

## 축구선수에서 집중훈련전후의 심전도 및 심초음파도의 비교관찰

경북대학교 의과대학 내과학교실

우언조 · 강승완 · 김신우 · 채성철 · 전재은 · 박의현

대구 유성스포츠프라자 스포츠과학연구소

박희명 · 김유문 · 김종석

= Abstract =

### Comparisons of Electrocardiograms and Echocardiograms in Soccer Players before and after Intensive Training

Eon Jo Woo, M.D., Seung Wan Kang, M.D., Sin Woo Kim, M.D.,  
Shung Chull Chae, M.D., Jae Eun Jun, M.D., Wee Hyun Park, M.D.

*Department of Internal Medicine, School of Medicine, Kyungpook National University, Taegu, Korea*

Hi Myung Park, M.D., Yu Moon Kim, M.D., Jong Suk Kim, M.D.

*Sports Science Research Institute, Yu-Sung Sports Plaza, Taegu, Korea*

**Background :** In athlete's heart, functional and structural alterations are main features. We studied electrocardiograms(ECG's) and echocardiograms(UCG's) in soccer players before and after intensive training.

**Methods :** Fifteen soccer players with the mean age and career of 19.3 and 8.5 years, respectively, underwent intensive training for 5-5.5 months, which included running of 2 km daily during the last 2-2.5 months. Comparisons of ECG's and UCG's recorded before and after the training were made.

**Results :** The major abnormal finding in pre-training ECG's was high voltage being seen in 40% of the cases, and in UCG's left ventricular(LV) dilatation and/or hypertrophy or asymmetrical septal hypertrophy(ASH) were noted in approximately 80% of the cases. The incidences of these findings after the intensive training were essentially unchanged, and the mean of pre- and post-training fractional shortening(FS) and LV and left atrial dimensions were similar. The high voltage in ECG's showed no close correlation with LV dilatation or hypertrophy on UCG's. After the training, however, the mean values of the thickness of LV posterior wall and ventricular septum along with LV mass were significantly increased, and the right ventricular dimension was significantly decreased.

**Conclusions :** The most frequent findings in ECG's and UCG's in soccer players, before and after intensive training, were high voltage, LV dilatation and/or hypertrophy with or without ASH. The intensive training of 5-5.5 months duration caused no change in FS, but caused

significant increase in the thickness of LV posterior wall and ventricular septum, and LV mass.

**KEY WORDS :** Electrocardiogram · Echocardiogram · Soccer players · Intensive training.

## 서 론

장기간에 걸친 규칙적인 동적운동(dynamic exercise)는 심비대, 심확장, 동서맥 등 심장의 형태학적 및 기능적 변화를 초래하며, 이들 변화는 운동의 종류나 기간, 강도 등에 따라 그 정도에 차이가 있고, 운동을 중지하면 대부분의 변화가 가역적인 것으로 알려져 있다<sup>1-3)</sup>. 또한 운동은 심혈관계 뿐만아니라 근골격계를 비롯하여 신체전반에 걸쳐 생리학적 및 해부학적 적응현상을 초래하며<sup>4)</sup>, 축구에서처럼 달리를 주로 하는 운동은 심폐기능을 유지·향상시키는데 효과적인 것으로 알려져 있다<sup>5)</sup>. 그러나 축구선수를 대상으로한 이방면의 업적, 특히 집중훈련전후의 변화를 관찰한 보고는 거의 없는 듯하다.

저자들은 축구선수의 심기능과 구조, 그리고 집중훈련이 이들에 미치는 영향을 관찰하기 위하여 대학교 축구선수를 대상으로 약 5~5.5개월간의 집중훈련전후의 심전도와 심초음파도를 비교 검토하여 그 성적을 보고하는 바이다.

## 대상 및 방법

### 1. 대 상

모대학교 남자 축구선수 15명을 대상으로 하였으며 이들의 연령, 신체적 조건, 선수경력은 Table 1과 같다. 이들은 모두 대학교를 축구 특기생으로 진학한 학생들이었으며 평균 선수경력이 8.5년으로서 대다수가 국민학교 고학년 시절부터 선수로 발탁되어 중·고등학교와 대학교를 축구특기생으로 진학한 학생들이었다. 그러나 팀 전체의 수준은 전국대학교 가운데 하위권에 속하는 편이었다.

