

Variabilitat de la freqüència cardíaca com a indicador de salut en esport: validació amb un qüestionari de qualitat de vida (SF-12)

LLUÍS CAPDEVILA ORTÍS^a, GIL RODAS FONT^b, MARTA OCAÑA MARINÉ^a, EVA PARRADO ROMERO^a,
MÓNICA PINTANEL BASSETS^a I MONTSERRAT VALERO HERREROS^a

^aLaboratori de Psicologia de l'Esport. Universitat Autònoma de Barcelona. Bellaterra. Barcelona. Espanya.

^bServeis Mèdics. Futbol Club Barcelona. Barcelona. Espanya.

RESUM

Introducció i objectiu: L'anàlisi de la variabilitat de la freqüència cardíaca (VFC) s'utilitza cada vegada més en l'àmbit de la medicina de l'esport per avaluar l'adaptació a l'entrenament dels esportistes. El nostre objectiu és validar l'anàlisi de la VFC com a indicador de salut, comparant els paràmetres de VFC amb les puntuacions de l'SF-12 en una mostra de persones sanes.

Mètode: Estudi experimental amb 32 subjectes sans, 18 homes i 14 dones (26,19 anys de mitjana). Es va utilitzar el qüestionari SF-12 per avaluar la qualitat de vida i un pulsòmetre telemètric Polar S810i per enregistrar la VFC a partir de l'interval RR. Els paràmetres de VFC es van obtenir mitjançant el programa Polar Precision Performance.

Resultats: Els paràmetres RMSSD, pNN50 i HF que mostren la VFC es correlacionen significativament i positivament amb els valors de percepció de salut a nivell físic, obtinguts en l'escala de sumari físic, en la dimensió de rol físic i en l'escala total de l'SF-12. Els subjectes del grup que perceben més salut són els que presenten més variabilitat de la freqüència cardíaca. Una més gran activació vagal en repòs es relaciona amb una més alta qualitat de vida en relació amb la salut.

Conclusions: Els resultats del nostre estudi confirmen que l'anàlisi de la VFC és un bon marcador de l'estat de salut i pot ajudar a diagnosticar ràpidament i amb facilitat (en repòs, d'una manera no invasiva) estats d'estrès (efecte cremat *-burnout-*, fatiga, sobreentrenament, esgotament o ansietat) en la població general i, especialment, en esportistes d'alt rendiment.

PARAULES CLAU: Variabilitat de la freqüència cardíaca. Qualitat de vida. Salut. SF-12. Validació. Control vagal.

ABSTRACT

Introduction and background: In sports medicine, heart rate variability (HRV) analysis is used to assess adaptation to athletes' training. Our goal was to validate HRV analysis as a health indicator by comparing HRV parameters with Short Form-12 Health Survey Questionnaire (SF-12) scores in a sample of healthy individuals.

Methods: We performed an experimental study in 32 healthy individuals (18 men and 14 women) with a mean age of 26.19 years. The SF-12 questionnaire was used to evaluate quality of life and a S810i Polar heart rate monitor was used to recode HRV through the R-R interval. HRV parameters were obtained with Polar Precision Performance software.

Results: The root mean square of the differences between adjacent R-R intervals in milliseconds (RMSSD), the percentage of the adjacent R-R intervals differing by more than 50 milliseconds in the entire recording (pNN50) and the high frequency (HF) parameters of HRV showed a significant and positive correlation with the perceived physical health scores obtained in the physical component summary scale, the role-physical dimension and the total scale of the SF-12 questionnaire. Participants with greater perceived health showed the highest HRV. Higher parasympathetic activation at rest was related to greater health-related quality of life.

Conclusions: Our results confirm that HRV analysis is a good marker of health status and could be used to diagnose stress states (overtraining, burnout, fatigue, exhaustion, anxiety) quickly and easily (at rest and non-invasively), both in the general population and, in particular, in elite athletes.

KEY WORDS: Heart rate variability. Quality of life. Health. SF-12. Validation. Vagal control.

Aquest treball s'ha dut a terme gràcies als projectes d'R+D SEJ2005-05113 i DEP2006-56125-C03/PREV concedits pel Ministeri d'Educació i Ciència, i al projecte SGR2005-00318 reconegut per la Generalitat de Catalunya.

Correspondència: Lluís Capdevila Ortís. Laboratori de Psicologia de l'Esport. Edifici B. Universitat Autònoma de Barcelona. 08193 Bellaterra. Barcelona. Espanya. Correu electrònic: lluis.capdevila@uab.cat

INTRODUCCIÓ

L'anàlisi de la variabilitat de la freqüència cardíaca (VFC) és una tècnica cada vegada més utilitzada en l'àmbit clínic, ja que permet obtenir d'una manera no invasiva indicadors que es relacionen amb la salut en la població general i que són sensibles a trastorns tant fisiològics^{1,2} com psicològics^{3,4}. Habitualment, l'anàlisi de la VFC parteix de la detecció precisa del complex QRS per mitjà d'electrocardiogrames (ECG) d'alta qualitat⁵. L'avenç tecnològic ha permès passar dels registres ECG en aparells fixos de laboratori als registres mitjançant Holter o altres registres ambulatoris, fins a arribar als monitors sense fil com el Polar S810i (Polar Electro, Finlàndia), que resulten una alternativa vàlida per avaluar la VFC en situacions de camp⁶.

