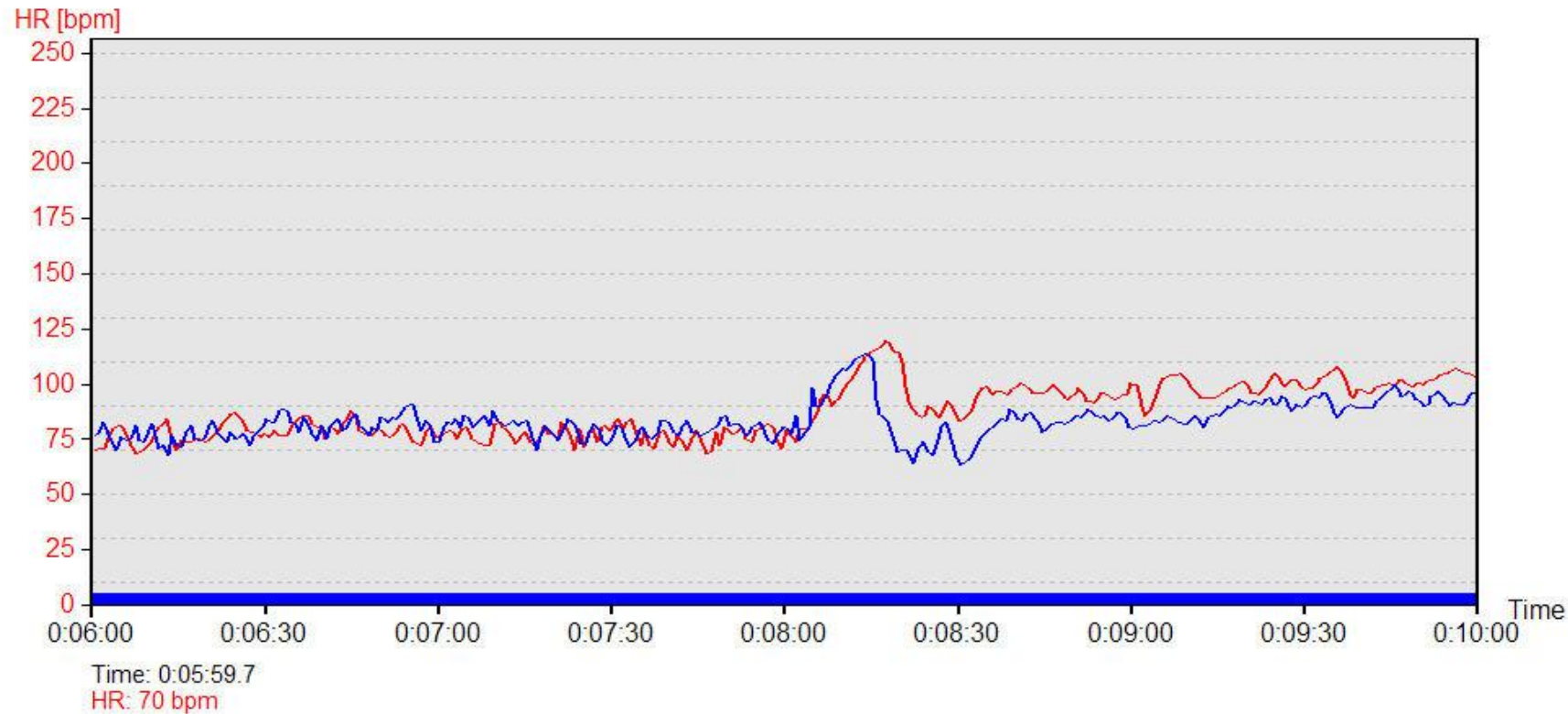
<http://www.health-wear.eu>



Frequência Cardíaca e detecção da fadiga

- O controlo da FC em repouso, é frequentemente utilizado na detecção da fadiga;
- Na detecção da fadiga através da FC observam-se dois tipos distintos de fadiga:
 - uma fadiga simpática associada ao aumento da pressão arterial e da frequência cardíaca,
 - outra parassimpática, com a pressão arterial e a FC em repouso a comportarem-se de forma oposta, que é observado frequentemente em atletas de provas de longa duração (Fouillot et al., 2003).

Test Orthostatic (Rusko, Härkönen & Pakarinen 1994)



No	Exercise	Date	Cursor HR	Heart rate	Duration	Note
1. —		03-04-2006	78	79 / 114	0:10:15.0	
2.		29-05-2006	70	80 / 240	0:10:04.6	

Decúbit dorsal manter 10', considerar a média da FC dos últimos 2'. O atleta levanta-se e verifica-se o valor aos 15 ", 90" e 120 ". A alteração significativa 2 minutos após o levantar (> 10 batimentos.min⁻¹) pode indicar um estado de recuperação insuficiente com impacto no desempenho.

Comportamento da FC em atletas

- FC max - tende a mostrar uma redução na resposta ao treino aeróbico e aumento na conicidade
- FC submáxima - tende a reduzir o valor para a mesma intensidade
- Um aumento da FC em repouso > 10 batimentos.min⁻¹ pode ser um sinal de NFOR ou de recuperação insuficiente
- Importante: o comportamento da FC requer controle de outras causas:
Ex. má qualidade do sono, ingestão insuficiente de HC, desidratação, temperatura corporal

Hooper, S. L. and L. T. Mackinnon (1995). "Monitoring Overtraining in Athletes: Recommendations." Sports Medicine **20(5): 321-327.**

Zavorsky, G. (2000). "Evidence and Possible Mechanisms of Altered Maximum Heart Rate With Endurance Training and Tapering." Sports Medicine **29(1): 13-26.**

FCmax

- A FCmax é semelhante entre atletas treinados, de predomínio aerobio e anaerobio.
- A FCmáx é significativamente menor nos atletas em comparação com não atletas da mesma idade
- As equações preditivas da Fcmax
 - $FCmax = 208 - (0,7 \times idade)$ Tanaka et al (2001) *,
 - $FCmax = 202 - 0.55 \times idade$, (atletas masculinos)
 - $FCmax = 216 - 1.09 \times idade$. (atletas femininos)

*TEM mais baixo quando comparado com a proposta da OMS (220-age)

Zavorsky, G. (2000). "Evidence and Possible Mechanisms of Altered Maximum Heart Rate With Endurance Training and Tapering." Sports Medicine **29(1): 13-26.**

Whyte, G. P., K. George, et al. (2008). "Training Induced Changes in Maximum Heart Rate." International Journal of Sports Medicine 29(2): 129-133.

Tanaka H, Monahan KD, Seals DR. (2001) Age-predicted maximal heart rate revisited. J Am Coll Cardiol. Jan;37(1):153-6.

Polar Endurance Intensity zones (HR)



FC de reserva

- Baseado na relação linear entre FC e intensidade do exercício (em intensidade estabilizada);
- Considera a amplitude da FC realmente disponível

$$\% \text{ FC reserva} = \frac{(\text{FC ex} - \text{FC}_{\text{Crest}}) \times 100}{\text{FC}_{\text{max}} - \text{FC}_{\text{Crest}}}$$

Karvonen & Vuorimaa, 1988

Zonas de intensidade de treino baseadas na %FCmax

% HRmax	Weight
50–60%	1, 60
70%	2, 70
80%	3, 80
90%	4
90–100%	5

Edwards, S. High performance training and racing. In: The Heart Rate Monitor Book. Edwards, S. ed. Sacramento: Feet Fleet Press, 1993. pp. 113–123.

O que é o TRIMP?

- O TRIMP é uma unidade arbitrária da carga de treino.
- Valoriza a intensidade (baseada na de frequência cardíaca de reserva) e na duração do exercício (medida em minutos).
- Constitui uma estratégia de quantificar a carga de treino representado por um único número (Couts, 2014).

TRIMPS

$$\text{TRIMP (Banister 1991)} = T \times D_{FC} e^{(1,92) \text{ males}; (1,67) \text{ females} \times D_{FC}}$$

$$\text{TRIMP (Stagno,2007)} = T * 0.1225 * D_{FC} e^{3.9434 \times D_{FC}}$$

T – Duração, minutos
 $e \approx 2,718$

$$DFC = \frac{(FC_{max} - FC_{exercise})}{(FC_{max} - FC_{rest})}$$

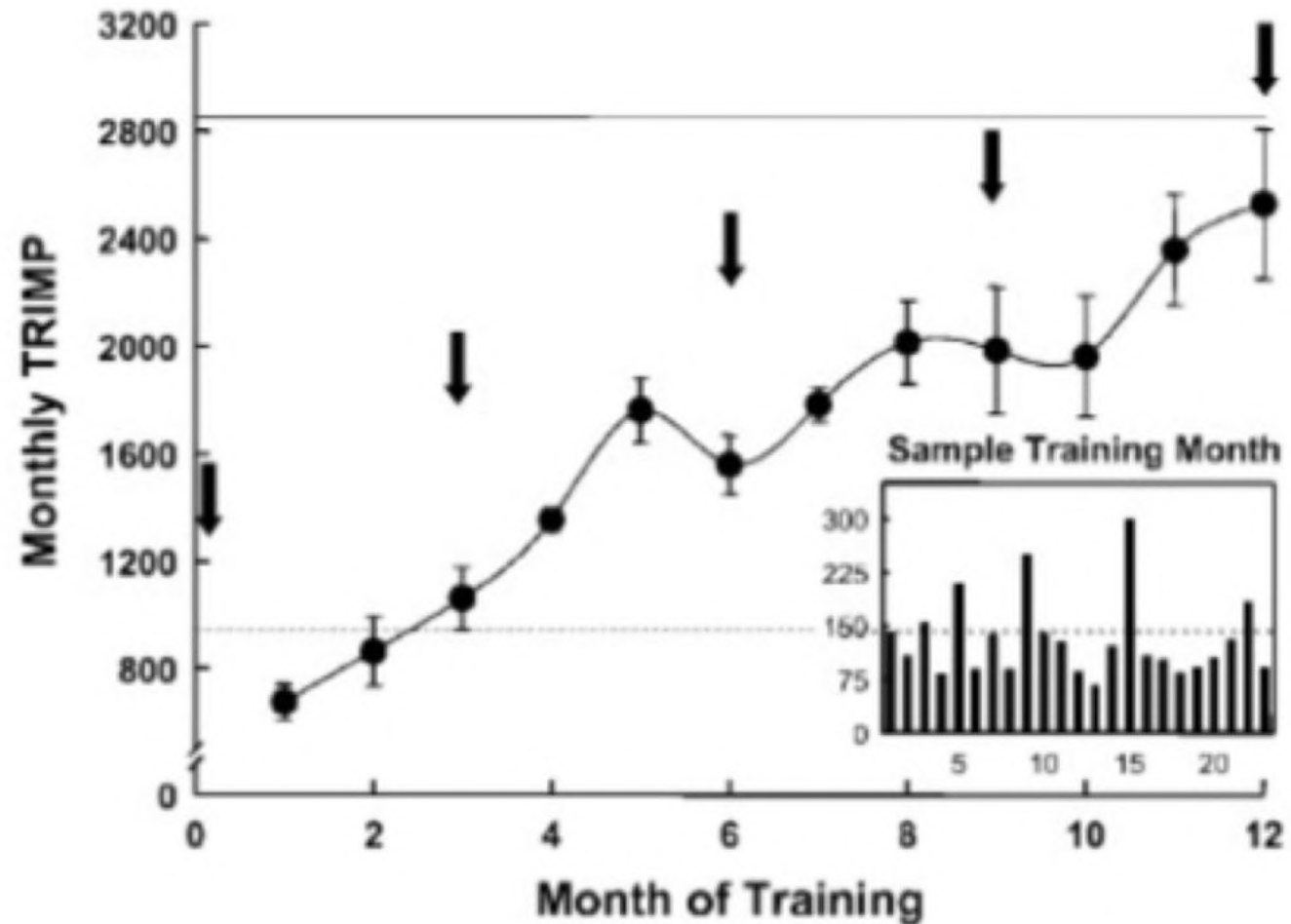
Bannister, E. (1991). Modeling elite athletic performance. In H. A. W. J.D. MacDougall, H.J. Green (Ed.), *Physiological Testing of the High-Performance* (2ed ed., pp. 403-424). Champaign, IL: Human Kinetics.

Banister, E., & Wenger, H. A. (1984). Monitoring Training. In J. D. McDougall, H. A. Wenger & H. J. Green (Eds.), *Physiological Testing of the Elite Athlete* (pp. 163-170). Longmeadow, Massachusetts, U.S.A.: Canadian Association of Sports Sciences

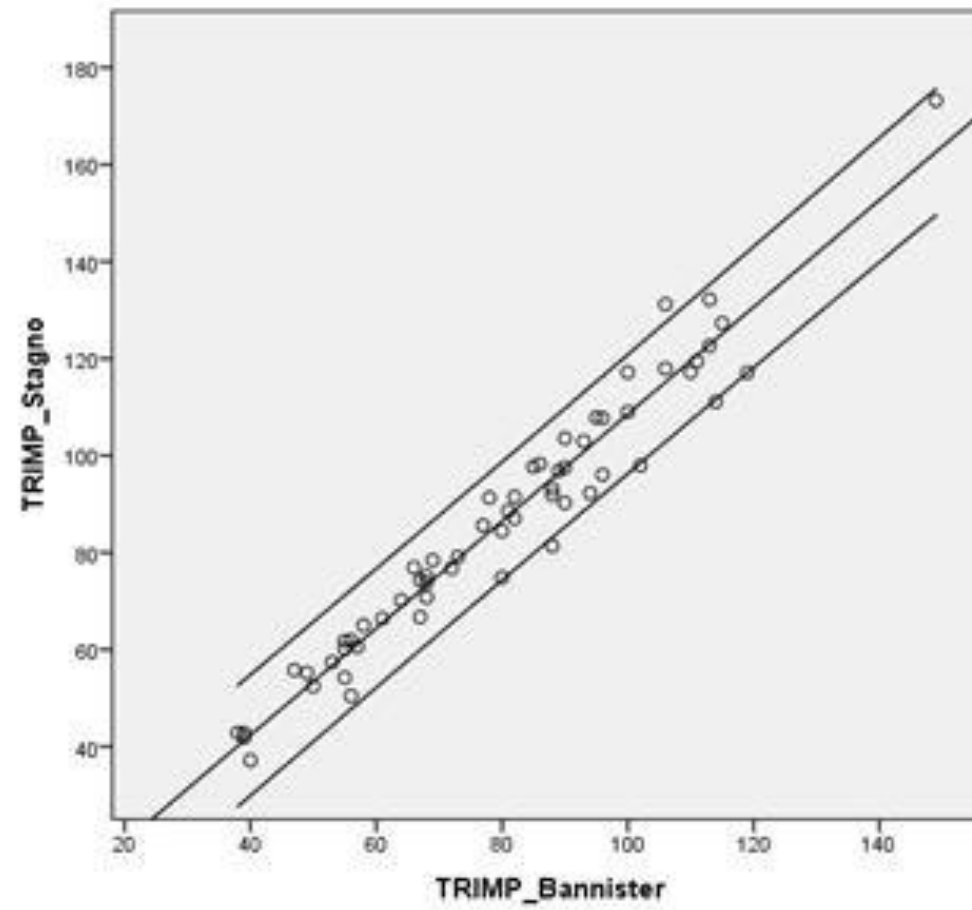
Sports Medicine Council of Canada.