Table 1. Characteristics of study subjects (n=15)

Age (yr)	19.3 ± 1.73
Height (cm)	174.3 ± 3.59
Weight (kg)	69.9 ± 5.17
Career (yr)	8.5 ± 3.26
BSA (m <sup>2</sup> )	1.84 ± 0.084

BSA=body surface area

선수들의 평소때의 훈련내용은 대체로 1주에 3~5일간, 1일 약 1시간, 체력단련보다는 축구전술 위주의 훈련을 받았다. 그러나 1990년 12월 하순경부터는 1991년 5월말경과 6월초경에 있는 전국대회에 대비하여 1개월간의 합숙훈련을 포함해서 처음 약 3개월 동안은 1주에 5~6일, 1일 3~4시간의 집중훈련을 받았으며 그 내용은 근력운동, 달리기, 스트레칭등을 약 1시간, 축구의 개인기술 및 전술훈련을 2시간정도 받았다. 그리고 1991년 4월 이후부터 전국대회가 있을 때 까지의 약 2~2.5개월동안은 1주에 6일, 1일 약 4시간(오전 오후에 각각 2시간) 주로 1일 2000m 달리기와 개인 기본 기술과 개인 및 팀 전술훈련을 받았다.

본 연구에서 1차검사는 집중훈련을 시작한 1990년 12월 하순경에 실시하였고 2차검사는 집중훈련 시작후 5~5.5개월에 실시하였다. 이 기간동안 선수들의 체지방율은 평균 12.4%에서 11.0%로 감소하였고( $p<0.05$ ), 최대산소섭취량은 63.5ml/kg/min에서 72.0ml/kg/min로 증가함으로써( $p<0.001$ ) 집중훈련에 의한 심폐지구력 향상효과가 매우 컸음을 알 수 있다.

### 2. 방 법

심전도는 미국 Marquette회사제 심전계 Mac 12로 양와위에서 기록하였다. M형 심초음파도는 Johnson/Johnson 회사제 MeridianTM 심초음파계와 3.5 MHz 탐촉자를 사용해서 기록하였으며 심장구조의 여러치수의 측정 즉 우심실내경, 확장말기 및 수축말기 좌심실내경(LVDd & LVDs)과 확장말기 심실중격 및 후벽 두께(IVSd & LVPWd)의 측정은 미국심초음파도학회<sup>6)</sup>에서 추천하는 방법에 따랐다. 또한 좌심실근량(LV mass)과 좌심실 분획 단축율도 구하였는데 전자는 Devereux 및 Reichek의 공식<sup>7)</sup> 즉  $0.77 \times [(LVDd + LVPWd + IVSd)^3 - (LVDd)^3] + 2.4gm$ 으로, 후자는 관례에 따라 산출하였다. 한편 좌심실확장과 심실중격 및 좌심실후벽비대의 진단은 체표면적과 연령에 따른 Henry 등<sup>8)</sup>의 정상치를 기준으로 하였다.

그리고 본 연구에서 여러성적의 통계학적 유의성의 검정은 Student t 검정법으로 하였다.

## 성 적

축구선수 15례에서 약 5~5.5개월간의 집중훈련 전후의 심전도소견을 비교해보면 Table 2와 같다. 즉 훈련전에는 동서맥이 4례(26.6%),  $V_1$ 의 S파와  $V_5$ 의 R파의 합( $SV_1 + RV_5$ )이 40mm를 초과하는 고전위를 가진 예가 6례(40.0%)에서 있었고, 그밖에 불완전우각차단이 1례(6.6%), QTc 간격 연장이 4례(26.6%)이었다. 그리고 고전위를 가진 6례중 2례는 동서맥이, 4례는 QTc간격연장이 함께 있었다. 훈련후에는 동서맥이 9례(60.0%)로 증가하였으나 나머지 소견들에는 훈련전과 대차가 없었고 동서맥을 가진 9례중 5례에서는 고전위가, 1례에서는 QTc간격연장이 함께 있었다. 그리고 훈련전후의 심박수, PR, QRS 및 QTc간격, 그리고  $SV_1 + RV_5$ 을 서로 비교해보면 Table 3과 같이 이들 지표 모두가 훈련전후에 유의한 차이가 없었다.