La VFC s'ha proposat, per exemple, com a indicador de funcionament cardiovascular normal i patològic o, entre molts d'altres, com a indicador d'eficàcia de medicaments cardiovasculars sobre el sistema nerviós autònom (SNA)⁷⁻⁹. En l'àmbit de la medicina i la fisiologia de l'esport, l'anàlisi de la VFC ha resultat un instrument molt prometedor per fer un seguiment dels esportistes, tot permetent avaluar la bona^{10,11} o la mala adaptació^{12,13} a les càrregues d'entrenament esportiu, i possibilitant el control de l'equilibri entre salut, entrenament i rendiment esportiu¹⁴.

D'altra banda, un dels instruments més utilitzats en l'àmbit mèdic per mesurar la qualitat de vida en relació amb la salut és el qüestionari SF (*The Short Form Health Survey*) i les seves diverses versions, com l'SF-36 o l'SF-12. Es tracta d'una escala que permet obtenir un perfil general de l'estat de salut percebuda, aplicable tant a població general com a grups específics de pacients. S'ha utilitzat per valorar la qualitat de vida, per comparar la càrrega de diverses malalties, valorar l'eficàcia de diversos tractaments o per valorar l'estat individual de salut dels pacients¹⁵. També és una eina molt adequada per ser usada en recerca i en la pràctica clínica¹⁶. L'escala original és l'SF-36¹⁷, amb 36 ítems, mentre que la versió reduïda més utilitzada és l'SF-12, amb 12 ítems, que millora les propietats mètriques i interpretació^{18,19} de l'SF-36. Aquest avalua la percepció de salut i s'ha utilitzat per validar altres instruments de mesurament, com per exemple la qualitat de vida en dones amb osteoporosi²⁰, en pacients amb incontinència urinària²¹, osteoartritis²², trasplantats²³ o en infermeria i estrès laboral^{24,25}. En la versió en castellà, l'SF-12 explica un 91% de la variança de l'SF-36 en els sumaris físic i mental¹⁶.

Aquest treball té l'objectiu de validar l'anàlisi de la VFC com a indicador de salut, comparant els paràmetres de VFC

amb les puntuacions de l'SF-12 en una mostra de persones sanes.

MÈTODES

Subjectes

Van participar-hi de manera voluntària 32 persones sanes (18 homes i 14 dones) amb una edat mitjana de 26,19 anys (DT=2,77), un pes mitjà de 69,40 kg (DT = 14,13) i una altura mitjana d'1,73 m (DT = 0,09). Es va obtenir un consentiment informat de cadascun d'ells, i acomplint les normes ètiques del comitè d'investigació.

Material

Per avaluar la qualitat de vida en relació amb la salut es va utilitzar el qüestionari SF-12 en la seva versió "setmanal"¹⁸. Les respostes són escales tipus Likert que avaluen intensitat o freqüència, entre 2 i 6 opcions en funció de l'ítem. S'han calculat les puntuacions corresponents a les 8 subescales originals de l'SF-36: funció física (2 ítems), funció social (1 ítem), rol físic (2 ítems), rol emocional (2 ítems), salut mental (2 ítems), vitalitat (1 ítem), dolor corporal (1 ítem) i salut general (1 ítem). Per al càlcul de les 8 dimensions s'ha seguit la mateixa codificació i els criteris de correcció proposats per a l'SF-36 i s'han obtingut puntuacions transformades que poden oscil·lar entre 0 (pitjor salut) i 100 (millor salut). També s'ha calculat una puntuació total que consisteix en la mitjana de les puntuacions en les 8 dimensions. A partir dels algorismes de càlcul amb mostra espanyola facilitats per l'Institut Municipal d'Investigacions Mèdiques (IMIM) de Barcelona, s'han calculat dues puntuacions sumari, la del component físic (PCS-12) i la del component mental (MCS-12). Per registrar la VFC a partir de l'interval RR es va utilitzar una banda toràcica Polar T31 i un pulsòmetre telemètric Polar S810i (Polar Electro, Finlàndia), que permetia l'emmagatzematge i el bolcat informàtic posterior de les dades. Els paràmetres de l'anàlisi de VFC es van obtenir mitjançant el programari Polar Precision Performance (4 SW; Polar Electro Oy).