Stagno, K., R. Thatcher, and K. van Someren, *A modified TRIMP to quantify the in-season training load of team sport players. Journal of Sports Sciences, 2007. 25(6): p. 629 – 634.*

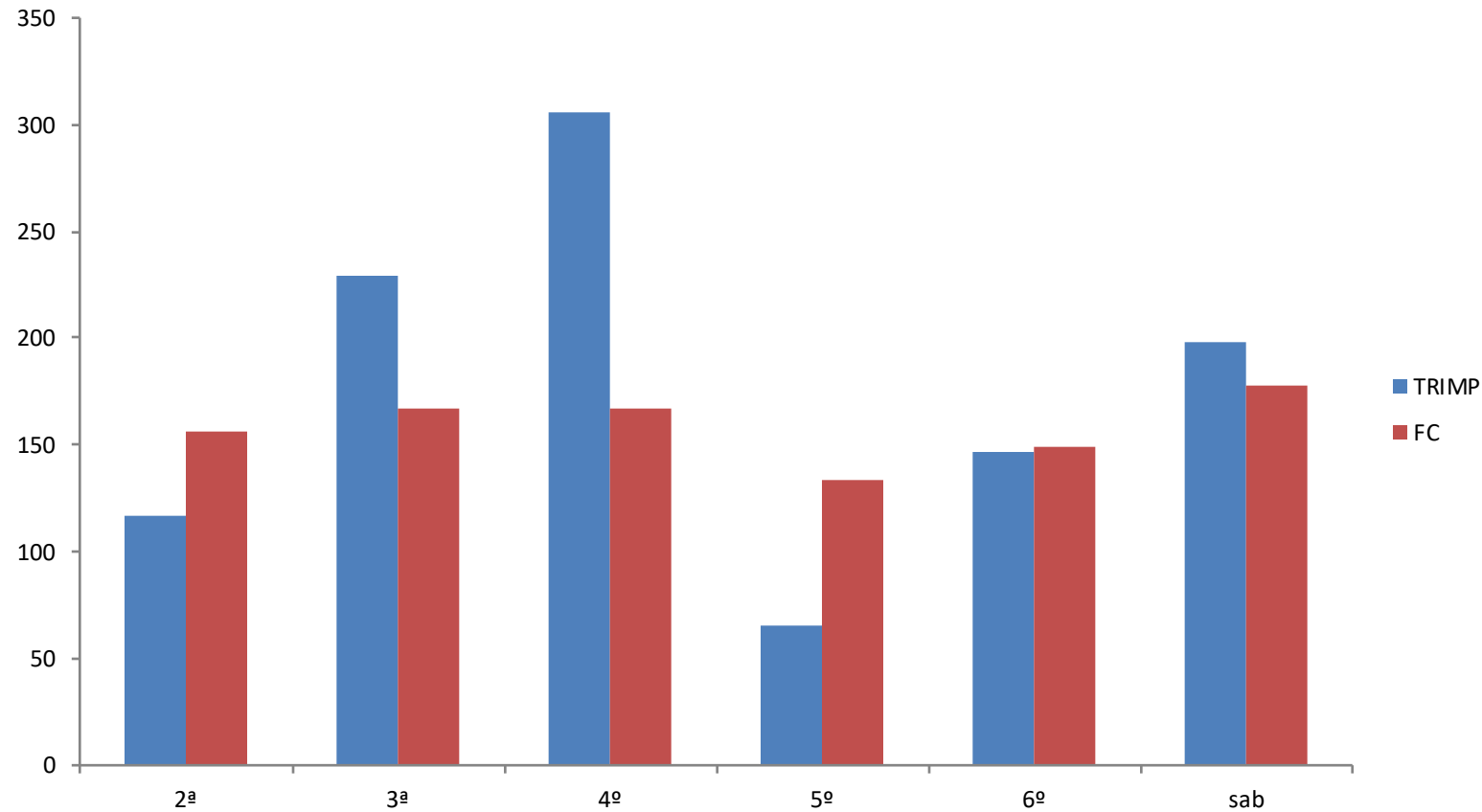
Modelação da carga (Banister, 1991)



TRIMP_{Stagno} / TRIMP_{Bannister}



Quantificação da carga - Desportos de resistência



Bannister, E. (1991). Modeling elite athletic performance. In H. A. W. J.D. MacDougall, H.J. Green (Ed.), *Physiological Testing of the High-Performance* (2ed ed., pp. 403-424). Champaign, IL: Human Kinetics.

Stagno, K., Thatcher, R., & van Someren, K. (2007). A modified TRIMP to quantify the in-season training load of team sport players. *Journal of Sports Sciences*, 25(6), 629 - 634.

Impellizeri, F., Rampinini, A., Coutts, A., Sassi, A., & Marcora, S. (2004). Use of RPE-Based Training Load in Soccer. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 36(6), 1042-1047.

Correlação PE atleta / TRIMP e PE treinador/ TRIMP

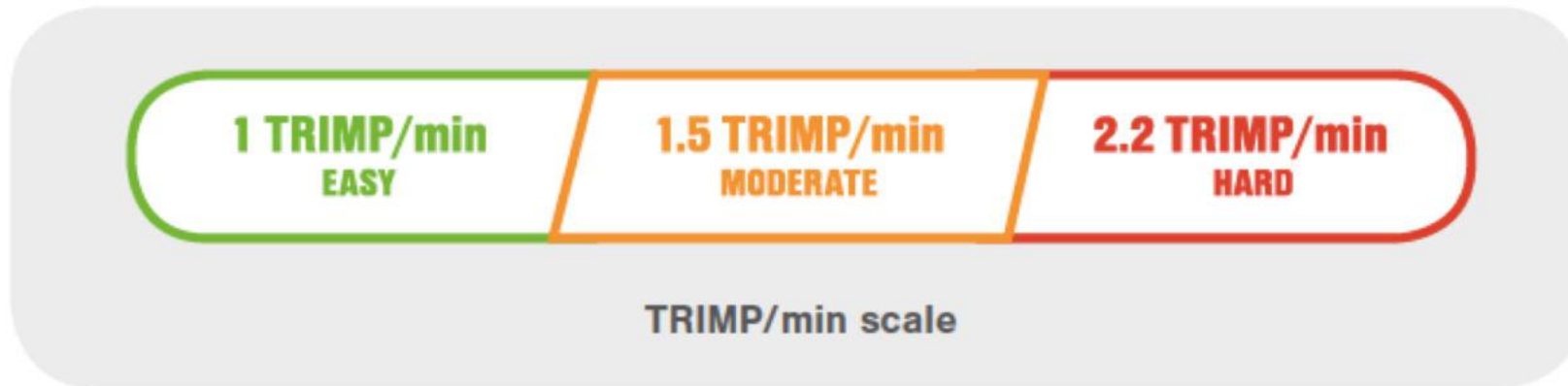
		TRIMPBannister	TRIMPStagno
PE atleta	<u>Spearman</u>	.390**	.454**
	<u>p</u>	.002	.000
	<u>N</u>	60	60
PE treinador	<u>Spearman</u>	.320**	.391*
	<u>p</u>	.013	.002
	<u>N</u>	60	60
* Correlação significativa para um nível $\leq ,05$		□	
** Correlação significativa para um nível $\leq ,01$			

Bodyguard Firstbeat equipment



Memória: 20 dias registo RR
Sample rate : 1.000 Hz

TRIMPS (Firstbeat)



O que é TRIMP/min?

A densidade de treino

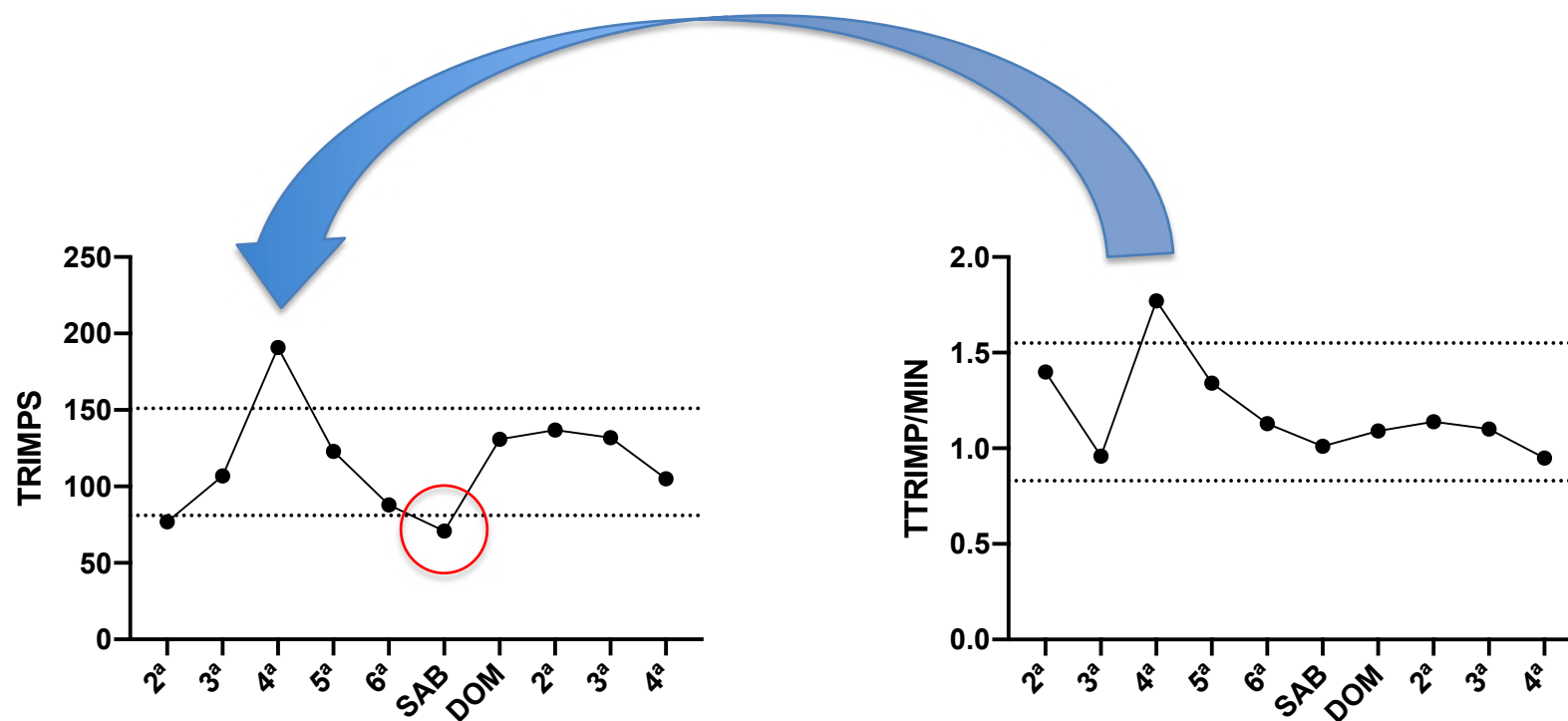
- **TRIMP / min identifica** a taxa em que a carga de treino (medida como TRIMP) é acumulada durante um período de tempo (min).
- Isso indica a densidade de carga do treino/exercício.
- Permite comparar o impacto da carga interna em diferentes durações de exercitação, nomeadamente comparar sessões mais curtas e de alta intensidade com outras situações de treino ou competição que podem durar várias horas.
- Ex. uma sessão pode resultar 108 TRIMP totais, no entanto, como essa sessão teve a duração de 45 minutos, a pontuação do TRIMP / min é de 2,3.

A medida TRIMP/min tempo real no equipamento Firstbeat[®]?

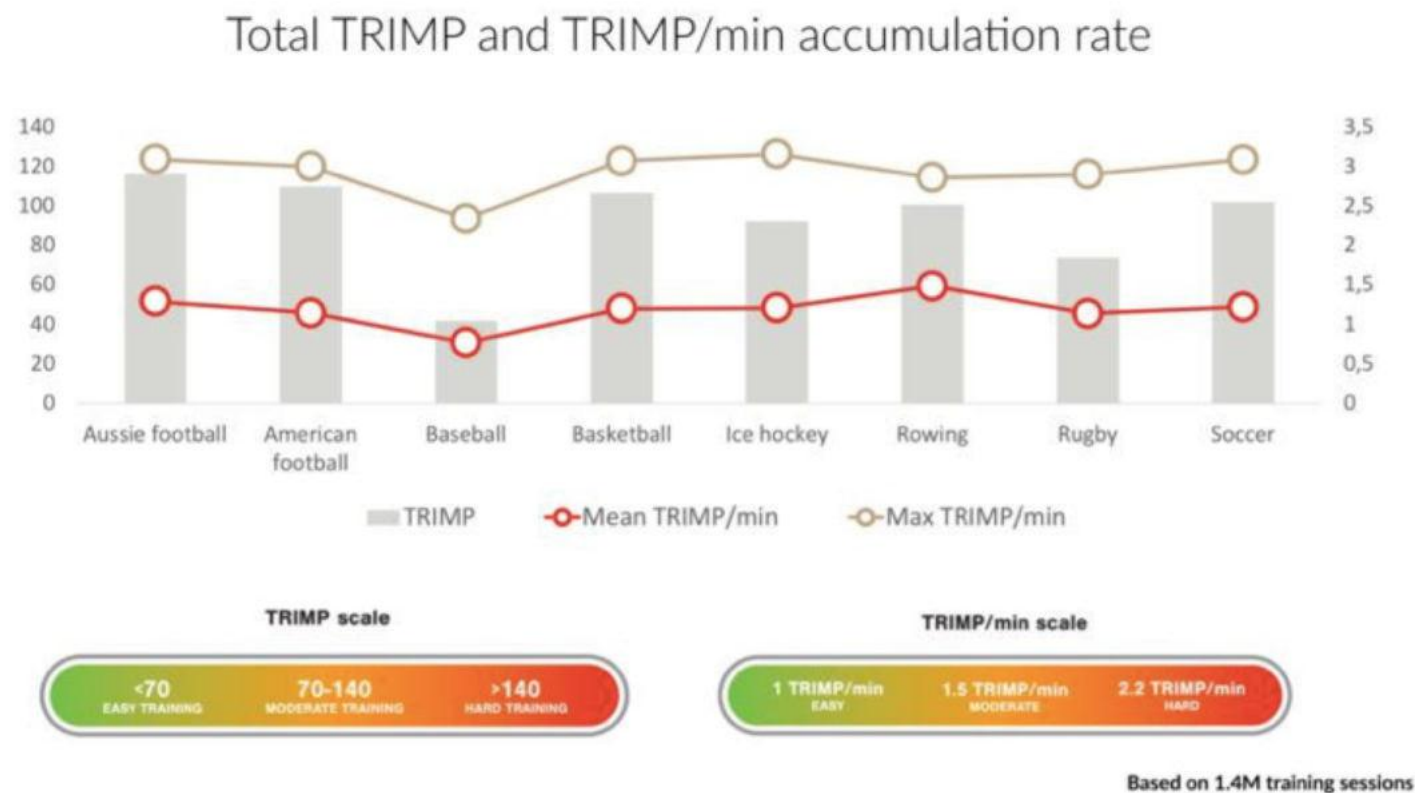
- O TRIMP/min em tempo real mostra a uma média móvel considerando os derradeiros 60 segundos da acumulação de TRIMP.
- Permite avaliar a resposta do atleta à intensidade da sessão em qualquer momento.

TRIMPS – TRIMPS/MIN

Estágio de Badminton (Nunes, E. 20020)



Valores típicos de TRIMP and TRIMP/min em vários desportos



This table shows TRIMP and TRIMP/min data across various sports. The left axis represents TRIMP. The right axis represents TRIMP/min.