훈련전후의 심초음파도소견을 비교해보면 Table 4와 같다. 즉 훈련전에는 좌심실확장이 4례(26.6%), 좌심실비대가 5례(33.3%)에서 있었고, 좌심실확장과 비대를 동시에 가진 예가 2례(13.3%)였으며,

Table 2. Electrocardiographic findings before and after intensive training (n=15)

	Before	After
Sinus bradycardia	4 (26.6)	9 (60.0)
ICRBBB	1 ( 6.6)	1 ( 6.6)
QTc prolongation	4 (26.6)	2 (13.3)
High voltage*	6 (40.0)	6 (40.0)

\* $SV_1 + RV_5 > 40\text{mm}$

ICRBBB=incomplete right bundle branch block

Figures in parentheses indicate percentage

Table 3. Electrocardiographic data before and after intensive training (n=15)

	Before	After
HR (bpm)	68±14.5	61±12.2
PR (msec)	156±13.1	153±15.0
QRS (msec)	98± 7.0	99± 7.4
QTc (msec)	414±16.9	410± 8.9
$SV_1 + RV_5$ (mm)	37±10.6	36± 9.0

Values are mean±SD. HR=heart rate. All differences before and after intensive training are not significant.

그밖에 비대칭성 심실중격비대가 1례(6.6%)있었다. 그리고 비대칭성 심실중격비대를 가진 1례에서는 심실중격두께가 14mm, 좌심실후벽두께가 9mm였다. 훈련후에는 심초음파도의 분석이 가능했던 13례중 좌심실확장이 1례(7.6%), 좌심실비대가 6례(46.1%)에서 있었고, 좌심실확장과 비대를 동시에 가진 예가 2례(15.3%)였으며, 그밖에 비대칭성 심실중격비대와 좌심실비대를 동시에 가진 예가 2례(15.3%)였다. 그리고 훈련전후에 승모판 일탈이 각각 1례씩 있었다.

훈련전후의 심장의 여러치수와 그들로부터 유도되는 여러지표의 평균을 서로 비교해보면 Table 5와 같다. 즉 심실중격의 두께는 훈련전 평균 10.6mm

Table 4. Echocardiographic findings before and after intensive training

	Before (n=15)	After (n=13)
LVD	4 (26.6)	1 ( 7.6)
LVH	5 (33.3)	6 (46.1)
LVD & LVH	2 (13.3)	2 (15.3)
ASH	1 ( 6.6)	
ASH & LVH		2 (15.3)

LVD=left ventricular dilatation, LVH=left ventricular hypertrophy, ASH=asymmetrical septal hypertrophy, Figures in parentheses indicate percentage.

Table 5. Cardiac dimensions and their derivatives before and after intensive training (n=13)

	Before	After	Significance
RVD (cm)	1.8± 0.27	1.6± 0.27	p<0.05
LVDd (cm)	5.2± 0.38	5.3± 0.28	NS
LVDs (cm)	3.5± 0.23	3.4± 0.33	NS
Septal thickness (mm)	10.6± 2.18	11.9± 1.93	p<0.01
PW thickness (mm)	10.3± 1.65	11.3± 1.44	p<0.05
LAD (cm)	3.3± 0.40	3.4± 0.44	NS
FS (%)	35.4± 5.20	35.0± 5.40	NS
LV mass (g)	195.6±39.07	226.4±40.02	p<0.01

Values are mean±SD. RVD=right ventricular dimension, LVDd=left ventricular end-diastolic dimension, LVDs=left ventricular end-systolic dimension, LAD=left atrial dimension, FS=fractional shortening, LV mass=left ventricular mass, NS=not significant.

였던 것이 훈련후에는 11.9mm로서 유의하게 증가하였고( $p<0.01$ ), 좌심실후벽 두께는 10.3mm에서 11.3mm로, 그리고 좌심실근량은 196.5g에서 훈련후 226.4g으로 증가하였다(각각  $p<0.05$  및  $p<0.01$ ). 그러나 우심실내경은 평균 1.8mm에서 1.6mm로 훈련후에 오히려 감소하였고( $p<0.05$ ), 그 밖에 좌심방과 좌심실내경 및 좌심실의 분획단축율 등은 유의한 차이가 없었다.