Procediment

Els subjectes van acudir individualment al Laboratori de Psicologia de l'Esport de la Universitat Autònoma de Barcelona, en una única sessió de 15-20 min, al matí abans de l'esmorzar, durant un període d'una setmana. La temperatura de la sala estava entre 20 i 25 °C. Un investigador col·locava la

banda toràctica al subjecte, i iniciava l'enregistrament de la VFC. Tot seguit, cada participant emplenava el qüestionari SF-12 i, seguidament, restava en repòs en posició supina sobre matalàs durant 5 minuts, a fi d'estabilitzar la freqüència cardíaca. Immediatament després, s'enregistrava durant 2,5 min la VFC a partir de l'interval RR.

Anàlisi de dades

Els errors causats pel monitoratge de la freqüència cardíaca van ser corregits mitjançant el programa Polar Precision Performance, i tot seguit es van analitzar els paràmetres de VFC. Per a l'anàlisi en el domini temporal, es van obtenir la mitjana de l'interval RR (RR mitjà), la desviació estàndard dels intervals RR (SDNN), l'arrel quadrada del valor mitjà de la suma de les diferències al quadrat de tots els intervals RR successius (RMSSD) i el percentatge d'intervals RR consecutius que discrepen més de 50 mil·lisegons entre si (pNN50). Per al domini freqüencial, es va utilitzar l'anàlisi espectral a partir de la transformació ràpida de Fourier (FFT) per quantificar l'espectre de la densitat del rendiment de les freqüències molt baixes (VLF; 0,00-0,04 Hz), les freqüències baixes (LF; 0,04-0,15 Hz) i freqüències altes (HF; 0,15-0,40 Hz) [expressades en ms^2]⁵. Per a l'anàlisi quantitativa de les dades es van analitzar els paràmetres SD1 i SD2 que representen la dispersió transversal i longitudinal dels punts, respectivament, obtinguts a partir del gràfic de Poincaré²⁶.

Anàlisi estadística

Es va utilitzar el paquet estadístic SPSS (v.14.0 SPSS Inc., Chicago). Per relacionar les puntuacions de l'SF-12 i els valors dels paràmetres de VFC, es van calcular correlacions de Pearson per als valors quantitativs directes, i s'hi va aplicar l'anàlisi de la variança (ONEWAY) i la prova de χ^2 de Pearson per comparar nivells en ambdós tipus de puntuacions. Quant a la significació de totes les proves, es va considerar un nivell de probabilitat del 5%.

RESULTATS

En general, els valors dels paràmetres de VFC en el domini temporal es correlacionen positivament amb els valors de percepció de salut en les escales totals de l'SF-12 i per a l'escala de rol físic. Quant als valors dels paràmetres de VFC en el domini espectral, cal destacar la correlació positiva del valor HF, corresponent a l'activació parasimpàtica, amb l'escala física, l'es-

Taula I

Correlacions de Pearson (r) entre els paràmetres de VFC i algunes puntuacions de l'SF-12

Paràmetre VFC	SF-12			
	Escala física	Escala mental	Rol físic	SF total
RR mitjà	0,350 ^a (0,049)	-0,214 NS	0,348 (0,051)	0,177 NS
SDNN	0,296 NS	0,075 NS	0,483 ^b (0,005)	0,350 ^a (0,049)
RMSSD	0,383 ^a 0,030	-0,007 NS	0,507 ^b 0,003	0,360 ^a (0,043)
SD1	0,340 0,057	-0,116 NS	0,495 ^b (0,004)	0,253 NS
SD2	0,337 NS	0,002 NS	0,514 ^b (0,003)	0,335 NS
pNN50	0,442 ^a (0,011)	-0,035 NS	0,549 ^b (0,001)	0,405 ^a (0,022)
VLF (ms^2)	0,141 NS	0,137 NS	0,288 NS	0,261 NS
LF (ms^2)	0,279 NS	0,002 NS	0,420 ^a (0,017)	0,250 NS
HF (ms^2)	0,361 ^a (0,042)	0,061 NS	0,485 ^b (0,005)	0,411 ^a (0,020)

^aCorrelació significativa al nivell 0,05 (bilateral).

^bCorrelació significativa al nivell 0,01 (bilateral).

HF: banda de freqüències altes (*high frequency*); LF: banda de freqüències baixes (*low frequency*); NS: no significatiu; pNN50: percentatge d'intervals RR consecutius que discrepen més de 50 mil·lisegons entre si; RMSSD: desviació estàndard de la diferència de la sèrie RR en mil·lisegons; RR mitjà: interval RR mitjà en mil·lisegons; SD1: paràmetre de dispersió transversal del diagrama de Poincaré en mil·lisegons (*parameter transverse dispersion*); SD2: paràmetre de dispersió longitudinal del diagrama de Poincaré en mil·lisegons (*parameter longitudinal dispersion*); SDNN: desviació estàndard dels intervals RR en mil·lisegons; SF-12: forma curta del qüestionari de qualitat de vida (The Short Form Health Survey); VFC: variabilitat de la freqüència cardíaca; VLF: banda de freqüències molt baixes (*very low frequency*).

cala total i la subescala de rol físic de l'SF-12. Els paràmetres LF i VLF, que reflecteixen la influència de l'activitat simpàtica i altres factors, no mostren correlacions positives amb les escales de l'SF-12. L'escala mental de l'SF-12, com la resta de subescales, que no apareixen en la taula I, no mostren correlacions significatives amb els paràmetres de VFC analitzats.