Modelos simplificados de Quantificação baseados na FC

Session intensity (%) = $\sum (\text{parcial intensity} \times \text{volume}) / \text{total volume}$ (Bompa, 1983)

% FC Max	Tempo x Score (x)
50 - 60	1
60 - 70	2
70 - 80	3
80 - 90	4
90 - 100	5

Foster, 1995

Zona de Int	%FCmax	Score (x)
1	65 - 71	1,25
2	72 - 78	1,71
3	79 - 85	2,54
4	86 - 92	3,61
5	93 - 100	5,16

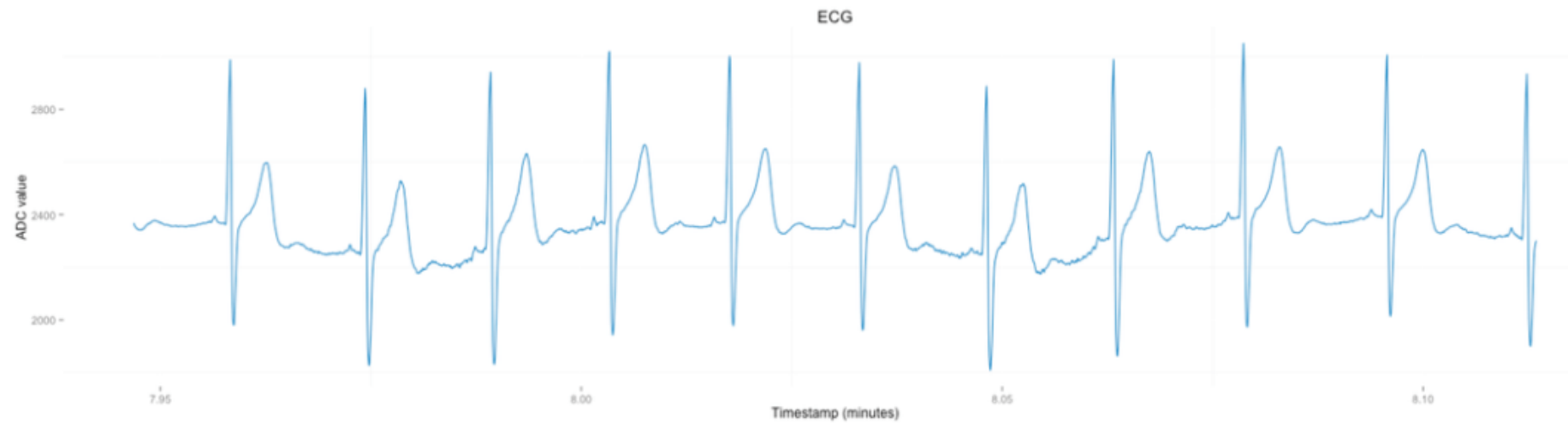
Edwards (1992

Bompa, T. (1983). *Theory and Methodology of Training* (3th ed.). Dubuque. Iowa: Hunt Publishing.

Foster, C., L.L. Hector, R. Welsh, M. Schrager, M.A. Green, and A.C. Snyder. 1995. *Effects of specific versus cross-training on running performance*. European Journal of Applied Physiology, 70(4): 367-372.

Edwards, S. (1992). *The heart rate monitor book*. Sacramento, CA: Fleet Fleet Press, Port Washington, N.Y.

HRV – Variabilidade da Frequência Cardíaca



Utilidade da Variabilidade da Frequência Cardíaca (VFC/HRV)

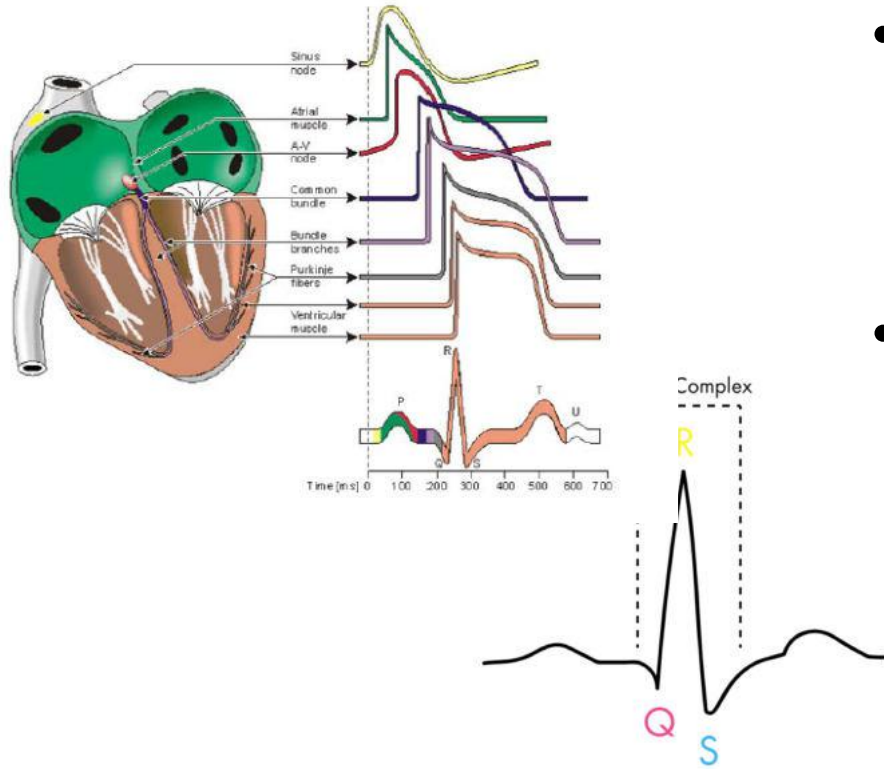
- O controlo da VFC em repouso tem ganho importância crescente na monitorização do treino em atletas e praticantes regulares de exercício
- É aceite que alterações substanciais nos valores da VFC associados a alterações negativas do âmbito psico-emocional constituem um sinal de sobrecarga excessiva com eventuais consequências no desempenho

Faude, O., Kellmann, M., Ammann, T., Schnitker, R., & Meyer, T. (2011). Seasonal changes in stress indicators in high level football. *Int J Sports Med*, 32(4), 259-265. doi:10.1055/s-0030-1269894

Plews, D.J.; Laursen, P.B.; Stanley, J.; Kilding, A.E.; Buchheit, M. Training adaptation and heart rate variability in elite endurance athletes: Opening the door to effective monitoring. *Sports Med*. 2013, 43, 773–781.

Buchheit, M. Monitoring training status with HR measures: Do all roads lead to Rome? *Front. Physiol*. 2014, 5, 1–19.

O que é a VFC (HRV)



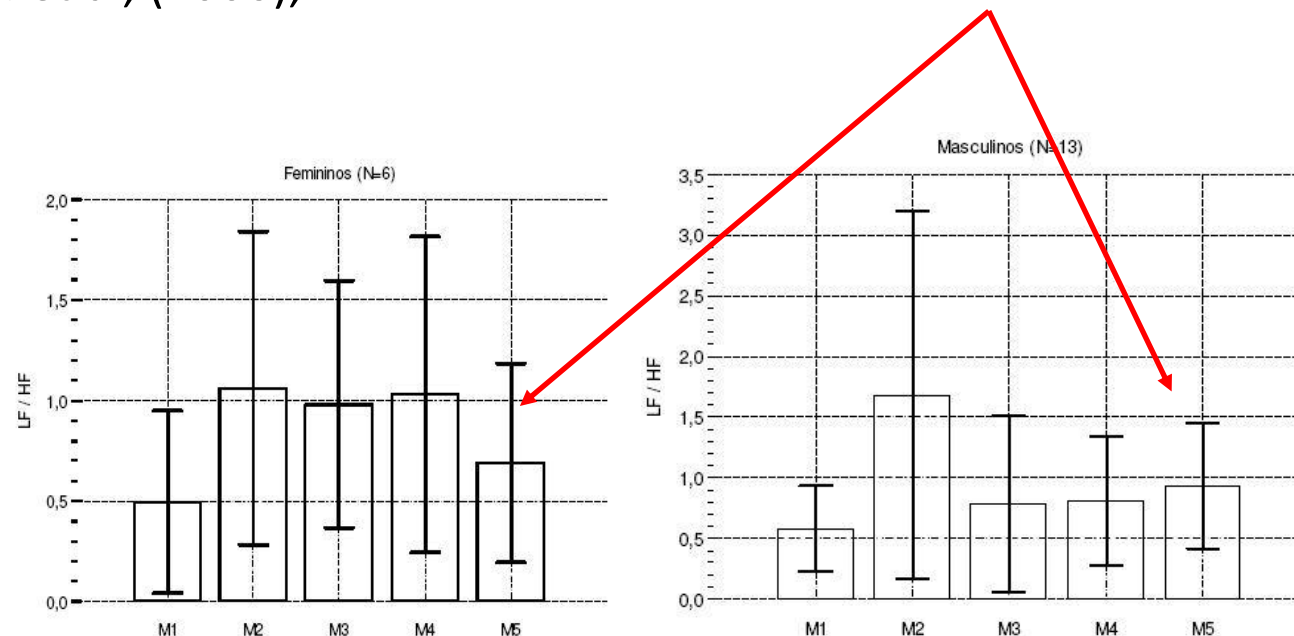
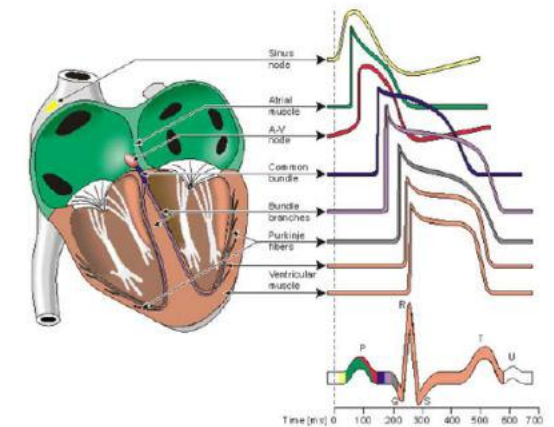
- Valores elevados de variabilidade da FC estão associados ao conceito de boa saúde ou condição física
- Ao contrário do que é entendido em relação à FC, Valores baixos de VFC estão associados a doença coronária e à mortalidade por causas diversas

Dekker, J. M., Crow, R. S., Folsom, A. R., Hannan, P. J., Liao, D., Swenne, C. A., & Schouten, E. G. (2000). Low Heart Rate Variability in a 2-Minute Rhythm Strip Predicts Risk of Coronary Heart Disease and Mortality From Several Causes. *Circulation*, 102(11), 1239-1244. doi:doi:10.1161/01.CIR.102.11.1239

O QUE SE DIZIA:

- Tendência para o sexo feminino apresentar valores significativamente inferiores de variabilidade da FC (Jensen-Urstad et al., 1997).
- A razão LF/ HF poderá ser preditor da adaptação à carga de treino (recuperação relativa)
- No estudo realizado com nadadores foi verificado a obtenção de resultados desportivos elevados quando a actividade parassimpática era elevada, e em contra partida, pioravam, quando a actividade parassimpática diminuía Atlaoui D. et al, (2006),

VFC



Rama, L. 2009

Necessidade de controlo rigoroso, na aquisição e tratamento do sinal para análise da VFC

Fatores que podem afetar as medições da VFC.

- A nicotina,
- A cafeína,
- A hora do dia,
- A atividade física,
- O consumo de álcool,
- A dieta,
- A digestão,
- A hidratação,
- A idade,
- O sexo

Boas práticas na medição da VFC

- **Como e quando realizar a medição:** De preferência ao acordar, de preferência deitado ou se não for possível sentado
 - Em condições standardizadas a RMSSD não deve variar mais do que 5 a 25ms
- **Frequência de medição:** de preferência diária mas pelo menos 3x semana
- **Condição ambiental:** ambiente confortável calmo e sem distrações. Evitar falar.
- **Tempo de recolha:** a literatura recomenda 5', mas 60" parecem ser suficientes para a avaliação da RMSSD

Aquisição de sinal

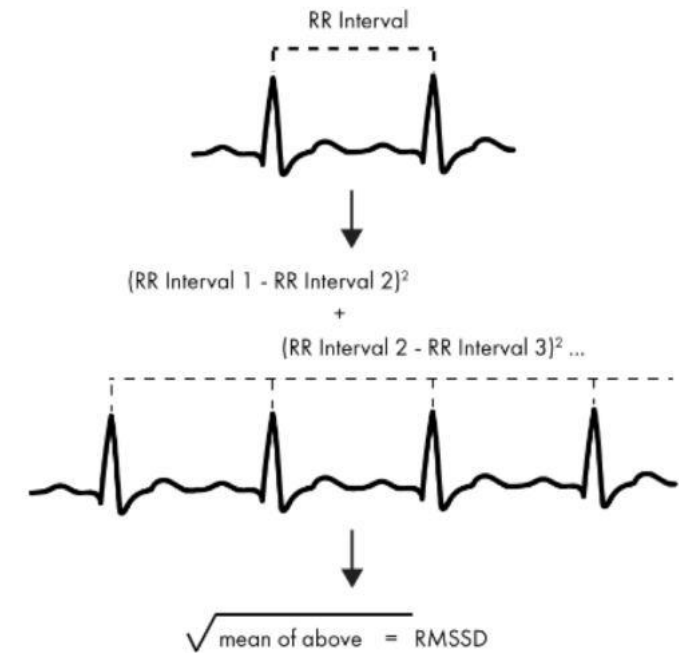
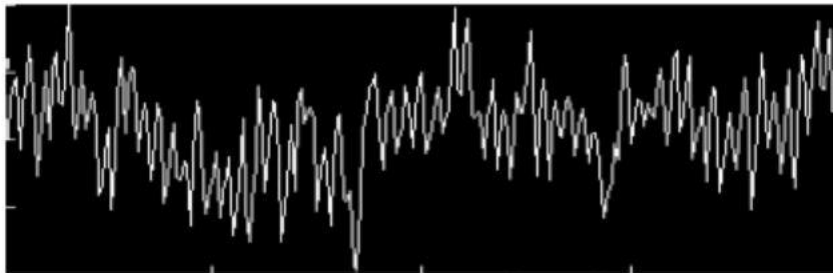
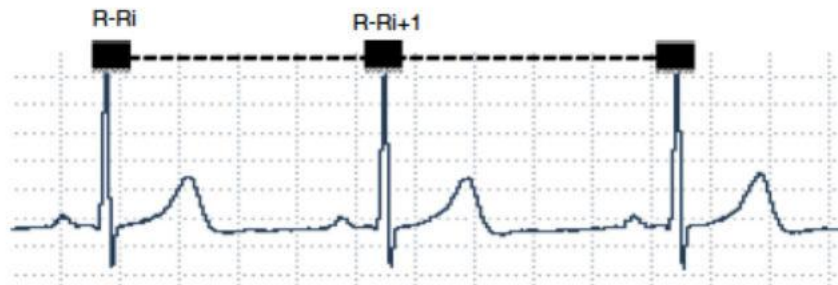
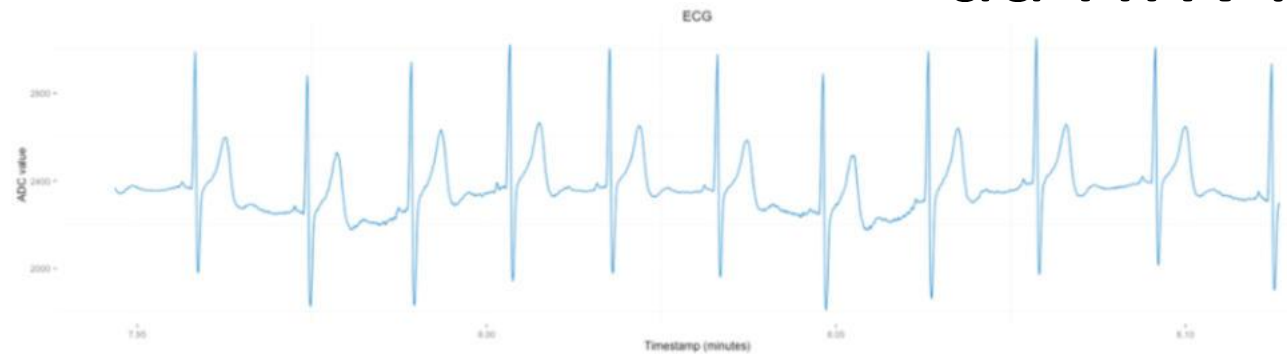
POLAR H10



