

Studio osservazionale Limiti dell'adattamento funzionale cardiaco in atleti "top level" di resistenza

Bruno Carù, Giovanni Righetti*, Mario Bossi*, Camillo Gerosa*, Giuseppe Gazzotti**,
Diego Maranetto**

CNR, Milano, *Dipartimento di Cardiologia, Ospedale Manzoni, Lecco, **Allenatori Squadre Nazionali Sci di Fondo

Key words:
Cardiovascular
adjustments; Sport.

Background. Sports activity, particularly when performed at high level, provokes cardiovascular adjustments depending on the type of sport and on the level of the load.

Methods. We evaluated 15 athletes from the Italian national team during a non-agonistic period of cross country skiing, with non-invasive tests including exercise test, color Doppler echocardiography, Holter monitoring, physical examination and standard rest electrocardiogram.

Results. Physical examination, rest electrocardiogram, exercise testing and echocardiography were all within the range of the expected values for this type of subjects. Holter monitoring recorded during the periods of agonistic activity revealed significant hypokinetic arrhythmias such as severe bradycardia, pauses, I and II degree atrioventricular blocks, and complete atrioventricular block in 2 cases; these features were not observed on Holter monitoring recorded during the non-agonistic period.

Conclusions. The perfect health status of subjects and their racing results may bring about physiological functional adjustments, but these observations suggest the need for a follow-up to evaluate possible pathologic outcomes.

(Ital Heart J Suppl 2001; 2 (2): 150-154)

© 2001 CEPI Srl

Ricevuto il 7 giugno
2000; nuova stesura il 18
settembre 2000; accettato
il 28 settembre 2000.

Per la corrispondenza:

Prof. Bruno Carù

CNR

Palazzo LITA

Via Fratelli Cervi, 93

20090 Segrate (MI)

E-mail:

caru@itba.mi.cnr.it

Introduzione

I principali adattamenti funzionali del cuore dell'atleta che pratica sport di resistenza riguardano le modificazioni della funzione cronotropa.

È noto da tempo che l'atleta presenta una ridotta frequenza cardiaca (FC) a riposo e per carichi di lavoro sottomassimali rispetto al soggetto sedentario. Atleti di resistenza di elevato livello con prestazioni di valore eccezionale, in particolare maratoneti, ciclisti e sciatori di fondo, possono presentare valori di FC a riposo decisamente molto bassi con pause ventricolari molto prolungate. Si possono talora rilevare prolungamenti dei tempi di conduzione atrioventricolare che in un soggetto sedentario sarebbero decisamente patologici. Già nel 1991 Ogawa et al.¹ in 30 sciatori di fondo di elevato livello riscontrarono nel 67% degli atleti pause ventricolari > 2 s e nel 17% pause > 3 s.

Il meccanismo fisiopatologico che determina questo comportamento va ricercato negli effetti del sistema nervoso autonomo sul cuore allenato a sport di resistenza. Evidenza di ciò si ha, oltre che a livello umano, anche a livello sperimentale su ratti².

Pertanto le opinioni dei ricercatori non sono del tutto in accordo per ciò che riguarda il modo di estrinsecazione di tale "sbilanciamento" del sistema nervoso autonomo. Mentre alcuni sostengono che tali fenomeni siano secondari ad un'accentuata attività vagale con ridotto tono simpatico negli atleti di resistenza³⁻⁶, altri, analizzando con indagini spettrali la variabilità della FC, hanno rilevato che atleti di resistenza molto allenati presentavano elevati valori della componente a bassa frequenza, che sarebbero conseguenti al perdurare dello stimolo simpatico dopo attività di resistenza di grande impegno, potendo così spiegare la coesistenza di bradycardia con segni di accentuata attività simpatica in atleti con tali caratteristiche^{7,8}.