Per a cada escala i subescala de l'SF-12 s'ha separat la mostra en 2 grups a partir del centil 50, tot identificant el *nivell baix* (16 subjectes per sota del centil 50) i el *nivell alt* (16 subjectes per sobre del centil 50). A partir d'una anàlisi de la variança (ONEWAY), s'han comparat els 2 grups establerts per a cada escala i subescala de l'SF-12, respecte de tots els paràmetres de

Taula II

Valor mitjà dels paràmetres de VFC, comparant els subjectes que presenten un nivell baix (per sota del centil 50) i un nivell alt (per sobre del centil 50) en la subescala de rol físic i en la puntuació total de l'SF-12. Es mostren les mitjanes (amb les desviacions típiques) i la significació de l'anàlisi de la varianza (p)

Paràmetre VFC	Salut percebuda (SF-12)					
	Nivell de rol físic en SF-12			Nivell de puntuació total en SF-12		
	Baix (n = 16)	Alt (n = 16)	p	Baix (n = 16)	Alt (n = 16)	p
RR mitjà	805,37 (190,76)	904,87 (168,36)	NS	798,93 (187,13)	911,31 (168,12)	NS
SDNN	46,00 (16,65)	69,78 (27,89)	0,006	49,44 (22,71)	66,34 (26,25)	NS
RMSSD	33,77 (26,18)	64,37 (32,70)	0,007	37,99 (28,17)	60,15 (34,61)	0,056
SD1	52,07 (22,14)	70,68 (24,88)	0,033	52,74 (23,40)	70,01 (24,23)	0,049
SD2	72,8063 (19,90)	100,94 (31,64)	0,005	76,47 (26,81)	97,27 (29,50)	0,045
pNN50	6,11 (7,97)	16,40 (9,96)	0,003	6,35 (8,35)	16,16 (9,92)	0,005
VLF (ms ²)	14.003,90 (10.387,93)	29.433,90 (35.504,64)	NS	15.001,05 (11.658,21)	28.436,76 (35.542,61)	NS
LF (ms ²)	666,92 (383,81)	1.855,15 (1.403,18)	0,003	1.059,840 (1.105,34)	1.462,23 (1.249,43)	NS
HF (ms ²)	765,99 (897,14)	2.124,05 (1.758,50)	0,010	838,25 (1.035,33)	2.051,79 (1.738,82)	0,023

HF: banda de freqüències altes (*high frequency*); LF: banda de freqüències baixes (*low frequency*); NS: no significatiu; pNN50: percentatge d'interval RR consecutius que discrepen més de 50 mil·lisegons entre si; RMSSD: desviació estàndard de la diferenciació de la sèrie RR en mil·lisegons; RR mitjà: interval RR mitjà en mil·lisegons; SD1: paràmetre de dispersió transversal del diagrama de Poincaré en mil·lisegons (*parameter transverse dispersion*); SD2: paràmetre de dispersió longitudinal del diagrama de Poincaré en mil·lisegons (*parameter longitudinal dispersion*); SDNN: desviació estàndard dels intervals RR en mil·lisegons; SF-12: forma curta del qüestionari de qualitat de vida (The Short Form Health Survey); VFC: variabilitat de la freqüència cardíaca; VLF: banda de freqüències molt baixes (*very low frequency*).

VFC estudiats. Per a la subescala de *rol físic* de l'SF-12, en el grup de *nivell alt* s'han observat valors més alts que en el grup de *nivell baix* en els paràmetres SDNN ($F_{(1,30)} = 8,57$; $p = 0,006$), RMSSD ($F_{(1,30)} = 8,53$; $p = 0,007$), SD1 ($F_{(1,30)} = 4,99$; $p = 0,033$), SD2 ($F_{(1,30)} = 9,06$; $p = 0,005$), pNN50 ($F_{(1,30)} = 10,37$; $p = 0,003$), LF ($F_{(1,30)} = 10,67$; $p = 0,003$) i HF ($F_{(1,30)} = 7,57$; $p = 0,010$) (taula II). Per a la *puntuació total* de l'SF-12, en el grup de *nivell alt* s'han observat valors més alts que en el grup de *nivell baix* en els paràmetres RMSSD ($F_{(1,30)} = 3,94$; $p = 0,056$), SD1 ($F_{(1,30)} = 4,20$; $p = 0,049$), SD2 ($F_{(1,30)} = 4,35$; $p = 0,045$), pNN50 ($F_{(1,30)} = 9,15$; $p = 0,005$) i HF ($F_{(1,30)} = 5,75$; $p = 0,023$) (taula II). En cap cas els grups de *nivell baix* de puntuació en l'SF-12 han mostrat puntuacions de paràmetres de VFC superiors als grups de *nivell alt*. No s'han observat diferències significatives entre els 2 nivells, ni per a les escales *física* i *mental* de l'SF-12, ni per a la resta de subescala. L'anàlisi de la varianza només ha mostrat diferències entre sexes per al valor mitjà dels intervals RR (RR mitjà), sent més alt per als homes (RR mitjà = 924,55; DT = 196,51) que per a les dones (RR mitjà = 765,85; DT = 122,62) ($F_{(1,30)} = 6,98$; $p = 0,013$).