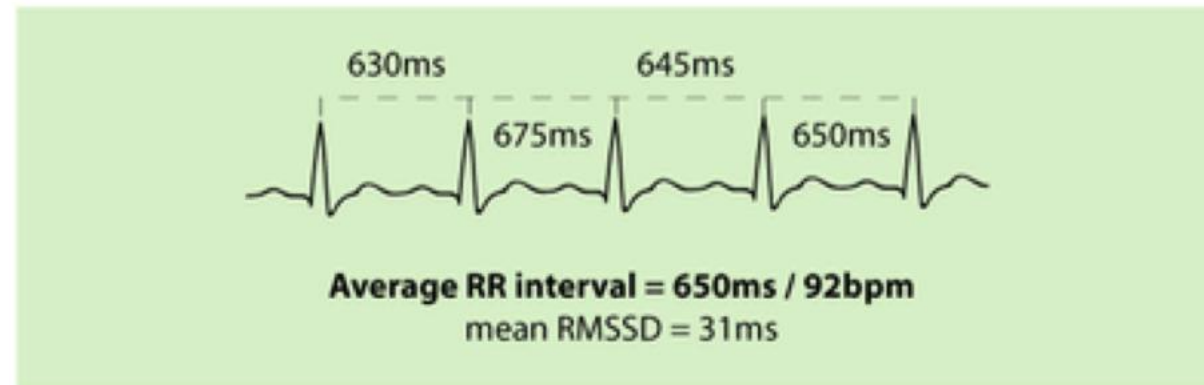
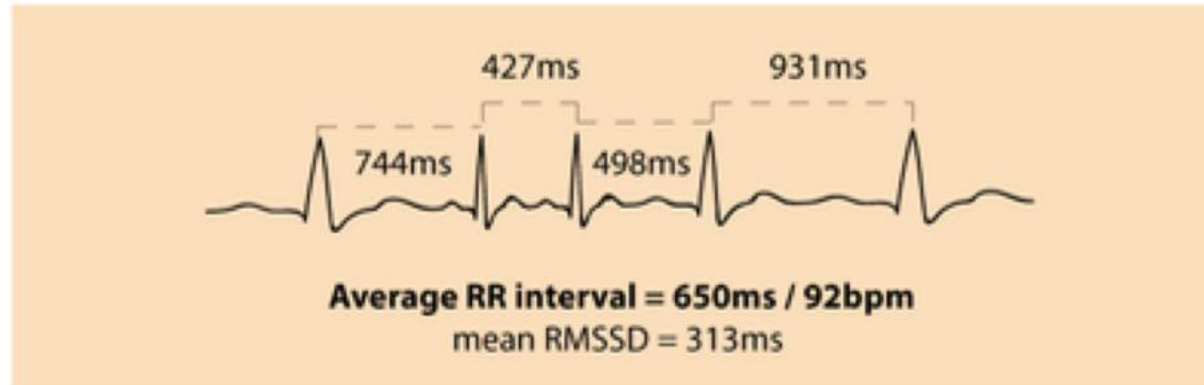
**POLAR
H7**



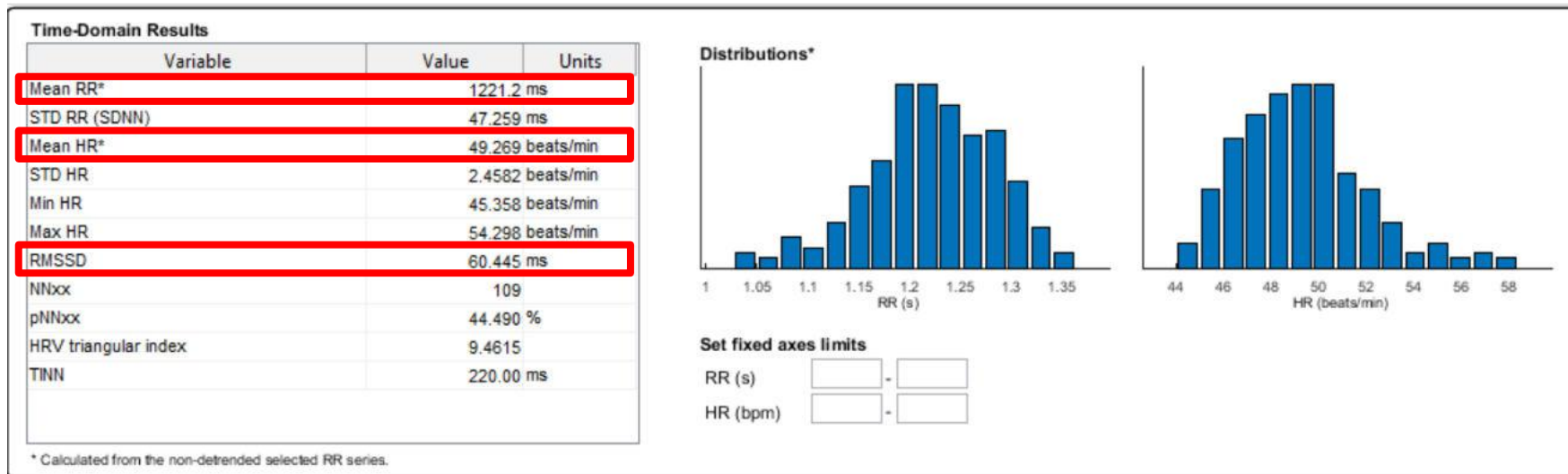
Como são calculados os parâmetros da HRV?



FC
versus
VFC
=
Ganho de
informação



Variáveis do Domínio Tempo



Em atletas de elite a relação entre a VFC e a deteção da inadaptção ao processo de treino OT/NFOR tem revelado resultados equívocos

↑ — Elevação da VFC (Hedelin et al. 2000b),

↓ — Decréscimo (Hynynen et al. 2006, 2008; Usitalo et al. 2000)

— Sem alteração (Hedelin et al. 2000a; Usitalo et al. 1998). =

Necessidade de correção de artefactos e batimentos ectópicos no sinal

- Comparando um valor RR com o valor medio local.
- São artefactos por exemplo valores em falta e a deteção desalinhada
- Batimentos ectópicos como contrações ventriculares prematuras ou outras arritmias
- Pode ser feita :
 - Automaticamente pelo software (ex EliteHRV ou HRV4 ou Kubios premium
 - Ou por decisão do investigador
 - Inspeção (25 a 30% na variação de RR consecutivos)
 - Ou pela aplicação de filtros presentes no software.

Tendência atual na utilização da VFC no controlo de atletas de elite

- O logaritmo natural (Ln) do quadrado da média da diferença de intervalos RR sucessivos (**LnRMSSD**) é considerado o valor de HRV mais adequado para monitorizar a adaptação e possíveis distúrbios com consequência para o desempenho
- O valor de **média** e **CV** da LnRMSSD podem ser **calculados numa base semanal** para analisar a variação da influência parassimpática fornecendo informação relevante da perturbação da homeostase
- São necessárias pelo menos 3 medições semanais para aceder a uma variação credível da variação vagal semanal (preferível 5 a 7 medições)
- Atletas com **valores baixos CV LnRMSSD** tendem a demonstrar **melhor condição aeróbia**, melhor **aptidão para a lidar com cargas de treino elevadas** e valores de **esforço percebido menores**

Plews, D.J.; Laursen, P.B.; Le Meur, Y.; Hausswirth, C.; Kilding, A.E.; Buchheit, M. Monitoring Training With Heart-Rate Variability: How Much Compliance Is Needed for Valid Assessment? Int. J. Sports Physiol. Perform. 2014, 9, 783–790

Buchheit, M. Monitoring training status with HR measures: Do all roads lead to Rome? Front. Physiol. 2014, 5, 1–19

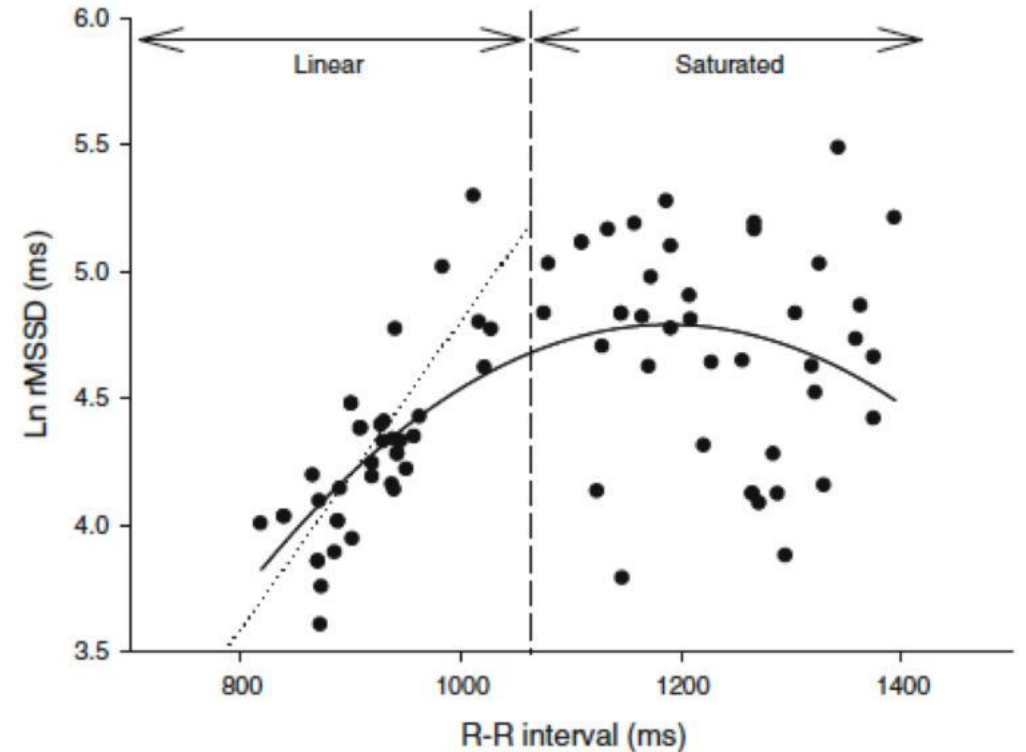
Boullosa, D.A.; Abreu, L.; Nakamura, F.Y.; Muñoz, V.E.; Domínguez, E.; Leicht, A.S. Cardiac Autonomic Adaptations in Elite Spanish Soccer Players During Preseason. Int. J. Sports Physiol. Perform. 2013, 8, 400–409.

No entanto...

- A moderada amplitude da maior parte das alterações detetadas limita sua utilidade pois as diferenças encontradas podem cair dentro da variabilidade quotidiana desses marcadores.
- Consequentemente, a interpretação correta das flutuações da FC ou da VFC durante o processo de treino requer que a comparação com outros sinais e sintomas.
- Uma variação de pelo menos $\approx 3\%$ deve ser considerada.

Saturação da VFC em atletas de elite

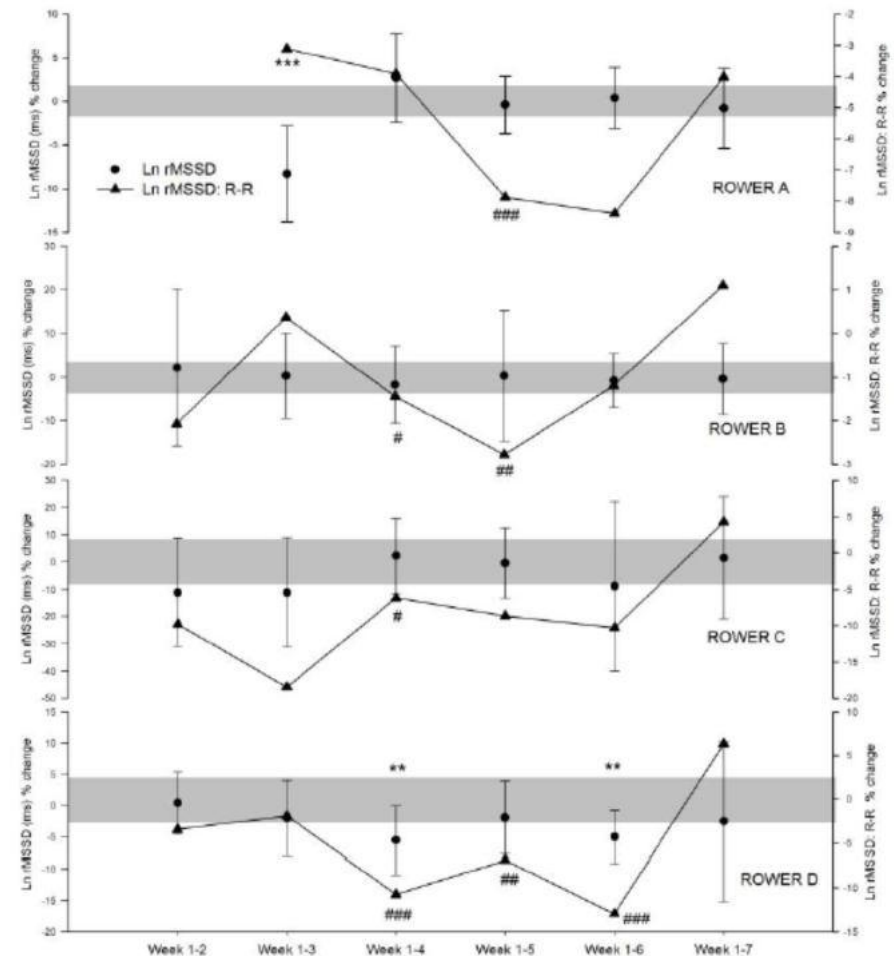
- É fundamental compreender o conceito de saturação da VFC em atletas de elite de modalidades de resistência (i.e., redução na HRV em paralelo com a redução da FC de repouso)
- O LnRMSSD reflete mais a modulação do que o tónus parassimpático em si (R-R intervalo).
- A saturação pode ser despistada através da razão (LnRMSSD :R-R intervalo), que simultaneamente considera alterações no tónus vagal (R-R) e na modelação vagal (VFC) em conjunto com a FC de repouso



Interesse na utilização do LnRMSSD médio e da razão LnRMSSD:R-R

- Para interpretar a fadiga ou prontidão para competir em atletas de elite, é sugerido o uso tanto o LnRMSSD (média semanal) como do rácio Ln RMSSD com o intervalo R-R (LnRMSSD:intervalo R-R).
- Reduções substanciais ($> 0,5$ do Cv) no LnRMSSD concomitante com aumento do intervalo R-R, parece ser um indicativo de fadiga
- A redução nos dois indicadores predizem bom estado de prontidão

Plews, D. J., Laursen, P. B., & Buchheit, M. (2016). Day-to-day Heart Rate Variability (HRV) Recordings in World Champion Rowers: Appreciating Unique Athlete Characteristics. *International journal of sports physiology and performance*, 1-19.