Scopo del presente lavoro è stato verificare se l'attività sportiva di resistenza di elevato livello può condizionare adattamenti della funzione cardiaca di tipo estremo con caratteristiche che potrebbero sconfinare nel patologico, e verificare, inoltre, la reversibilità di tali adattamenti, in funzione della variabilità del carico lavorativo imposto dagli allenamenti e dai periodi di sospensione degli stessi, per eventualmente poter escludere, per lo meno a breve termine, un significato patologico.

Materiali e metodi

Sono stati studiati 15 atleti maschi, di età compresa fra 18 e 22 anni (media 21.1 anni) componenti della Nazionale italiana di sci di fondo, con carriera agonistica ed elevato impegno psico-fisico da un minimo di 4 ad un massimo di 8 anni. Tutti i soggetti erano esenti da patologie extracardiache intercorrenti. Nessuno di loro aveva storia di patologia cardiaca pregressa né episodi di lipotimie o sincopi, e nessuno era sottoposto ad alcun trattamento farmacologico sistematico.

Tutti i soggetti sono stati sottoposti ad elettrocardiogramma (ECG) a riposo, ad ecocardiogramma color Doppler mono e bidimensionale (Vingmed 500, Oslo, Norvegia), a prova ergometrica al cicloergometro (a freno elettromagnetico Cardioline STS 3, Milano, Italia), con carichi crescenti di 25 W/min, e registrazione continua dell'ECG (Cardioline ECT WS 2000), e rilevazione della pressione arteriosa (con sfigmomanometro a colonna di mercurio) ed a due registrazioni di ECG dinamico secondo Holter (Cardioline AD 35 HS) per 24 ore ciascuna, in periodi differenti.

La prima registrazione è stata effettuata durante il periodo di intenso allenamento fisico ed attività agonistica, comprendendo nella registrazione una seduta di allenamento od una gara; la seconda registrazione è stata eseguita dopo un adeguato periodo di detraining, a distanza di almeno 3 mesi dalla fine del periodo agonistico.

Si precisa che la stagione agonistica va dall'inizio di novembre alla fine di marzo; gli allenamenti iniziano a luglio e si protraggono ovviamente fino al termine della stagione agonistica. Il periodo che va dall'inizio di aprile alla fine di giugno è considerato di detraining, non essendo previsti allenamenti specifici; durante questo periodo gli atleti conducono vita tranquilla e libera.

Gli allenamenti prevedono due sedute al giorno per 7 giorni la settimana; ogni seduta ha la durata di almeno 2 ore (in alcuni casi anche 3 o 4). L'allenamento non viene praticato il giorno delle competizioni; nei mesi di settembre e ottobre le sedute di allenamento possono essere anche di 15 la settimana. Pertanto l'atleta ha un impegno di allenamento di 28-36 ore settimanali.

L'allenamento specifico comprende soprattutto (per il 90%) impegno di tipo aerobico con corsa in piano ed in salita, bicicletta e ski-roll; una parte dell'allenamento è dedicata alla preparazione anaerobica (circa 8%) ed una parte a stretching ed esercizi a corpo libero.

Risultati

I rilievi clinici di ordine cardiologico sono risultati per tutti i soggetti perfettamente nella norma.

L'ECG a riposo ha mostrato in tutti i soggetti ritmo sinusale con FC media di 44 b/min (range 38-48 b/min); tempo di conduzione atrioventricolare entro i limiti della norma in tutti i soggetti, con valore medio di 0.18 s (range 0.16-0.20 s).

Normale aspetto del ventricologramma e della ripolarizzazione ventricolare.

L'eco color Doppler ha presentato in tutti i soggetti reperti di normalità a carico delle strutture miocardiche e dei grandi vasi, compatibilmente con il livello di preparazione atletica dei soggetti. In particolare le dimensioni cavitari del ventricolo sinistro in telediastole erano in media di 54 ± 1.6 mm, e quelle del ventricolo destro di 36 ± 1.7 mm (Tab. I). Gli spessori parietali del ventricolo sinistro hanno dimostrato un valore medio di 11 ± 0.6 mm per la parete posteriore, misurata in telediastole e di 11 ± 0.9 mm per il setto interventricolare, misurato in telesistole (Tab. I).