Igual que per a les escales de l'SF-12, els subjectes també s'han classificat en 2 grups de *nivell baix* i *nivell alt* per a cada

paràmetre de VFC. D'aquesta manera, mitjançant una prova de χ^2 de Pearson, s'han comparat els 2 grups de cada escala i subescala de l'SF-12 amb els 2 grups de cada paràmetre VFC (taula III). S'han observat diferències significatives només per als paràmetres RMSSD, pNN50 i HF respecte de la subescala de *rol físic* i la *puntuació total* de l'SF-12. Aquestes diferències indiquen que un 75% de subjectes amb un nivell alt de *rol físic* també tenen valors alts en els tres paràmetres de VFC, i que el 75% de subjectes amb un nivell baix de *rol físic* també tenen valors baixos en els 3 paràmetres de VFC, tal com es mostra en un exemple per a RMSSD en la figura 1 ($\chi^2_{(1)} = 8,00$; $p = 0,006$). S'esdevé el mateix amb la *puntuació total* de l'SF-12 i els paràmetres pNN50 i HF ($\chi^2_{(1)} = 8,00$; $p = 0,006$), encara que el percentatge de subjectes que coincideixen en els nivells baixos i en els nivells alts és del 68,8% per al paràmetre RMSSD ($\chi^2_{(1)} = 4,50$; $p = 0,038$).

DISCUSSIÓ

Els resultats d'aquest treball permeten relacionar, en persones sanes, una major qualitat de vida en relació amb la salut amb una més gran variabilitat de la freqüència cardíaca.

Taula III

Comparació dels subjectes que presenten un nivell baix (per sota del centil 50) i un nivell alt (per sobre del centil 50) en la subescala de rol físic, en la puntuació total de l'SF-12 i en els paràmetres RMSSD, pNN50 i HF. Es mostren els subjectes observats en cada encreuament de nivells (n), el percentatge que representen (%) i la significació de la prova de χ^2 de Pearson (p)

Paràmetre VFC		Salut percebuda (SF-12)					
		Nivell de rol físic en SF-12			Nivell de puntuació total en SF-12		
		Baix (%)	Alt (%)	p	Baix (%)	Alt (%)	p
RMSSD	Baix	12 (75)	4 (25)	0,006	11 (68,8)	5 (31,3)	0,038
	Alt	4 (25)	12 (75)		5 (31,3)	11 (68,8)	
pNN50	Baix	12 (75)	4 (25)	0,006	12 (75)	4 (25)	0,006
	Alt	4 (25)	12 (75)		4 (25)	12 (75)	
HF (ms ²)	Baix	12 (75)	4 (25)	0,006	12 (75)	4 (25)	0,006
	Alt	4 (25)	12 (75)		4 (25)	12 (75)	

HF: banda de freqüències altes (*high frequency*); pNN50: percentatge d'interval RR consecutius que discrepen més de 50 mil·lisegons entre si; RMSSD: desviació estàndard de la diferenciació de la sèrie RR en mil·lisegons; SF-12: Forma curta del qüestionari de qualitat de vida (The Short Form Health Survey); VFC: variabilitat de la freqüència cardíaca.

En general, els paràmetres de VFC es correlacionen significativament i positivament amb els valors de percepció de salut a nivell físic, obtinguts en l'escala de sumari físic i en la subescala de rol físic. També es correlacionen de la mateixa manera amb l'escala total de l'SF-12. Quant a l'anàlisi en el domini temporal, cal destacar la correlació mostrada pels valors d'RMSSD i pNN50, ja que són 2 dels paràmetres temporals més estudiats en la bibliografia⁶. Quant als valors en el domini espectral, cal destacar la correlació positiva del valor HF també amb l'escala de sumari físic, l'escala total i la subescala de rol físic de l'SF-12. Aquest paràmetre correspon a les ones d'alta freqüència de l'anàlisi espectral i reflecteix l'activació parasimpàtica⁵. Per tant, la correlació significativa observada indica que una major activació vagal es relaciona amb una major qualitat de vida en relació amb la salut. En canvi, els paràmetres LF i VLF, que reflecteixen la influència de l'activitat simpàtica i d'altres factors, no mostren correlacions sistemàtiques amb les escales de l'SF-12 (només el paràmetre LF mostra correlació amb l'escala de rol físic). D'altra banda, l'escala de sumari mental de l'SF-12, com també les 7 subescales a banda de rol físic que no apareixen en la taula I, no mostren correlacions significatives amb els paràmetres de VFC analitzats, la qual cosa suggereix que la VFC es relaciona només amb la salut física.