한편 심초음파도에서의 좌심실확장 및 비대소견과 심전도상의 고전위와의 관계를 보면 훈련전 심초음파도에서 좌심실비대가 있었던 8례중 1례에서 심전도에 고전위가 있었고, 좌심실확장이 있었던 6례중 5례에서 고전위 소견을 보였다. 집중훈련후의 심초음파도에서는 좌심실비대가 있었던 9례중 1례에서 고전위가 있었고, 좌심실확장이 있었던 3례중 2례에서 고전위소견을 보였다.

## 고 찰

운동선수에서는 장기간에 걸친 훈련에 대한 생리적 적응의 하나로 심장의 기능과 형태에 변화가 일어나는데 이것을 소위 운동심(athlete's heart)이라 하며<sup>1,9)</sup>, 심장의 변화는 운동의 종류에 따라 다소의 차이가 있다. 예를 들면 등력성(isotonic)운동이 주되는 운동인 마라톤, 스키 등은 전신혈관저항의 감소 및 정맥환류량을 증가시켜 심혈관계에 대해 만성적인 용양 과부하(volume overload)를 줌으로써 확장말기 좌심실내경의 증가를 초래하며, 심실중격 및 좌심실후벽두께는 좌심실내경의 증가에 비례해서 두터워지는 반면, 등장성(isometric)운동이 주되는 운동인 역도, 레슬링, 투포환 등에서는 평균 동맥압 및 전신혈관저항을 증가시켜 만성적인 압력 과부하(pressure overload)를 줌으로써 주로 심실중격 내지 좌심실후벽 두께의 증가를 일으키고 좌심실 내경은 별로 증가하지 않는다고 한다<sup>1,9-11)</sup>. 그러나 거의 대부분의 운동경기는 등장성과 등력성 운동이 서로 혼합되어 있고 또한 선수들도 기초체력 향상을 위해 여러가지 운동을 겸해서 하기 때문에 운동선수에서 보는 심장의 변화는 운동경기 종목이나 훈련기간과 강도에 따라 차이가 날 수 있다<sup>1,9-12)</sup>. 그리고 운동선수에서는 이러한 심장의 변화와 더불어 자율신경계의 변화도 동반되어 심전도에

여러가지 영향을 미칠수 있다<sup>1,11-14,16)</sup>.

운동선수의 안정시 심전도에서 흔히 볼 수 있는 변화는 동서맥, 동부정맥, 유주심박조율(wandering pacemaker), 방실전도장애 등이며 그 가운데 가장 많은 것이 동서맥으로 그 빈도는 50~85% 정도이고 이는 대체로 운동의 양에 비례한다<sup>1,9,24)</sup>. 동서맥의 원인은 아직 잘 밝혀져 있지 않으나 미주신경 긴장도의 항진, 안정시 교감신경 긴장도의 저하를 포함한 전체 신경 input의 변화 등에 의한 것으로 생각된다<sup>1,13,14)</sup>. 그러나 실험적으로 수술 또는 약물(atropine 또는 propranolol)로써 자율신경을 차단시켜도 심박수가 여전히 낮은 것으로 보아 자율신경에 의한 효과외에도 다른 요인 즉 내인성 요인(intrinsic cardiac component)도 관여할 것이라 한다<sup>1,14)</sup>. 저자들의 성적에서도 훈련전 심전도에서 동서맥의 빈도가 26.6%였으나, 약 5~5.5개월간의 훈련후에는 60.0%나 되었다. 그러나 유주심박조율이나 방실전도장애를 가진 예는 없었다.