L'indagine color Doppler non ha rivelato alcun segnale di rigurgito valvolare in tutti i soggetti esaminati (in alcuni soggetti sono state rilevate turbolenze nelle cavità destre, ritenute peraltro prive di significato emodinamico).

La prova ergometrica ha deposto per un alto livello di capacità lavorativa, con valori di carico di picco tollerati compresi fra 325 e 425 W. I valori di FC di picco sono risultati compresi fra 185 e 205 b/min corrispondenti a valori percentuali di FC massima teorica di 92-100% (Tab. II). La dinamica di incremento della FC e della pressione arteriosa è risultata del tutto normale per tutti i livelli di carico tollerati da ciascun soggetto.

A carico dell'ECG da lavoro non sono emersi elementi particolari, e specificatamente nessuna modificazione dell'aspetto del complesso rapido ventricolare, né della fase di ripolarizzazione ventricolare e neppure sostanziali modificazioni dei tempi di conduzione. Nessun battito ectopico è stato registrato né osservato al monitor durante lavoro.

Questi dati, sostanzialmente del tutto prevedibili in considerazione del gruppo di soggetti in esame, confermano lo stato di salute e l'ottimo livello di efficienza di tali atleti.

Tabella I. Diametri e spessori ventricolari.

Atleta	Età (anni)	DTDVS (mm)	DTDVD (mm)	SPPVS (mm)	SSIV (mm)
DB	18	56	37	11	12
FA	22	55	37	10	12
DSB	21	58	39	11	12
SF	21	56	38	11	12
CL	22	56	38	11	11
PM	22	54	38	11	13
MI	22	55	39	11	12
GG	21	56	36	10	12
MK	21	55	38	11	11
CB	22	56	39	12	12
PR	21	56	38	10	11
PA	21	55	38	12	13
DB	20	58	38	10	13
SF	21	56	38	12	12
DBB	22	56	39	13	13

DTDVD = diametro telediastolico del ventricolo destro; DTDVS = diametro telediastolico del ventricolo sinistro; SPPVS = spessore della parete posteriore del ventricolo sinistro; SSIV = spessore del setto interventricolare.

Tabella II. Parametri della prova ergometrica.

Atleta	Età (anni)	Carico di picco (W)	FC picco (b/min)	PAS picco (mmHg)
DB	18	350	198	240
FA	22	375	188	180
DSB	21	350	190	200
SF	21	400	205	260
CL	22	325	196	200
PM	22	375	196	210
MI	22	350	188	220
GG	21	375	200	200
MK	21	325	185	200
CB	22	375	190	220
PR	21	350	194	190
PA	21	350	188	190
DB	20	350	194	240
SF	21	425	198	220
DBB	22	375	198	200
Media	21.13	363.33	193.87	211.33
DS	1.06	26.50	5.57	22.00

FC picco = frequenza cardiaca di picco; PAS picco = pressione arteriosa sistolica di picco.

Le osservazioni di maggior interesse, e che costituiscono lo scopo del presente lavoro, sono state ricavate dai dati ottenuti dalle registrazioni per 24 ore dell'Holter, eseguite nei tempi più sopra riportati.

Negli Holter registrati nella fase di intenso allenamento e pratica agonistica (fase 1) nessun atleta ha segnalato, nel diario fornito al momento dell'inizio della

registrazione, alcun disturbo soggettivo o sintomi particolari. Tutte le registrazioni eseguite in fase 1, per tutti gli atleti, hanno rivelato come ritmo fondamentale, una bradicardia sinusale, particolarmente spiccata durante le ore notturne, con valori minimi di FC compresi fra 28 e 55 b/min e valori medi di FC compresi fra 36 e 56 b/min. Nei soggetti che presentavano valori di FC di 28 b/min, gli intervalli sinusali erano in media di 2.15 s.