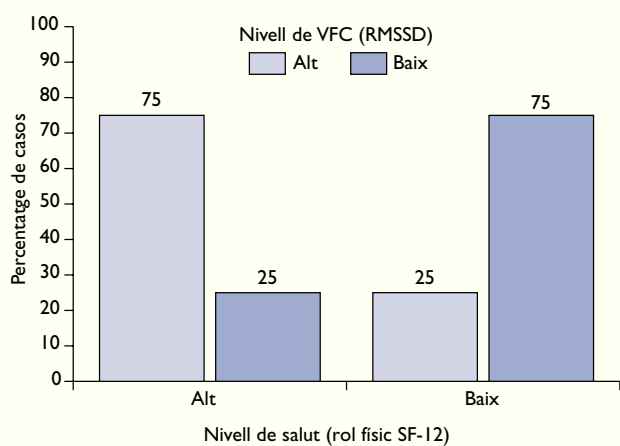
Analizant els resultats d'una manera més qualitativa, en la taula II s'observa que els subjectes que perceben una millor salut en relació amb el rol físic i la puntuació total de l'SF-12, presenten una millor VFC que els subjectes que perceben pit-

jor la seva salut, tot destacant també els paràmetres RMSSD i pNN50 del domini temporal. Es corrobora que aquesta variabilitat més gran de la freqüència cardíaca ve donada per una influència del sistema parasimpàtic més gran, ja que el paràmetre HF és significativament més elevat per a ambdues puntuacions de l'SF-12 en els subjectes del grup més saludable. Es comproven els mateixos resultats a partir de la taula III, en què es mostra que els subjectes situats en el grup que percep més salut són també els que se situen en el grup de més variabilitat de la freqüència cardíaca respecte dels paràmetres RMSSD i pNN50, i de més influència vagal (HF més alt).

Així doncs, els nostres resultats indiquen que la VFC és un indicador de salut, en el sentit que una variabilitat més elevada es relaciona amb una millor percepció de salut, en la línia del que suggereixen diversos estudis^{7,14}. En el nostre cas, hem analitzat de diverses formes la relació entre els paràmetres de la VFC amb les puntuacions en l'autoinforme de salut percebuda SF-12. Com s'ha indicat anteriorment, la gamma de qüestionaris de l'SF representa una de les mesures genèriques de la qualitat de vida en relació amb la salut d'ús més ampli. Ara bé, una limitació en l'ús de l'SF-12 és que comporta una pèrdua de precisió en les puntuacions de les 8 dimensions originals de l'SF-36, perquè en aquesta versió reduïda queden representades tan sols per un o dos ítems i algun dels ítems només té 2 opcions de resposta en l'SF-12. En algun estudi s'aconsella interpretar només les dues puntuacions sumari dels components físic i mental¹⁶. Malgrat això, és possible calcular les 8 dimen-

Figura 1

Percentatge de casos segons el nivell de salut, a partir de la dimensió de rol físic de l'SF-12, i segons el nivell de variabilitat de la freqüència cardíaca (VFC, paràmetre RMSSD). Els subjectes amb més variabilitat (VFC) presenten millor salut i els subjectes amb menor VFC presenten pitjor salut ($\chi^2_{(1)} = 8,00$; $p = 0,006$). RMSSD: desviació estàndard de la diferenciació de la sèrie RR en mil·lisegons; VFC: variabilitat de la freqüència cardíaca.



sions seguint els mateixos criteris de codificació i de correcció proposats per a l'SF-36. Precisament la dimensió rol físic, l'única que mostra una relació consistent i significativa amb la VFC, s'ha calculat a partir de la resposta dicotòmica en 2 ítems de l'SF-12, i dona com resultat una puntuació de 0 a 100 poc contínua que situa els subjectes polaritzadament als 2 extrems: a) més pròxim a 0, indicant pitjor salut i amb problemes amb el treball o altres activitats diàries a causa de la salut física, i b) més pròxim a 100, indicant més bona salut i sense cap problema amb el treball o altres activitats diàries per raó de la salut física. A causa d'això, potser cal anar amb cautela a l'hora d'interpretar l'anàlisi quantitativa de la puntuació d'aquesta escala, que mostra correlacions significatives amb els paràmetres més representatius de VFC. Però aquesta relació es veu confirmada en fer l'anàlisi més qualitativa, ja que gràcies a aquesta polarització de les puntuacions, els subjectes se situen clarament en alguns dels 2 grups de nivell alt i baix de salut respecte del rol físic. Aquest problema, que afecta la puntuació de l'escala de rol físic i igualment la de rol emocional, s'ha millorat en la versió 2 de l'SF-36 i de l'SF-12. També s'han millorat les opcions de resposta a altres ítems, que permeten una millor interpretació de les 8 dimensions del qüestionari, i les instruccions