운동선수에서 볼수 있는 불완전우각차단의 빈도에 대해서는 보고자에 따라 0~50%<sup>15,19)</sup>로 많은 차이가 있으나 본 연구에서는 불완전우각차단이 15례중 1례(6.6%)에 불과하였다. 한편 QRS폭 및 QTc간격에 관해서도 보고자에 따라 그 성적이 다양하다. 즉 cycling 선수를 대상으로한 Ganse 등<sup>16)</sup>은 선수군에서 QRS폭 및 QTc 간격이 대조군에 비해 유의하게 길었다고 한데 반하여, 장거리선수를 대상으로한 Northcote 등<sup>12)</sup> 및 Parker 등<sup>15)</sup>은 대조군과 차이가 없었다고 하였다. 축구 선수를 대상으로한 저자들의 성적에서는 안정시 심전도에서 QRS폭이 연장된 예는 없었으나 QTc간격연장이 4례(26.6%)에서 관찰되었다. 그러나 이들 두간격은 모두 훈련전후에 유의한 차이는 없었다.

운동선수에서 흔히 볼 수 있는 또다른 심전도 소견은 고전위 내지 좌심실비대인데, 그 빈도 역시 보고자에 따라 차이가 많으며 Lichman<sup>17)</sup>의 종설에 의하면 좌심실비대의 진단 기준을  $SV_1 + RV_5 > 35$  mm로 한 경우 그 빈도는 14~85%로써 건강인의 3.9%보다 높다고 한다. 저자들은 고전위의 기준을  $SV_1 + RV_5 > 40$  mm으로 하였는데 이 기준을 충족한 예는 집중훈련전후에 다같이 6례(40.0%)였다. 그리고  $SV_1$ 과  $RV_5$  합 of 평균은 집중훈련전후에 유의한 차이가 없었다.

근년에는 운동선수들에서 심장의 구조 및 형태 변화를 관찰하기 위하여 심초음파도를 이용한 좌심실내경과 용적, 심실벽 두께, 좌심실근량, 심기능 등에 관한 연구가 많이 시도 되고 있다<sup>9,15,19-27</sup>. 일반적으로 지구력을 요하는 운동경기일수록 확장말기 좌심실내경과 심실벽 두께가 함께 증가하고 이러한 증가는 대체로 훈련의 강도에 비례하며 훈련시작 1주후부터 일어난다고 한다<sup>1,9,10,11,19-26</sup>. Raskoff 등<sup>10</sup>)에 의하면 아마추어 장거리 선수 25례중 3례(12.0%)에서 좌심실확장소견을 보였고, 5례(20.0%)에서는 좌심실후벽비대가 있었다고 하며, 또한 Maron<sup>27</sup>)의 종설에 의하면 운동선수의 확장말기 좌심실내경은 대조군에 비해 평균 10% 더 크다고 한다. 본 연구에서는 집중훈련전 심초음파도에서 좌심실확장이 6례(40.0%), 좌심실비대가 8례(53.3%)에서 있었고, 이중 1례는 심실 중격두께와 좌심실 후벽 두께의 비가 1.5이상인 비대칭성 심실중격비대 소견을 보였다. 한편 운동선수에서 집중훈련전후의 심구조 및 심기능의 변화에 관하여 Ehsani 등<sup>9</sup>)은 8명의 수영선수를 대상으로 9주간 집중훈련을 시켰던바 확장말기 좌심실 내경이 훈련 1주후에는 48.7mm에서 53mm로, 9주후에는 52mm로 훈련전에 비해 각각 약 10% 정도 증가하였으며, 좌심실 후벽두께는 훈련전 9.4mm에서 9주후에는 10.1mm로 유의하게 증가(7.4%)하였다고 하였다. 본 연구에서는 확장기말 좌심실 내경은 집중훈련후에 약간 증가하였으나 통계학적으로 유의하지는 않았다. 그러나 좌심실 후벽두께는 훈련후 10.3mm에서 11.3mm로, 그리고 심실중격 두께는 집중훈련전 10.6mm에서 훈련후는 11.9mm로 각각 유의하게 증가하였다 ( $p < 0.05$  및  $p < 0.01$ ).

장기간의 운동으로 좌심실 뿐만 아니라 우심실의 크기도 증가(24%)한다는 보고도 있으나<sup>27</sup>) 본 연구에서는 훈련후 오히려 감소하였다. 또한 많은 운동 선수들에서 좌심방의 확장이 있다는 보고가 있으나 그 빈도는 보고자에 따라 차이가 있으며<sup>27</sup>) 본 연구에서는 훈련전후 사이에 유의한 차이는 없었다.