Sono stati registrati blocchi atrioventricolari (BAV) praticamente in tutti i soggetti, ed in particolare nella maggior parte episodi di BAV di I o di II grado con periodismi di Luciani-Wenqueback; in 2 soggetti sono stati registrati episodi di BAV di II grado 2:1, della durata massima di 45 min con intervallo R-R massimo di 3 s e FC minima di 25 b/min.

In altri 2 soggetti si sono verificati episodi di BAV totale, sempre con aspetto normale del complesso QRS. In uno di questi 2 soggetti gli episodi di BAV totale si sono verificati durante le ore notturne, con intervallo R-R massimo di 2.1 s. Nell'altro soggetto sono stati registrati episodi più prolungati di BAV totale, sia durante il periodo notturno, sia durante il giorno in condizioni di riposo, con una durata massima di 40 min e con intervallo R-R massimo di 3 s.

I fenomeni di alterata conduzione atrioventricolare regedivano completamente durante attività fisica (Fig. 1).

Negli Holter registrati nella fase 2 (dopo periodo di 3 mesi di detraining) si è verificata una sostanziale modificazione delle aritmie ipocinetiche precedentemente registrate, nel senso di una riduzione di frequenza e gra-

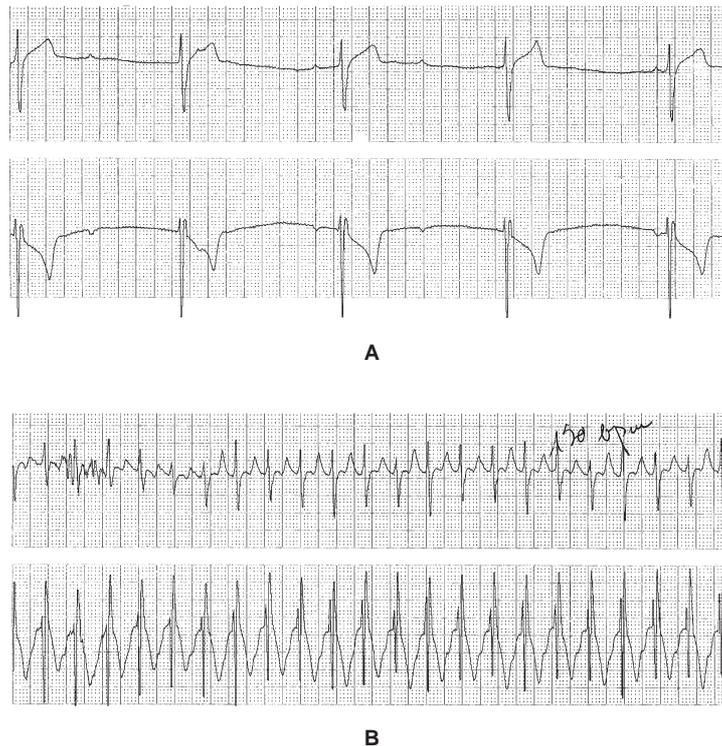


Figura 1. A: blocco atrioventricolare di grado elevato; B: completa regressione del blocco durante attività fisica.

do dei fenomeni ipocinetici. In particolare, nessun episodio di BAV è stato registrato nella fase 2. Più precisamente, tutti i soggetti hanno presentato un ritmo sinusale di fondo con valori di FC minima compresi fra 38 e 60 b/min, e valori di FC media compresi fra 55 e 66 b/min.

Facendo riferimento ai 2 soggetti che avevano presentato episodi di BAV di II grado (tipo 2:1) nelle registrazioni della fase 1 non si è avuta alcuna evidenza di rallentamenti della conduzione atrioventricolare tali da configurare dei BAV di alcun tipo.

Nei 2 soggetti che avevano presentato episodi di BAV totale nelle registrazioni della fase 1, sono stati registrati solo episodi di BAV di II grado di tipo Mobitz I.