destinades a l'autoadministració²⁷. La validació de la versió 2 de l'SF-12 (SF-12 v2) en castellà no estava disponible quan es va fer aquest estudi i per això s'hi va emprar la versió inicial.

Quant a les possibilitats de l'anàlisi de la VFC com a sistema de diagnòstic clínic, podem destacar-ne la utilització creixent en situacions esportives com a indicador de salut i com a sistema de control i seguiment dels esportistes. Així, la VFC s'ha mostrat sensible per avaluar canvis diaris en els esportistes provocats per l'entrenament. En tots els casos, els estats de salut o de benestar i les situacions òptimes d'adaptació a l'entrenament esportiu i de condició física saludable es relacionen amb la presència de variabilitat en l'interval RR. Per contra, les males adaptacions a l'entrenament, les càrregues excessives, l'efecte cremat (*burnout*), la fatiga, el sobreentrenament o una condició física pobre es relacionen amb una reducció de variabilitat^{14,28,29}. Per tot això i a partir dels nostres resultats, proposem el mateix sistema d'anàlisi basada en el registre de la VFC per controlar la salut en la població general.

Amb la tecnologia disponible, la VFC constitueix un sistema de mesurament fàcil que ofereix interessants possibilitats per disposar d'un diagnòstic clínic instantani i no invasiu que pot permetre diferenciar els estats de salut i els poc saludables. La seva anàlisi constitueix una mesura objectiva, ràpida i quantificable, malgrat que la interpretació presenta limitacions importants quan la volen utilitzar especialistes en l'àmbit aplicat. Per exemple, cal saber interpretar els múltiples paràmetres resultants de l'anàlisi informàtica, relacionant-los amb l'activitat combinada dels sistemes simpàtic i parasimpàtic. En aquest sentit, el Polar S810i és molt còmode i poc invasiu, amb un mesurament vàlid de l'interval RR, un emmagatzematge fàcil de les dades i una obtenció ràpida dels paràmetres de VFC més estandarditzats. Però fa falta més recerca per diferenciar els paràmetres de VFC que puguin ser més precisos en els diagnòstics i per facilitar una interpretació final a l'abast de l'especialista, que permeti discriminar entre processos diferents, com per exemple entre l'estrès físic i l'estrès psicològic.

En conclusió, els resultats confirmen que l'anàlisi de la VFC és un bon marcador de l'estat de salut i pot ajudar a diagnosticar ràpidament i amb facilitat (en repòs, d'una manera no invasiva) estats d'estrès (efecte cremat *-burnout-*, fatiga, esgotament o ansietat) en la població general, per la qual cosa pot ser de gran utilitat en el control i seguiment de l'adaptació a l'entrenament dels esportistes (per exemple, com a indicador de sobreentrenament).