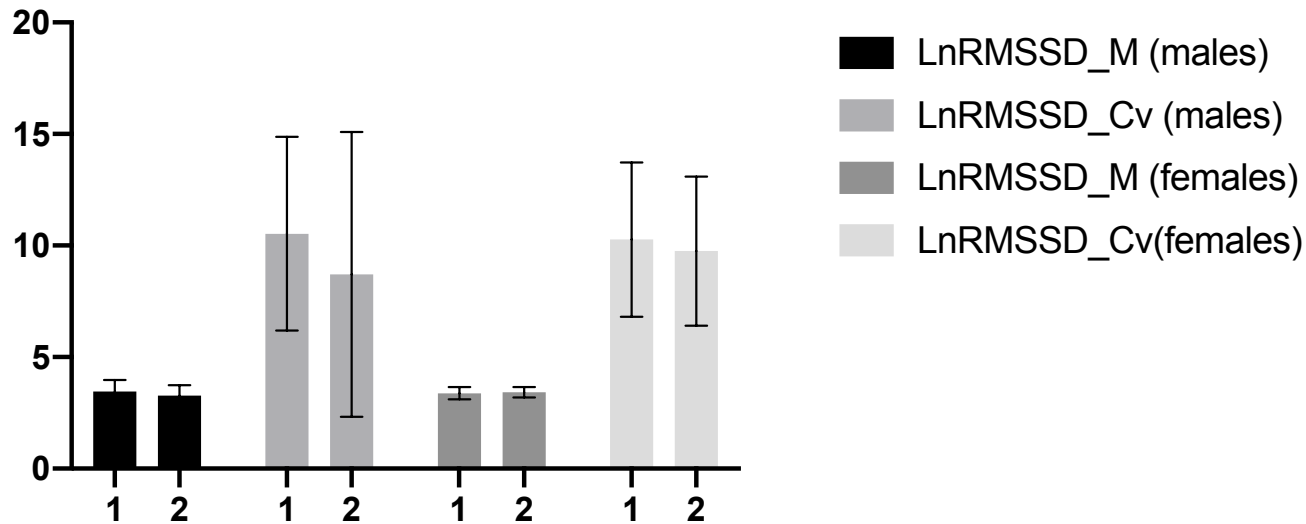


Recolhas de muito curta duração no controlo da VFC

- O controlo da lnRMSSD determinado num curto período de 1 minuto é sensível às mudanças induzidas pelo treino em jogadores de futsal tem utilidade para monitorizar a adaptação autonómicas cardíaca.

Nakamura, F. Y., Flatt, A. A., Pereira, L. A., Ramirez-Campillo, R., Loturco, I., & Esco, M. R. (2015). Ultra-Short-Term Heart Rate Variability is Sensitive to Training Effects in Team Sports Players. *JOURNAL OF SPORTS SCIENCE & MEDICINE*, 14(3), 602.

Exemplos de utilização da HRV na monitorização do treino em canoagem

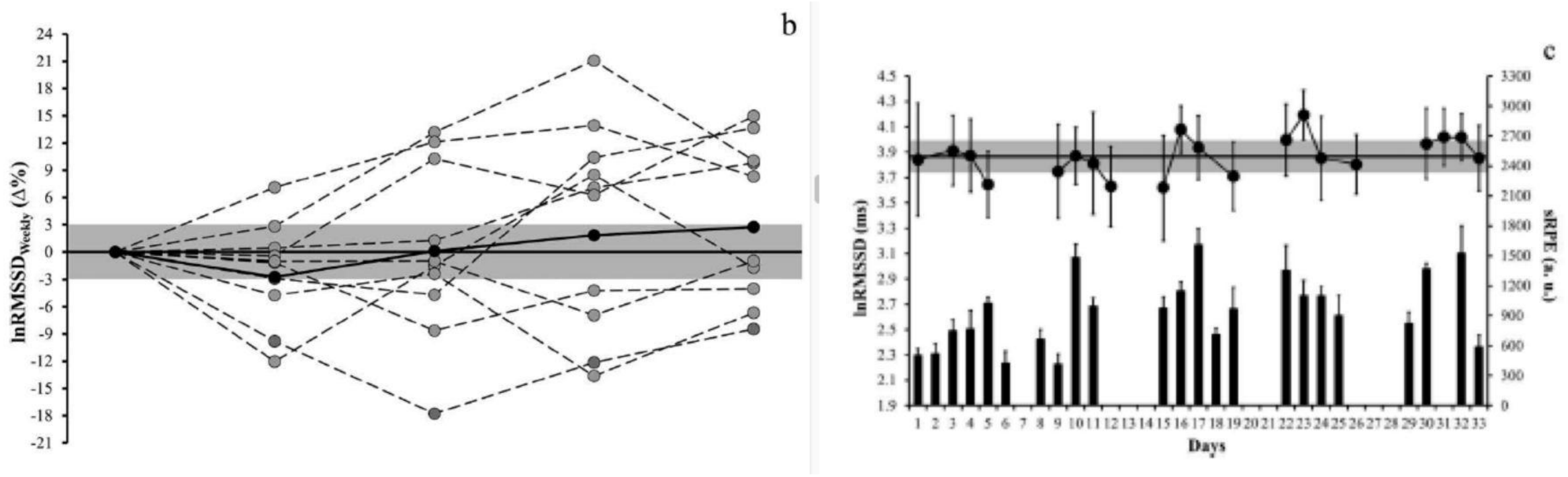


- 2 semanas de um estágio com canoístas;
- 21 jovens canoístas de elite (11 masculinos e 10 femininos)
- Foi usado o monitor Polar (Team) para recolhas de RR durante 2'. O 1º 1' foi descartado (estabilização) e o 2º usado para análise (software Kubios HRV Standard 3.0.0)

Coelho, A. B., Nakamura, F. Y., Morgado, M. C., Holmes, C. J., Baldassarre, A., Esco, M. R., & Rama, L. M. (2019). Heart Rate Variability and Stress Recovery Responses during a Training Camp in Elite Young Canoe Sprint Athletes. *Sports (Basel)*, 7(5), 126. doi:10.3390/sports7050126

Nakamura, F.Y.; Pereira, A.L.; Esco, M.R.; Flatt, A.A.; Moraes, J.E.; Cal Abad, C.C.; Loturco, I. Intraday and interday reliability of ultra-short-term heart rate variability in rugby union players. *J. Strength Conditioning Res.* 2017, 31, 548–551.

Individualidade na resposta da VFC em atletas de elite



Nakamura, F. Y., Pereira, L. A., Rabelo, F. N., Flatt, A. A., Esco, M. R., Bertollo, M., & Loturco, I. (2016). Monitoring weekly heart rate variability in futsal players during the preseason: the importance of maintaining high vagal activity. *Journal of Sports Sciences*, 34(24), 2262-2268. doi:10.1080/02640414.2016.1186282

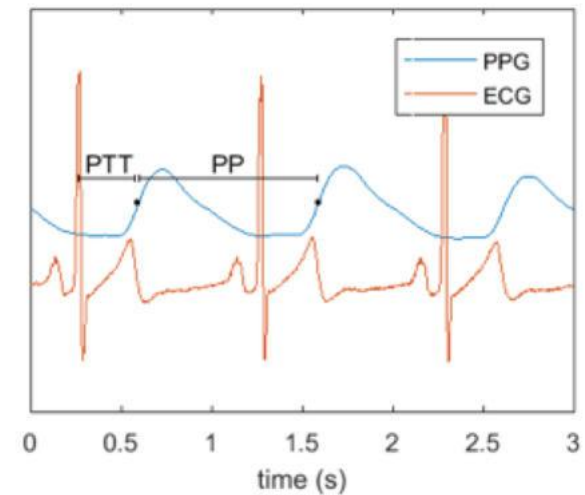
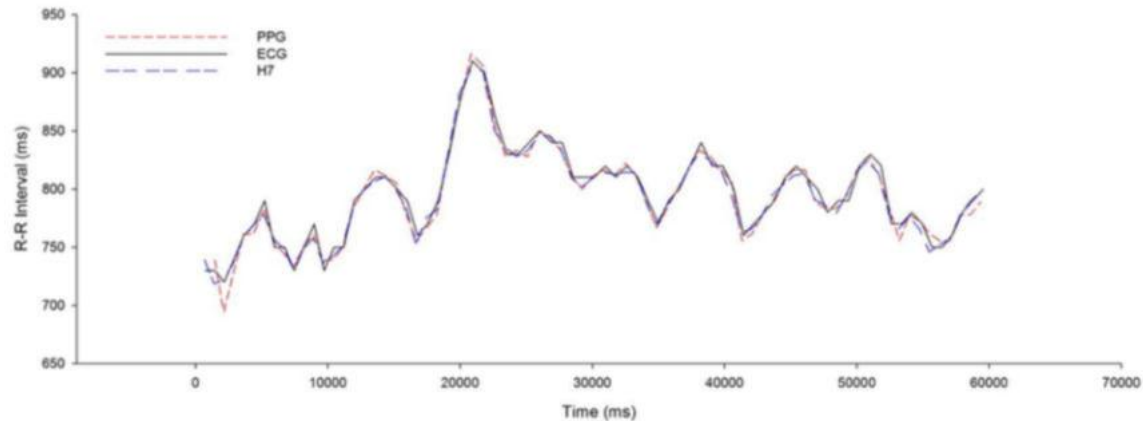
A portabilidade na monitorização da resposta autonómica cardíaca

Equipamentos e programas (Apps)

HRV

Fiabilidade dos instrumentos

ECG vs Onda de pulso e fotopletismografia






Setting the Standard for
Accurate Heart Rate
Variability Insights

Go deeper: stop guessing your fitness, wellness
and health decisions.

Get the App



Personal
Mobile App
\$0
Unlimited Use

Includes all these great features:

- Accurate Data Capture
- Readiness and HRV Details
- Tagging and Metadata tracking
- Personal Insights and Trending
- Easy to Use App Interface
- Automatic Cloud Backups
- Secure SSL Encryption
- Unlimited Data Storage
- Export Raw Data

Get the App

Personal Pro
Mobile App & Web Dashboard
\$8
per month

Includes everything in Personal and:

- Advanced Dashboard Insights
- Demographics Comparisons
- Advanced Trending for Readiness and Open Readings
- Tagging and Metadata Trending
- Time Domain Analysis
- Frequency Domain Analysis
- Poincare Analysis
- Correlation Charts
- Export Raw and Calculated HRV data
- Integration with Other Systems and Apps

Get Started

Team Pro
Mobile App & Web Dashboard
starting at
\$30
per month

Includes everything in Personal and:

- No payment or credit required for team setup
- Team Readiness Snapshot in the Mobile App
- Advanced Team Dashboard Insights
- Group Trending and Analysis
- Individual Member Analysis
- Invite Members from within the Dashboard
- Ability to Manage Membership Status
- Ability to Hide Members' Daily Readiness and HRV Score
- Export Calculated HRV Data
- Data Privacy Control by Team Owner and Members
- Priority Customer Support

Learn More

Start free setup

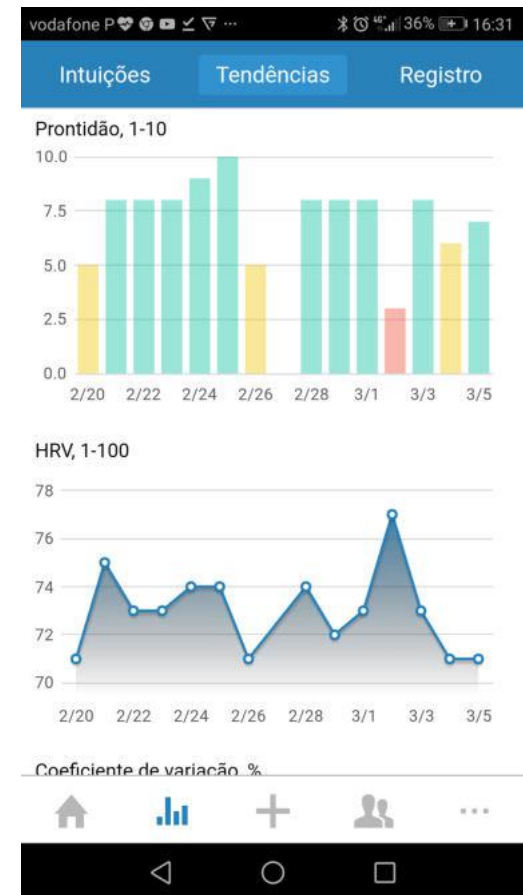
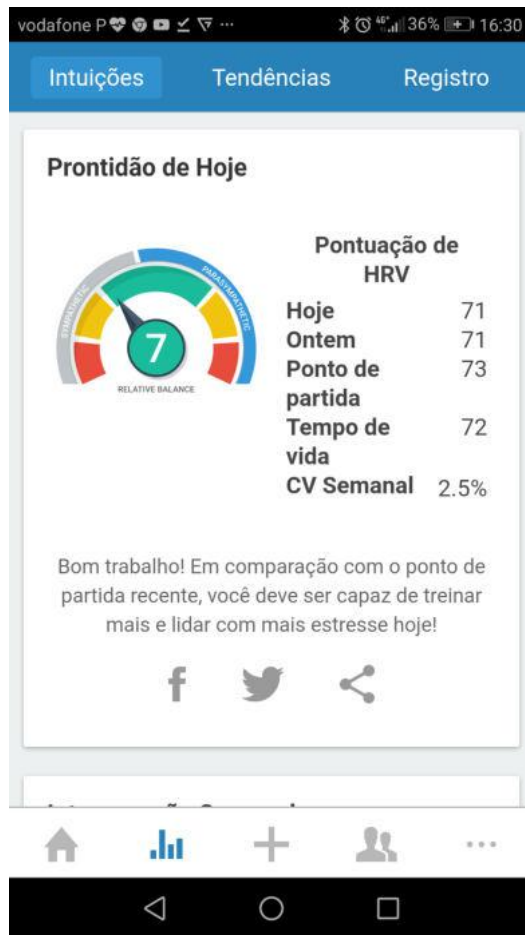
Elite HRV gratuita



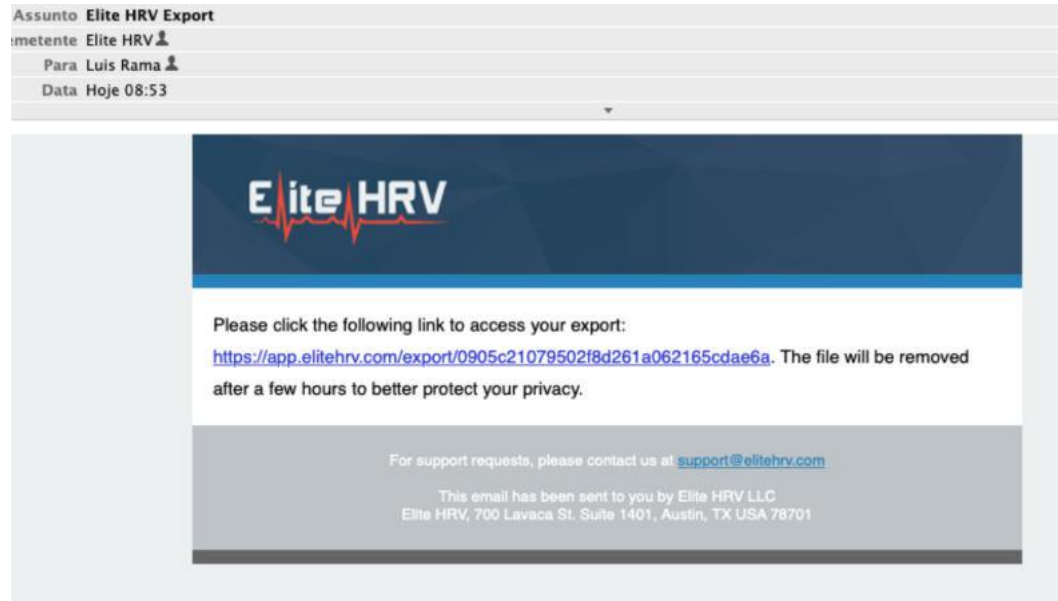
Vantagens

- Baixo custo
- Dados disponíveis para o treinador antes da sessão de treino
- Tratamento dos dados simples e credível
 - Filtragem e processamento automático do sinal