Si segnala come corollario che gli atleti nei quali sono stati rilevati BAV totali nelle registrazioni della fase 1 sono stati quelli che in quel periodo hanno ottenuto i migliori risultati sportivi ed i migliori piazzamenti nelle gare ufficiali nazionali ed internazionali, dimostrando una migliore "efficienza" globale rispetto ai loro compagni di squadra nazionale, ed in più, se paragonati a se stessi, hanno ottenuto migliori risultati quando erano presenti i fenomeni di BAV, rispetto a quando questi non erano evidenti.

Discussione

La presenza di episodi di BAV in atleti di resistenza è reperto di riscontro frequente, specialmente nei periodi di maggiore impegno agonistico o di allenamento. In letteratura sono riferiti numerosi casi di episodi di BAV di I e di II grado^{5,6,9,10} e di marcata bradicardia con pause sinusali $> 2 s^5$, e pure se Pokan et al.⁶ concludono che episodi di BAV "di ogni grado di severità, possono essere osservati negli atleti", nella loro casistica nessun caso di BAV totale viene riportato.

E nessuna segnalazione di BAV totale in atleti di resistenza in piena attività agonistica è presente nella letteratura degli ultimi 10 anni.

La nostra osservazione fa sorgere la domanda di quali possano essere i limiti dell'adattamento della funzione cardiaca agli sport di resistenza di grande impegno fisico, poiché sembra assai verosimile che le osservazioni riportate nel presente lavoro vadano intese come risposte funzionali all'elevato livello di allenamento, stante il fatto che i fenomeni più significativi (BAV totali), regrediscono completamente nella fase di detraining, e nessun elemento di significato patologico a carico dell'apparato cardiocircolatorio è emerso dalle indagini cliniche e strumentali effettuate su questi atleti.

Alcuni autori, pur ovviamente ammettendo che i tempi di conduzione atrioventricolare possono essere prolungati negli atleti di resistenza, riferiscono che la presenza di BAV avanzati, di II e III grado devono far porre il sospetto della possibile presenza di una cardiopatia sottostante, che va pertanto esclusa¹¹. Infatti più raro è il fenomeno del BAV di grado avanzato, mentre

assai più frequenti sono le segnalazioni di pause sinusali anche oltre i 2 ed i 3 s^{1,5,9-11}.

I dati presenti in letteratura sono tutti concordanti nell'attribuire ai meccanismi di adattamento che si verificano nel sistema nervoso autonomo a seguito di prestazioni atletiche di resistenza prolungate e di elevato livello, i fenomeni riscontrati a carico dei tempi di conduzione atrioventricolare e di rallentamento dell'attività sinusale²⁻⁸.

Si è ritenuto in passato che ciò fosse la conseguenza di un ipertono vagale assoluto o di un'aumentata sensibilità dei recettori atriali per l'acetilcolina.

A livello sperimentale è stato dimostrato in animali sottoposti ad intensa attività fisica una contemporanea diminuzione sia del tono vagale, sia pure del tono simpatico¹², per cui è stato introdotto il concetto di "ipertono vagale relativo". Questo concetto è stato suffragato dall'osservazione di una riduzione dei livelli ematici di catecolamine sia a riposo, sia durante sforzo in atleti di resistenza di alto livello¹³.

Lo studio della variabilità RR nei tracciati Holter degli atleti di resistenza ha consentito di dimostrare un aumento della deviazione standard degli intervalli RR; inoltre dall'analisi spettrale risulterebbe negli atleti di resistenza di alto livello una componente ad alta frequenza più ampia, accompagnata da una minore componente a bassa frequenza¹⁴. Gli stessi autori peraltro esprimono dubbi sulla piena affidabilità, negli atleti, dell'analisi spettrale, che potrebbe non essere in grado di valutare correttamente l'attività vagale.

La letteratura peraltro è concorde nell'attribuire a meccanismi di adattamento la comparsa dei fenomeni descritti.