Bibliografia

1. Molgaard H, Sorensen KE, Bjerregaard P. Attenuated 24-h heart rate variability in apparently healthy subjects, subsequently suffering sudden cardiac death. *Clin Auton Res*. 1991;1:233-7.
2. Tsuji H, Venditti FJ Jr, Manders ES, Evans JC, Larson MG, Feldman CL, et al. Reduced heart rate variability and mortality risk in an elderly cohort. the Framingham heart study. *Circulation*. 1994;90:878-83.
3. Dishman RK, Nakamura Y, Garcia ME, Thompson RW, Dunn AL, Blair SN. Heart rate variability, trait anxiety, and perceived stress among physically fit men and women. *Int J Psychophysiol*. 2000;37:121-33.
4. Friedman BH, Thayer JF. Autonomic balance revisited: Panic anxiety and heart rate variability. *J Psychosom Res*. 1998;44:133-51.
5. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. Heart rate variability. standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. *Eur Heart J*. 1996;17:354-81.
6. Gamelin FX, Berthoin S, Bosquet L. Validity of the polar S810 heart rate monitor to measure R-R intervals at rest. *Med Sci Sports Exerc*. 2006;38:887-93.
7. Kleiger RE, Stein PK, Bigger JT Jr. Heart rate variability: Measurement and clinical utility. *Ann Noninvasive Electrocardiol*. 2005;10:88-101.
8. Terathongkum S, Pickler RH. Relationships among heart rate variability, hypertension, and relaxation techniques. *J Vasc Nurs*. 2004;22:78.
9. Yoshiuchi K, Quigley KS, Ohashi K, Yamamoto Y, Natelson BH. Use of time-frequency analysis to investigate temporal patterns of cardiac autonomic response during head-up tilt in chronic fatigue syndrome. *Auton Neurosci*. 2004;113:55-62.
10. Melanson EL, Freedson PS. The effect of endurance training on resting heart rate variability in sedentary adult males. *Eur J Appl Physiol*. 2001;85:442-9.
11. Tulppo MP, Hautala AJ, Mäkikallio TH, Laukkanen RT, Nissilä S, Hughson RL, et al. Effects of aerobic training on heart rate dynamics in sedentary subjects. *J Appl Physiol*. 2003;95:364-72.
12. Hedelin R, Wiklund U, Bjerle P, Henriksson-Larsén K. Cardiac autonomic imbalance in an overtrained athlete. *Med Sci Sports Exerc*. 2000;32:1531-3.
13. Mourot L, Bouhaddi M, Perrey S, Cappelle S, Henriot M, Wolf J, et al. Decrease in heart rate variability with overtraining: Assessment by the Poincaré plot analysis. *Clin Physiol Funct Imaging*. 2004;24:10-8.
14. Rodas G, Pedret C, Ramos J, Capdevila L. Variabilidad de la frecuencia cardíaca: concepto, medidas y relación con aspectos clínicos. *Archivos de Medicina del Deporte*. 2008;123:41-8.
15. Ware JE Jr. SF-36 health survey update. *Spine*. 2000;25:3130-9.
16. Vilagut G, Ferrer M, Rajmil L, Rebollo P, Permanyer-Miralda G, Quintana JM, et al. El cuestionario de salud SF-36 español: Una década de experiencia y nuevos desarrollos. *Gac Sanit*. 2005;19:135-50.
17. Ware JE Jr, Sherbourne CD. The MOS 36-item short-form health survey (SF-36). I. Conceptual framework and item selection. *Med Care*. 1992;30:473-83.
18. Ware J Jr, Kosinski M, Keller SD. A 12-item short-form health survey: Construction of scales and preliminary tests of reliability and validity. *Med Care*. 1996;34:220-33.
19. Alonso J, Prieto L, Antó J. La versión española del SF-36 Health Survey (cuestionario de salud SF-36): Un instrumento para la medida de los resultados clínicos. *Med Clin (Barc)*. 1995;104: 771-6.
20. Badia X, Prieto L, Roset M, Díez-Pérez A, Herdman M. Development of a short osteoporosis quality of life questionnaire by equating items from two existing instruments. *J Clin Epidemiol*. 2002;55:32-40.
21. Badia Llach X, Castro Díaz D, Conejero Sugrañes J. Validez del cuestionario King's Health para la evaluación de la calidad de vida en pacientes con incontinencia urinaria. Grupo King's. *Med Clin (Barc)*. 2000;114:647-52.
22. Escobar A, Quintana JM, Bilbao A, Azkárte J, Güenaga JI. Validation of the Spanish version of the WOMAC questionnaire for patients with hip or knee osteoarthritis. Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index. *Clin Rheumatol*. 2002;21:466-71.
23. Rebollo P, Ortega F, Ortega T, Valdes C, García-Mendoza M, Gómez E. Spanish validation of the Kidney Transplant Questionnaire: a useful instrument to assessing health related quality of life in kidney transplant patients. *Health Qual Life Outcomes*. 2003;1:56.
24. Escribà-Agüir V, Mas Pons R, Flores Reus E. Validation of the job content questionnaire in hospital nursing staff. *Gaceta Sanitaria*. 2001;15:142-9.
25. Maunder RG, Lancee WJ, Nolan RP, Hunter JJ, Tannenbaum DW. The relationship of attachment insecurity to subjective stress and autonomic function during standardized acute stress in healthy adults. *J Psychosom Res*. 2006;60:283-90.
26. Brennan M, Palaniswami M, Kamen P. Do existing measures of Poincaré plot geometry reflect nonlinear features of heart rate variability? *IEEE Trans Biomed Eng*. 2001;48:1342-7.

27. Ware JE, Kosinski M, Turner-Bowker DM, Gandek B. How to score Version 2 of the SF-12 Health Survey. Lincoln, Rhode Island: QualityMetric Incorporated; 2002.
28. Mourot L, Bouhaddi M, Perrey S, Cappelle S, Henriot MT, Wolf JP, et al. Decrease in heart rate variability with overtraining: assessment by the Poincare plot analysis. *Clin Physiol Funct Imaging*. 2004;24:10-8.
29. Hynynen E, Uusitalo A, Kontinen N, Rusko H. Heart rate variability during night sleep and after awakening in overtrained athletes. *Med Sci Sports Exerc*. 2006;38:313-7.