EliteHRV



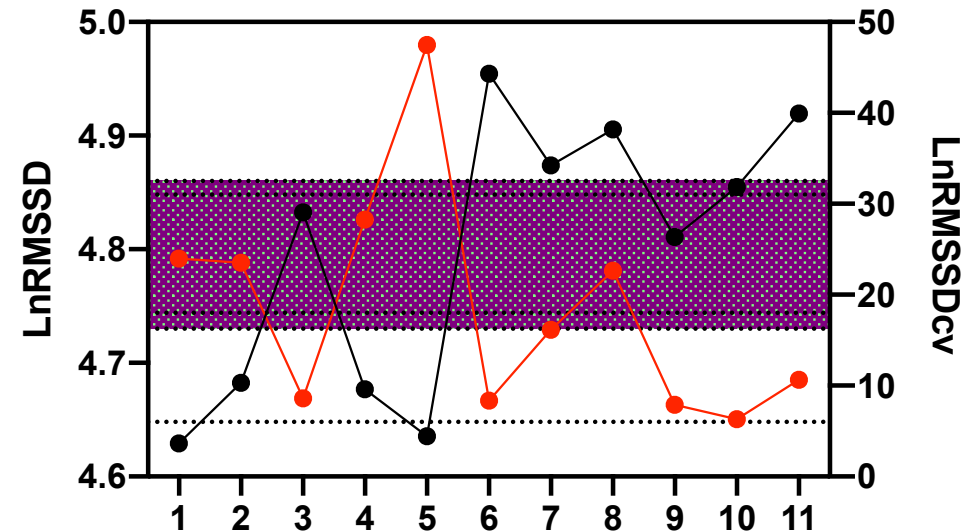
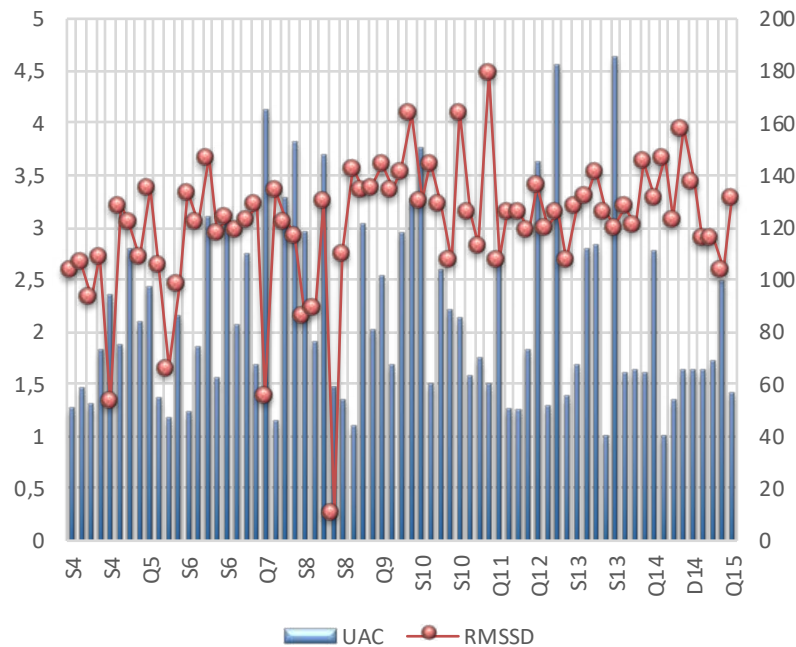
Partilha de dados



- Exporta os ficheiros em formato txt
- Podem ser tratados em outro software (exige capacitação)
- :Ex. Kubios

Controlo em natação pura desportiva

Exemplo de nadador no 1º macrociclo



Viola, J.& Borges, J (2019) n/p

Fotoplestismografia

HRV4Training

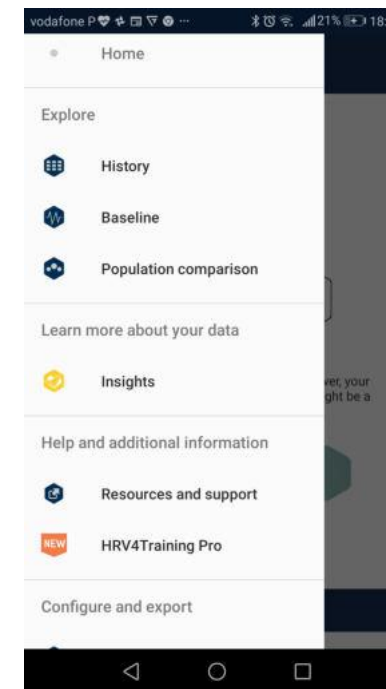
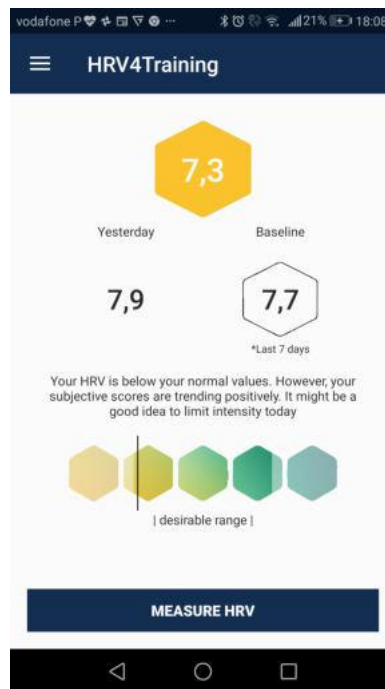


Heart Rate Variability (HRV) insights to help you quantify **stress**,
better **balance** training and lifestyle,
and **improve** performance

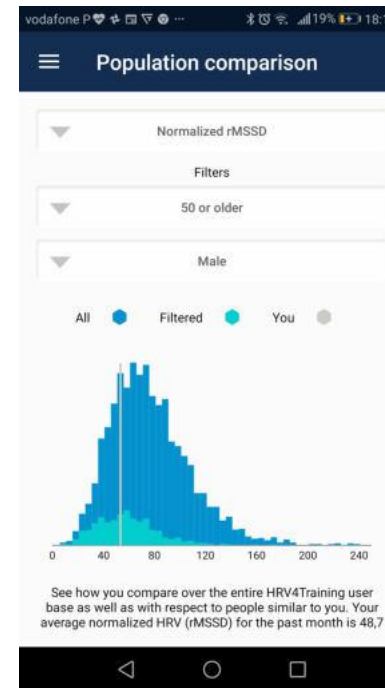
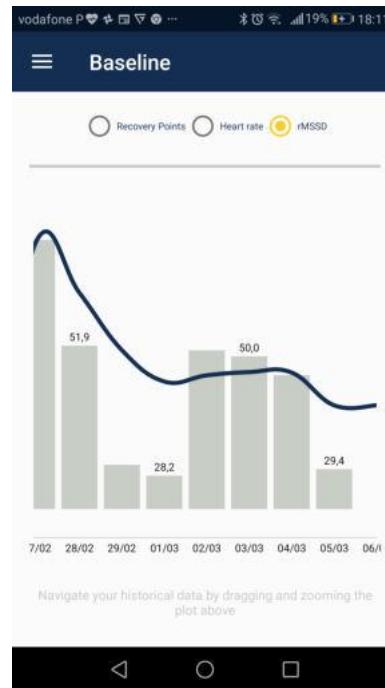
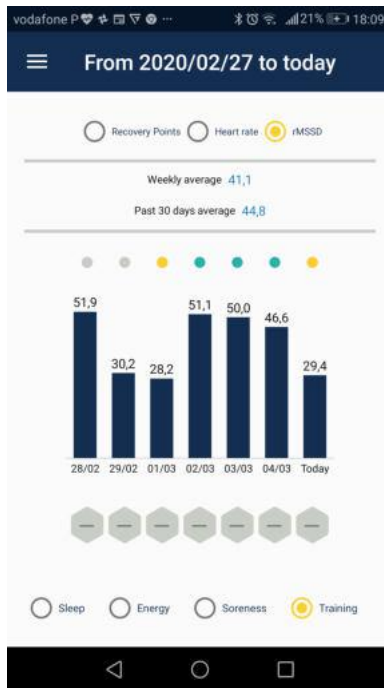
No sensors needed



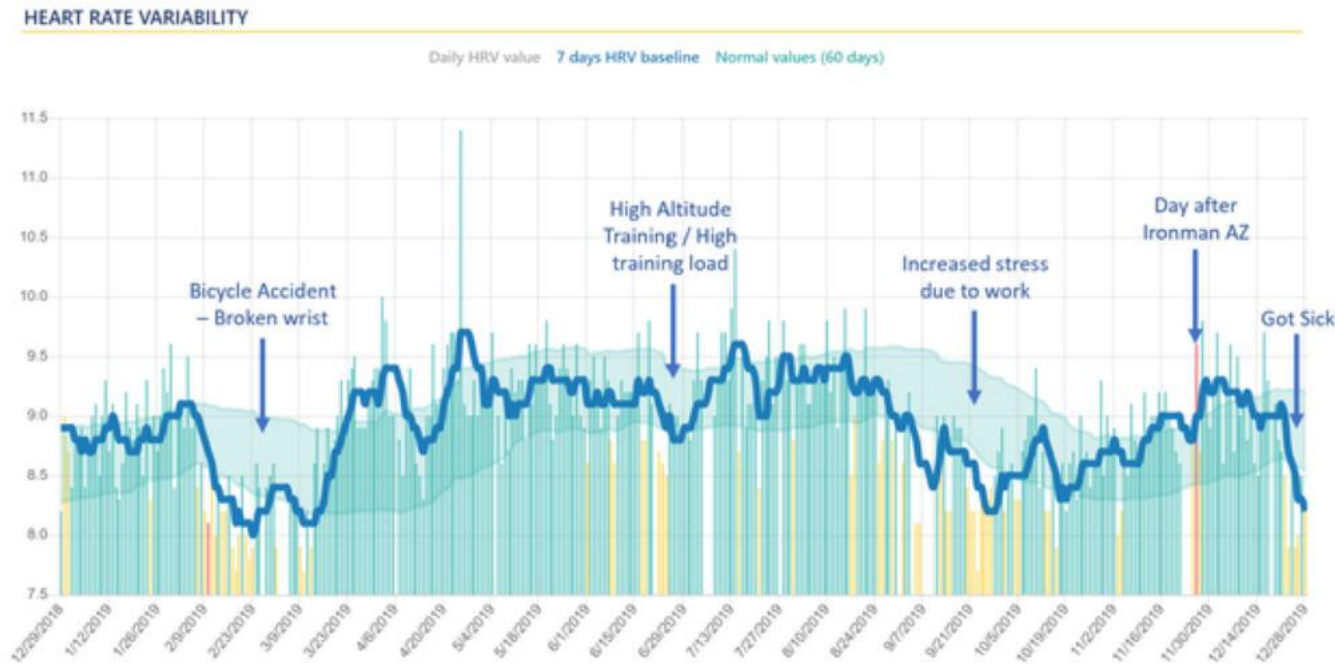
HRV4 training



HRV4



HRV4 training



- Utilização de 7 medições para calculo do índice semanal *baseline*.
- *Tracking* de 30 dias para controlo da média móvel
- Possibilidade de associar software para controlo conjunto da carga de treino (ex. Strava, TrainingPeaks)

Patilha de dados

date	time	HR	AVNN	SDNN	rMSSD	pNN50	LF	HF
2019-30-06	07:16	62.45960197312468	960.6209150326798	38.167150605784066	37.551405096099366	15.151515151515152	0.027664970074838587	0.041043867018165585
2019-01-07	06:35	64.04970347359503	936.7724867724867	82.35717850611395	50.43024763515651	24.390243902439025	0.0857024589941105	0.05971276501405999
2019-02-07	07:33	69.07675194660735	868.599033816425	42.58201318190807	59.168250221002566	45.45454545454545	0.025464898603167804	0.03545303714526366
2019-03-07	06:42	68.47989320874352	876.1695906432751	33.28231706968482	44.56965387614349	18.91891891891892	0.015186336449278297	0.04820664229785141
2019-05-07	07:45	63.41829085457272	946.0992907801418	65.24201669832478	47.07493369847747	19.565217391304348	0.08820139135022055	0.09582210025152546
2019-08-07	15:31	82.99585264698706	722.9276895943564	42.38495585864626	24.595081475508167	4.838709677419355	0.04731236100480892	0.048097291498730634
2019-13-07	08:38	58.34333733493399	1028.3950617283947	62.23863197292578	52.295662205970004	26.923076923076923	0.03685663130598002	0.05177524436995493
2019-14-07	07:45	62.72371696100508	956.5759637188211	82.07034963662667	51.75917643934273	27.083333333333332	0.07191447400234487	0.05160102690804231
2019-15-07	07:38	58.57221914775871	1024.3764172335602	48.28654297487932	37.111037184815814	16.666666666666664	0.01620109425990622	0.04138957673509909
2019-16-07	06:23	62.37498239188618	961.9241192411924	121.99758227404864	55.499972194409665	15.0	0.062203703032707044	0.08167180423648383
2019-19-07	07:39	60.92868508606973	984.7578347578348	69.97623108324665	39.02470614360032	18.421052631578945	0.01624660796614083	0.03821127958423903
2019-20-07	06:42	60.94316807738815	984.5238095238095	121.80083512289194	74.2921508067816	29.629629629629626	0.07924146881865456	0.048648198260883305
2019-25-07	07:20	66.83611448778869	897.7182539682541	69.537848183072	50.97690061223826	25.454545454545453	0.04384833554549179	0.08936075984648859
2019-03-08	07:10	56.14193694202734	1068.719806763285	55.30570260175694	34.1715594208258	8.888888888888889	0.04363905917064682	0.04252392624605566

- Exporta por mail.
- Os dados já estão tratados
- Folha em formato csv (excel)
- Pode ser associado a várias plataformas de controlo do treino (Strava, TrainingPeaks)

Kubios

Kubios HRV Standard



FREE — Order License Now

(A perpetual license for non-commercial personal use.)

HRV analysis software for personal use:

- Supports HR monitor data
- Standard HRV analysis
- CSV and PDF reports

Kubios HRV Premium



385\$ or 340€ (VAT 0%) — Buy Online (or contact sales@kubios.com)

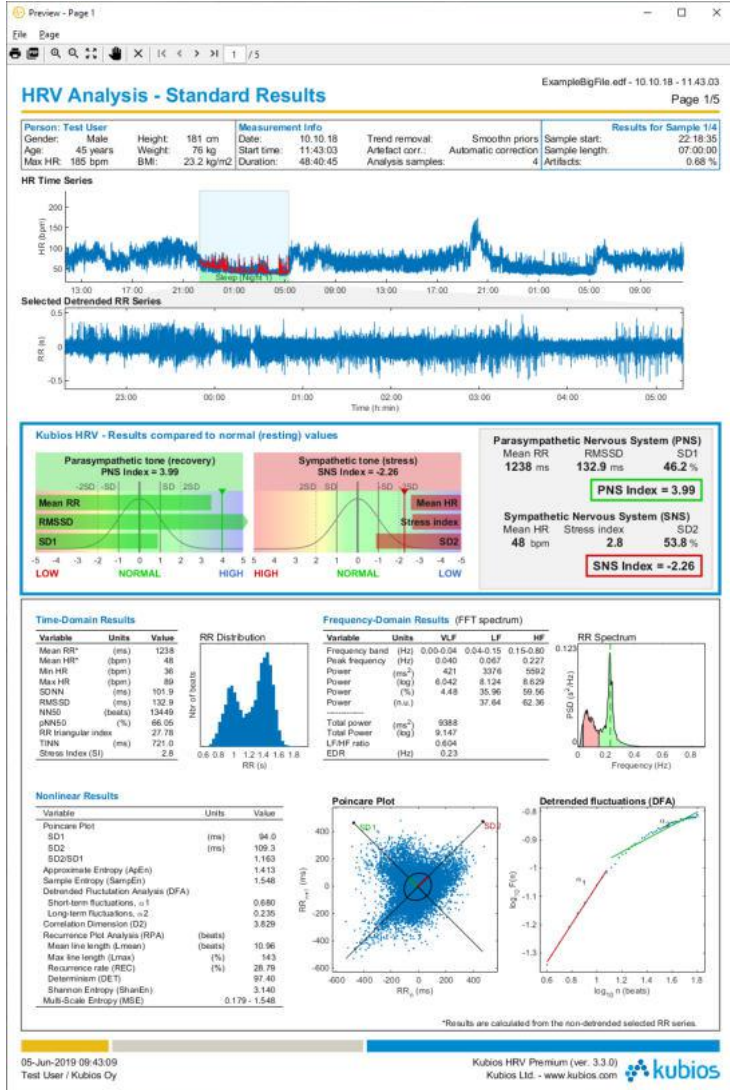
(A perpetual license including 12 months license maintenance. One license allows you to install and use Kubios HRV Premium on one computer. License maintenance includes access to software updates, license transfers — 1 per year, and technical support.)