È senz'altro necessario comunque che il carico lavorativo imposto durante gli allenamenti sia di entità e di durata molto elevata, poiché tali osservazioni non sono mai emerse per atleti, pur di elevato livello, la cui specialità sportiva e lo specifico gesto atletico non comporta per l'ottenimento dei risultati un impegno muscolare e cardiocircolatorio paragonabile.

Risulta pertanto verosimile, in assenza di ogni segno di cardiopatia organica sottostante come nei soggetti presi in considerazione nel presente lavoro, poter attribuire allo stesso meccanismo fisiologico la genesi anche di fenomeni di BAV di III grado, soprattutto in considerazione dell'osservazione del loro regredire nella fase di detraining.

I fenomeni relativi agli effetti dell'allenamento di resistenza sulle risposte del sistema nervoso autonomo a carico della regolazione della FC e dei tempi di conduzione atrioventricolari, non sembrano essere condizionati dall'età dei soggetti presi in considerazione e neppure dall'entità massima di prestazione, nel senso che dati analoghi sono stati riportati in atleti di età paragonabile a quelli oggetto del presente studio ed in atleti "seniores" (di età compresa fra 35 e 45 anni)¹⁵.

L'elemento condizionante ed indispensabile sembra invece quello relativo alla quantità dell'allenamento

svolto ed al raggiungimento di una prestazione massimale indipendentemente dal suo valore assoluto, nel senso che anche per soggetti di capacità più limitate, rispetto ad atleti di elevato livello, esiste la possibilità del verificarsi dei citati adattamenti del sistema nervoso autonomo^{16,17}.

Appare ovvio peraltro che tali riscontri siano più frequenti in atleti di livello elevato, verosimilmente per ragioni di ordine motivazionale, che li inducono a carichi lavorativi sempre maggiori nelle sedute di allenamento, per ottenere risultati sportivi sempre migliori, senza dimenticare possibili implicazioni di ordine genetico che potrebbero di per sé orientare alcuni individui verso specialità sportive più confacenti alle loro caratteristiche fisiologiche.

A seguito delle osservazioni che costituiscono l'oggetto del presente lavoro sorgono un'ipotesi di studio ed una considerazione. L'ipotesi di studio prevede il follow-up di questi soggetti per verificare la comparsa di eventuali evoluzioni in senso patologico dei fenomeni di dissociazione atrioventricolare, come ipotizzato da alcuni¹¹, l'eventuale ripetersi, negli stessi soggetti od in altri dello stesso gruppo, dei fenomeni già documentati in alcuni, nei periodi di massimo impegno agonistico, anche in funzione dei massimi livelli di prestazione e dei risultati sportivi. A tal proposito si suggerisce, in tali atleti, l'opportunità di indagini strumentali, come il tilt test o manovre di stimolazione del sistema nervoso autonomo allo scopo di poter esprimere, assieme al follow-up, un giudizio prognostico più affidabile.

La considerazione si riferisce all'eventuale possibilità di riflessioni sui limiti fisiologici degli adattamenti (nel caso specifico relativi al sistema nervoso autonomo), che, sulla base delle presenti osservazioni, potrebbero essere più allargati rispetto a quanto si ritiene corretto attualmente.

Riassunto

Razionale. L'attività sportiva, specialmente se praticata ad alto livello, comporta degli adattamenti cardiovascolari che dipendono dal tipo di sport e dall'intensità dell'impegno.

Materiali e metodi. Sono stati studiati 15 atleti della Nazionale italiana di sci di fondo con indagini non invasive costituite da prova ergometrica, ecocardiogramma color Doppler e registrazioni di elettrocardiogramma dinamico secondo Holter, oltre alla visita clinica ed elettrocardiogramma a riposo.

Risultati. Nulla di particolare da segnalare a proposito della visita clinica, dell'elettrocardiogramma a riposo, della prova ergometrica e dell'ecocardiogramma che hanno rivelato parametri compatibili con l'elevato livello di preparazione dei soggetti. Gli Holter registrati in periodi di attività agonistica hanno dimostrato importanti aritmie ipocinetiche come bradicardia estrema, pause, blocchi atrioventricolari di I e II grado e blocco

atrioventricolare completo in 2 casi, fenomeni non più presenti nelle registrazioni effettuate nel periodo non agonistico.

Conclusioni. Il perfetto stato di salute dei soggetti ed i risultati agonistici farebbero propendere, anche nei casi di blocco atrioventricolare completo, per fenomeni di adattamento funzionale; peraltro tali rilievi meritano un follow-up per valutare eventuali conseguenze patologiche.

Parole chiave: Adattamenti cardiaci; Sport.

Bibliografia

1. Ogawa S, Tabata H, Ohishi S, et al. Prognostic significance of long ventricular pauses in athletes. *Jpn Circ J* 1991; 55: 761-6.
2. Hassan MO. The role of the autonomic nervous system in exercise bradycardia in rats. *East Afr Med J* 1991; 68: 130-3.
3. Shin K, Minamitani H, Onishi S, Yamazaki H, Lee M. Assessment of training-induced autonomic adaptations in athletes with spectral analysis of cardiovascular variability signals. *Jpn J Physiol* 1995; 45: 1053-69.
4. Shin K, Minamitani H, Onishi S, Yamazaki H, Lee M. Autonomic differences between athletes and nonathletes: spectral analysis approach. *Med Sci Sports Exerc* 1997; 29: 1482-90.
5. Jensen-Urstad K, Saltin B, Ericson M, Storck N, Jensen-Urstad M. Pronounced resting bradycardia in male elite runners is associated with high heart rate variability. *Scand J Med Sci Sports* 1997; 7: 274-8.
6. Pokan R, Huonker M, Schumacher M, et al. ECG of the athlete's heart. *Acta Med Austriaca* 1994; 21: 76-82.
7. Furlan R, Piazza S, Dell'Orto S, et al. Early and late effects of exercise and athletic training on neural mechanisms controlling heart rate. *Cardiovasc Res* 1993; 27: 482-8.
8. Bonaduce D, Petretta M, Cavallaro V, et al. Intensive training and cardiac autonomic control in high level athletes. *Med Sci Sports Exerc* 1998; 30: 691-6.
9. Bjornstad H, Storstein L, Meen HD, Hals O. Ambulatory electrocardiographic findings in top athletes, athletic students and control subjects. *Cardiology* 1994; 84: 42-50.
10. Holly RG, Shaffrath JD, Amsterdam EA. Electrocardiographic alterations associated with the hearts of athletes. *Sports Med* 1998; 25: 139-48.
11. Boraita Perez A, Serratos Fernandez L. "The athlete's heart": most common electrocardiographic findings. *Rev Esp Cardiol* 1998; 51: 356-68.
12. Lin YC, Horvath SM. Autonomic nervous control of cardiac frequency in the exercised trained rat. *J Appl Physiol* 1972; 33: 796-9.
13. Weicker H. Sympathoadrenergic regulation. *Int J Sports Med* 1986; 7: 16-22.
14. Dixon EM, Kamath MV, McCartney N, Fallen EL. Neural regulation of heart rate variability in endurance athletes and sedentary controls. *Cardiovasc Res* 1992; 26: 713-9.
15. Sharma S, Whyte G, Elliott P, et al. Electrocardiographic changes in 1000 highly trained junior elite athletes. *Br J Sports Med* 1999; 33: 319-24.
16. Bjornstad H, Storstein L, Dyre Meen H, Hals O. Electrocardiographic findings of heart rate and conduction times in athletic students and sedentary control subjects. *Cardiology* 1993; 83: 258-67.
17. Bjornstad H, Storstein L, Dyre Meen H, Hals O. Electrocardiographic findings according to level of fitness and sport activity. *Cardiology* 1993; 83: 268-79.