Full-featured HRV analysis software for research and professional use:

- Supports ECG, PPG and HR monitor data
- Built-in QRS and pulse wave detectors
- Automatic artefact correction algorithm
- Automatic analysis sample generation
- Detailed HRV analysis including ECG derived respiration and time-varying analysis
- CSV, PDF, MAT and “SPSS friendly” batch file exports

License Maintenance (12-months)

77\$ or 68€ (VAT 0%) — Check and Buy Maintenance Now



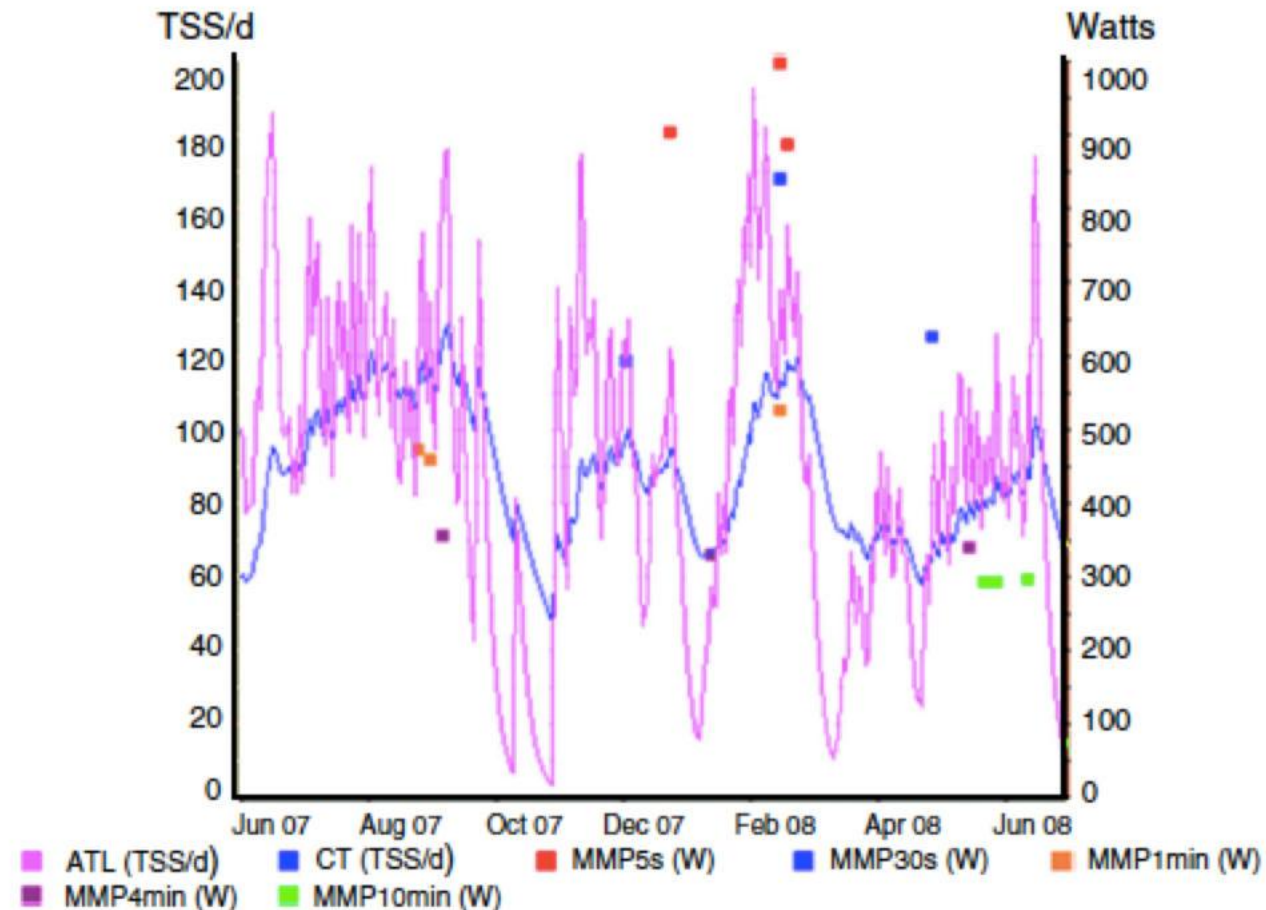
Mensagem final

- A VFC é um instrumento com potencial elevado para a monitorização da adaptação ao treino e do estado de prontidão
- Em atletas de elite exige uma interpretação cuidada só possível com monitorização longitudinal
- A resposta autonómica é individual (a determinação dos CVs / SWC é fundamental
- Não devem ser descuradas outras fontes de informação (domínio psico-socio-emocional
- A elevada portabilidade e baixo custo dos equipamentos para recolha da VFC torna este instrumento acessível
- Parece ter um potencial importante para a prevenção do NFOR
- Facilita a tomada de decisão do treinador

Monitorização do treino e da adaptação

Exemplo de monitorização de Fitness e Fadiga (TSS)

Fig. 1 The Training Stress Score™ of an elite female cyclist over a 12-month period. The *blue line* depicts a long-term rolling average (20 days) and indicates fitness CTL. The *pink line* is a 5-day rolling average and indicates fatigue ATL. Maximal mean power for specified durations are also shown, with the highest three MMPs for 5, 30 s, 1, 4, and 10 min averaged over 24 months highlighted. *ATL* acute training load, *CTL* chronic training load, *MMP* mean maximal power, *TSS* Training Stress Score™. Reproduced with permission from Nikki Butterfield



ACWR (Gabbett, T et al 2016)

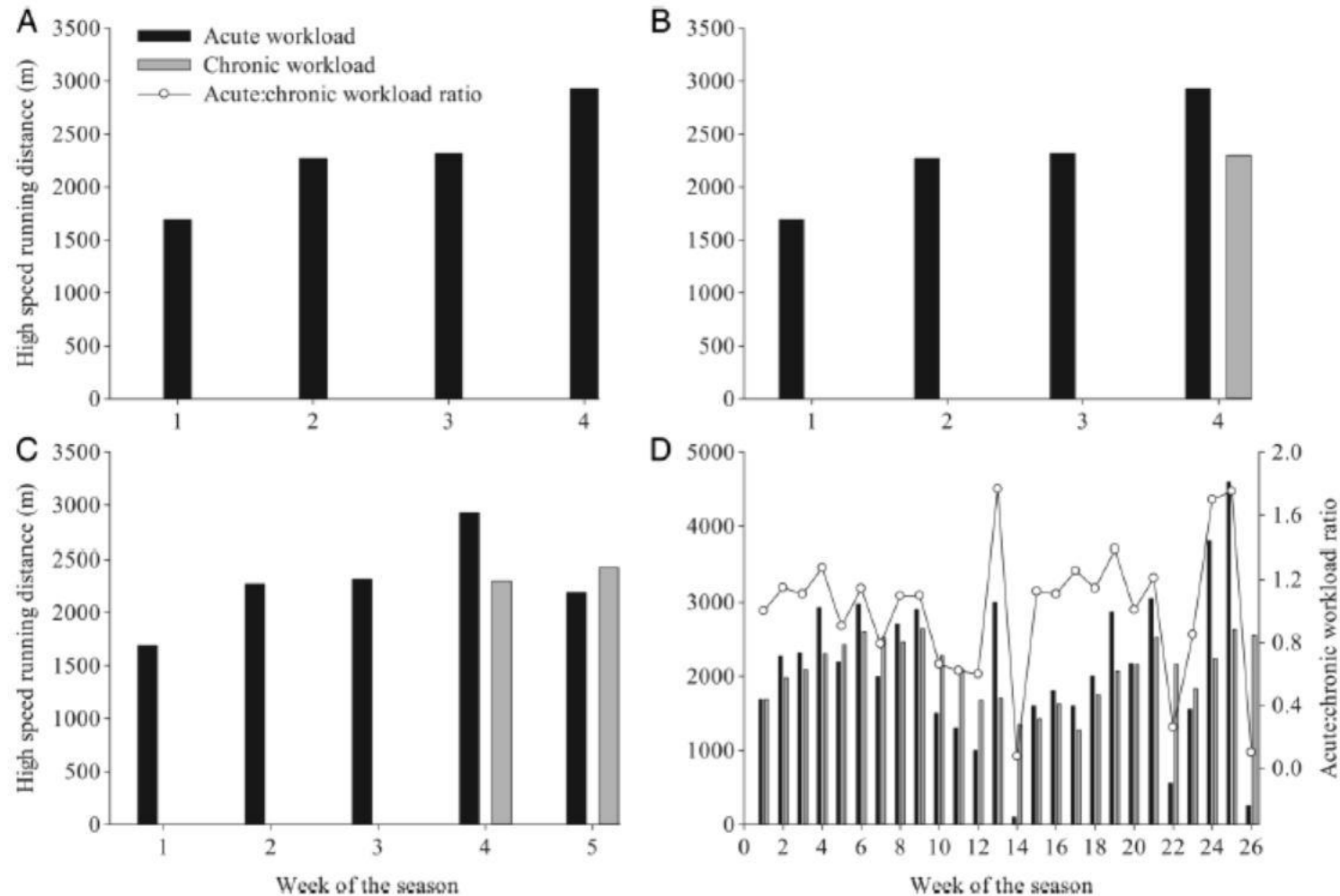


Figure 1 Acute and chronic workloads and the calculation of the acute:chronic workload ratio as a method of monitoring training in team sport athletes. (A) Each bar represents an acute workload. In this instance, the acute workload represents 1 week of training. (B) The 4-week rolling average of acute workloads represents a chronic workload. (C) The chronic workload at week 4 represents the rolling average of acute workloads performed over the previous 3 weeks, plus the current week (ie, weeks 1, 2, 3 and 4). Since an additional acute workload is prescribed in week 5, the new chronic workload will represent the rolling average acute workload of weeks 2, 3, 4 and 5. (D) Acute and chronic workload and the acute:chronic workload ratio over an entire playing season.

ACWR

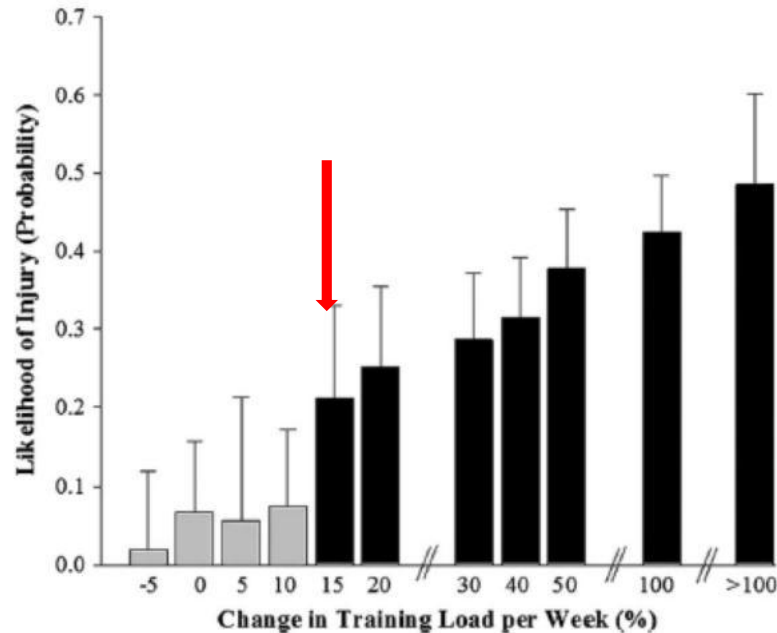


Table 2 Relationships between injury risk and various acute: chronic workloads combined with high and low chronic workloads

Acute:chronic workload ratio	Combined with low chronic workload	Combined with high chronic workload
Risk of injury (%) \pm 90% CI		
Very-low	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0
Low	7.8 \pm 4.1	9.6 \pm 4.1
Moderate-low	10.0 \pm 2.5	7.5 \pm 2.2
Moderate	9.3 \pm 2.6	6.2 \pm 2.2
Moderate-high	11.0 \pm 4.9	7.1 \pm 4.0
High	5.9 \pm 7.3	12.0 \pm 10.7
Very-high	18.2 \pm 14.9	28.6 \pm 18.1

Risk of injury (%) \pm 90% CI associated with 2-week average acute:chronic workload ratios combined with low (<16 095 m) chronic workload, and high (>16 095 m) chronic workload in elite rugby league players. With permission, from Hulin *et al.*¹³

- Monitorização da razão da carga de treino aguda (7 dias) / crónica (4 semanas);
- A alteração acentuada da carga aguda (>10%), aumenta o risco de lesão

Paradoxo Treino - Lesão

- Embora a elevada carga de treino favoreça a lesão, é igualmente verdade que o treino é igualmente protetor ao elevar as capacidades físicas reduzindo o risco.

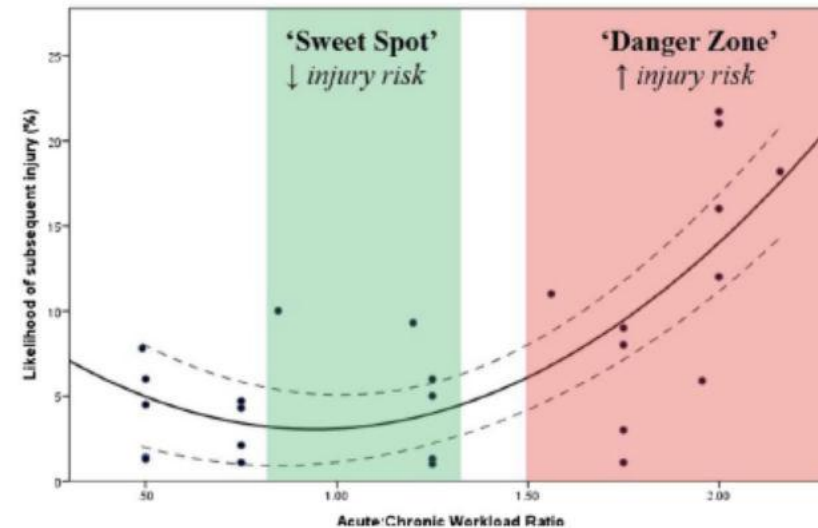
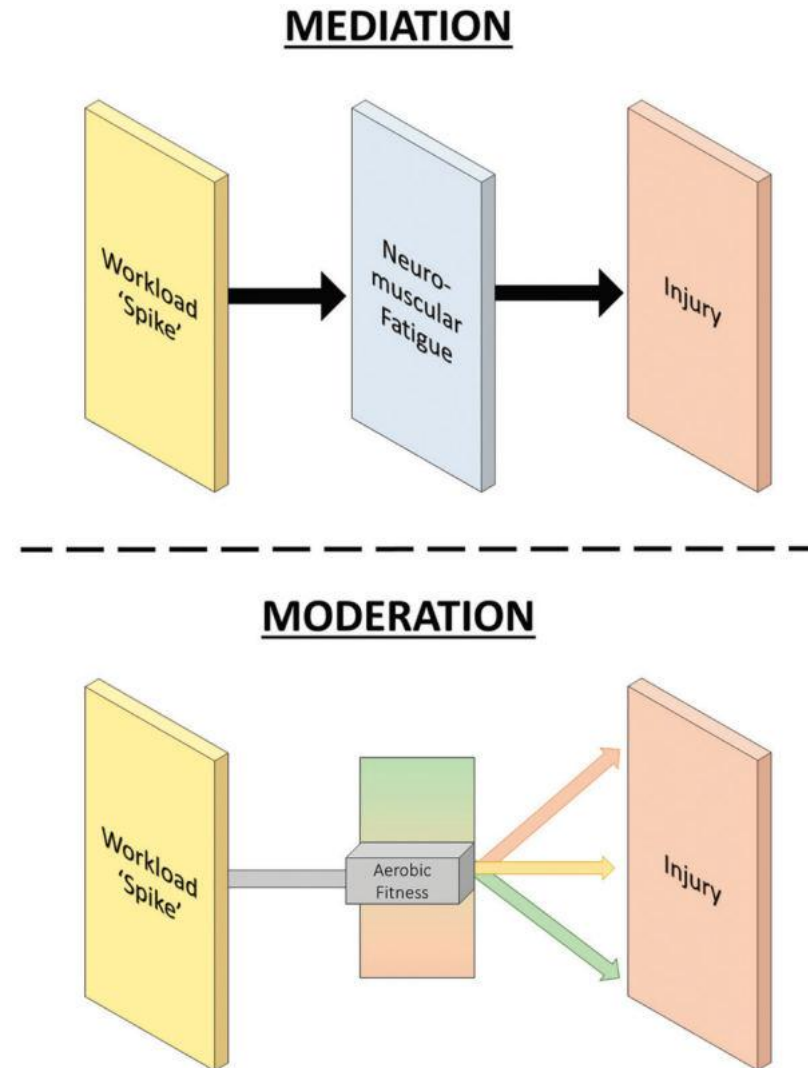


Figure 5 Finding the 'sweet spot' for acute:chronic workload ratios in return-to-play protocols. Data redrawn from 3 separate sports (cricket, rugby league and Australian football) demonstrating injury likelihoods associated with various acute:chronic workload ratios. With permission, from Gabbett.⁶¹

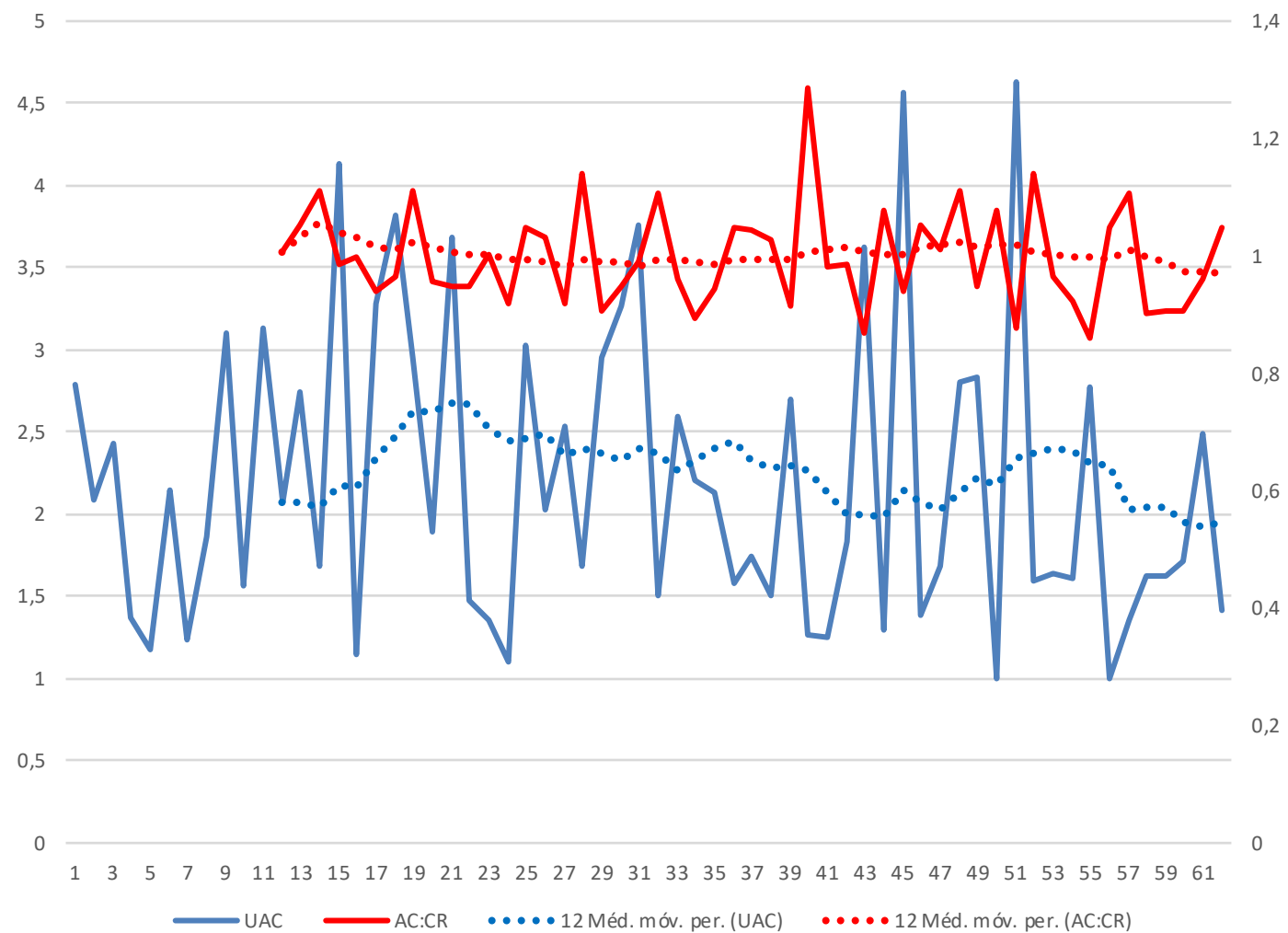
Mensagem final

O Nível de desenvolvimento das capacidades físicas parece funcionar como moderador do efeito fadiga em situação de elevação acentuada da carga de treino

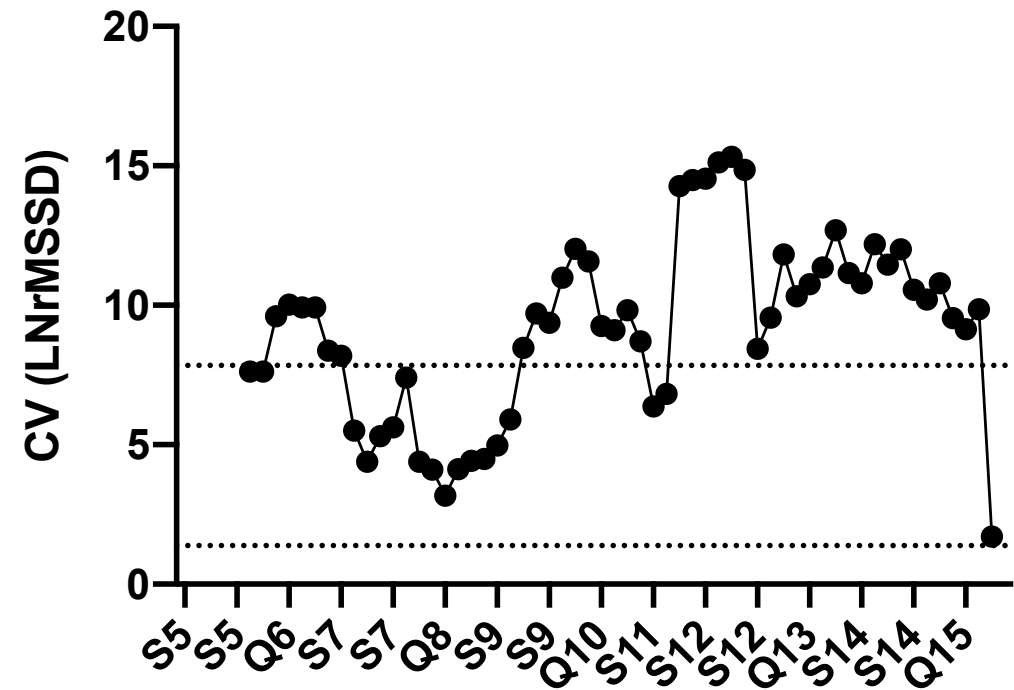
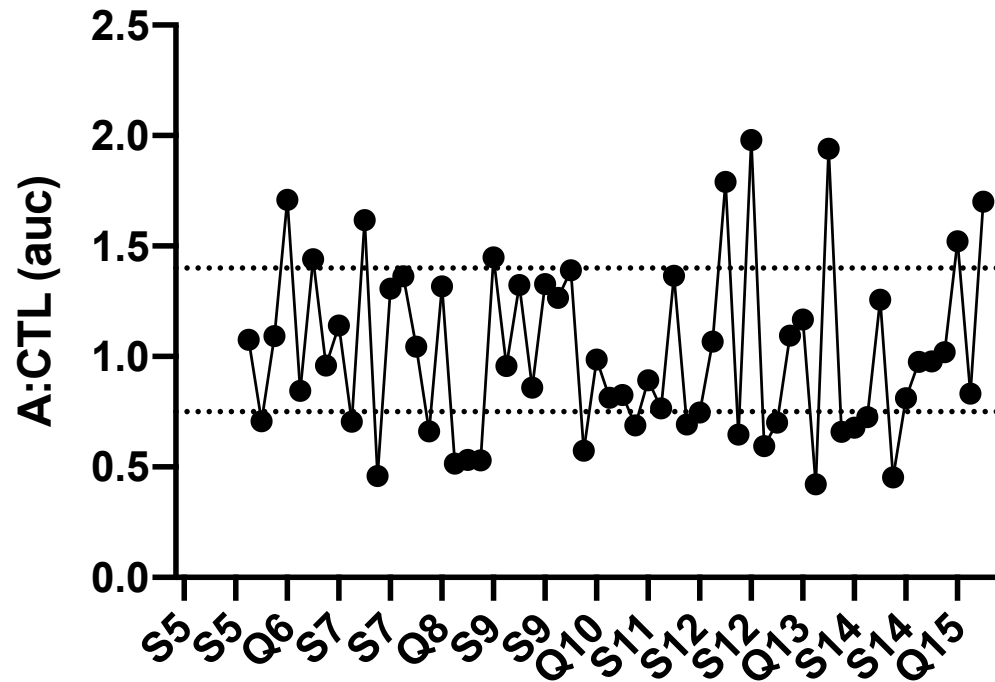
Windt, J., Zumbo, B. D., Sporer, B., MacDonald, K., & Gabbett, T. J. (2017). Why do workload spikes cause injuries, and which athletes are at higher risk? Mediators and moderators in workload-injury investigations. *Br J Sports Med*, 51(13), 993-994. doi:10.1136/bjsports-2016-097255



CAT : CCT



ATL:CTL *vs* CV(LNrMSSD)

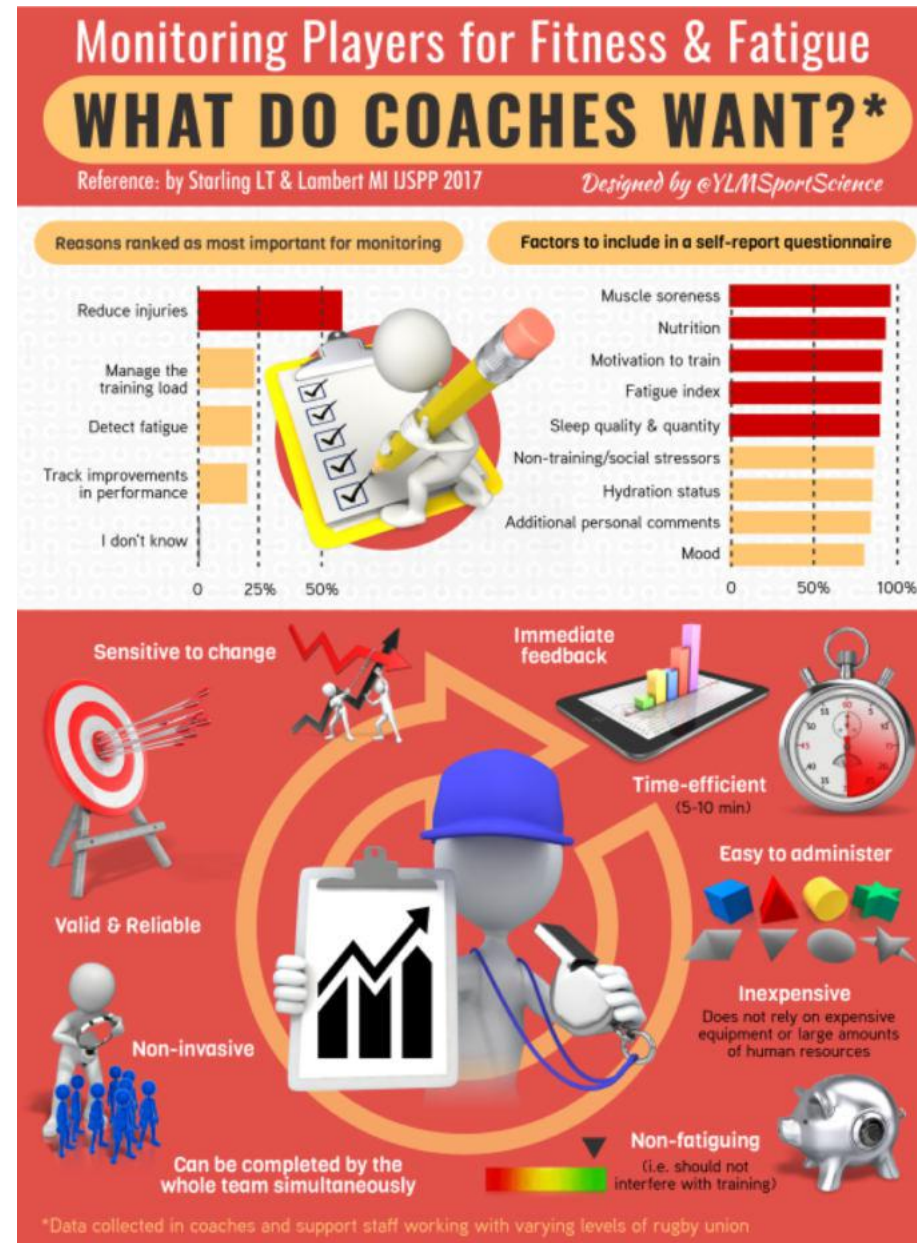


Ao que pretende responder a monitorização do treino

- Qual o nível de dificuldade que o atleta encontrou na sessão?
- Qual o nível de recuperação antes de ser novamente submetido a nova sessão de treino ou competição?
- Como o atleta está lidando com o “stress” acumulado?

Em resposta a essas perguntas os treinadores sugeriram

- a) o uso do RPE em todas as sessões;
- b) TRIMP e / ou RPE da sessão em todas as sessões;
- c) Escalas de recuperação percebida
- d) Usar escala de dor muscular diariamente;
- e) questionário sobre o perfil dos estados de humor (POMS)
- f) Utilizar o teste de recuperação da frequência cardíaca semanalmente,
- g) a análise diária das demandas de vida dos atletas (DALDA) 29 diariamente





Luis Manuel Pinto Lopes Rama

L
luisrama@fcdef.uc.pt