운동선수에서 심초음파도로 측정한 좌심실근량에 관한 여러학자들의 성적을 종합해보면<sup>9,15,20-27</sup>) 좌심실근량은 대조군에 비해 평균 46% 증가되어

있다고 한다. 본 연구에서도 5~5.5개월간의 훈련후 좌심실근량이 15% 증가하였으며( $p < 0.01$ ) 이러한 좌심실근량의 증가는 주로 좌심실 후벽 및 심실 중격의 비대로 인한 것으로 생각된다. 그러나 저자들의 대상에서 좌심실확장 내지 비대, 심실중격 비대 등의 이상 심초음파도 소견을 가진 예의 빈도는 집중훈련전후에 대차가 없었고 또한 이들 소견과 심전도의 고전위사이에도 밀접한 관계가 없었다.

## 요 약

축구선수의 심구조와 기능, 그리고 집중훈련이 이들에 미치는 영향을 알아보기 위하여 평균연령과 선수경력이 각각 19.3세 및 8.5년인 대학축구선수 15례를 대상으로, 약 5~5.5개월간의 집중훈련전후의 심전도 및 심초음파도소견을 비교관찰 하였다. 집중훈련전의 심전도에서는 전례의 40%에서 고전위가 있었고, 심초음파도에서는 약 80%에서 좌심실확장 또는 비대, 그리고 비대칭성 심실중격비대가 있었으나, 이들 이상소견의 빈도는 훈련전후에 유의한 차이가 없었다. 또한 좌심실내경, 좌심방의 크기, 분획단축율의 평균도 훈련전후에 뚜렷한 차이가 없었다. 그러나 훈련후 좌심실후벽과 심실중격의 두께와 좌심실근량은 유의하게 증가하였으며 우심실 내경은 유의하게 감소하였다. 이런 사실로 보아 축구선수의 심전도 및 심초음파도에서 흔히 볼 수 있는 이상소견은 고전위, 좌심실확장 또는 비대, 그리고 비대칭성 심실중격비대이며, 집중훈련은 이들 이상소견의 빈도나 분획단축율에는 뚜렷한 영향을 미치지 않았으나 좌심실후벽과 심실중격의 두께, 그리고 좌심실근량의 유의한 증가를 초래했음을 알 수 있다.

## References

- 1) Huston TM, Puffer JC, Rodney WM : *The athletic heart syndrome. N Engl J Med* 313 : 24, 1985
- 2) Martin III WH, Coyle EF, Bloomfield SA, Ehsani AA : *Effects of physical deconditioning after intense endurance training on left ventricular dimensions and stroke volume. J Am Coll Cardiol* 7 : 982, 1986
- 3) Dickhuth HH, Horstmann T, Staiger J, Reindell

- H : *The long-term involution of physiologic cardiomegaly and cardiac hypertrophy*. *Med Sci Sports Exerc* 21, No 3 : 244, 1989
- 4) Simon HB : *Exercise, health, and sports medicine*, In *Scientific American Medicine*, Rubenstein E, Ferman DD, (eds.), New York, Scientific American Inc. 1990
  - 5) The recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness in healthy adults (position stand). *Med Sci Sports Exerc* 22 : 265, 1990
  - 6) Sahn DJ, DeMaria A, Kisslo J, Weyman A : *Recommendations regarding quantitation in M-mode echocardiography : Results of a survey of echocardiographic measurements*. *Circulation* 58 : 1072, 1978
  - 7) Devereux RB, Reichek N : *Echocardiographic determination of left ventricular mass in man. Anatomic validation of method*. *Circulation* 55 : 613, 1977
  - 8) Henry WL, Gardin JM, Ware JH : *Echocardiographic measurements in normal subjects from infancy to old age*. *Circulation* 62 : 1054, 1980
  - 9) Ehsani AA, Hagberg JM, Hickson RC : *Rapid changes in left ventricular dimensions and mass in response to physical conditioning and deconditioning*. *Am J Cardiol* 42 : 52, 1978
  - 10) Raskoff WJ, Goldman S, Cohn K : *The "athletic heart". Prevalence and physiologic significance of left ventricular enlargement in distant runners*. *JAMA* 236 : 158, 1976
  - 11) Morganroth J, Maron BJ, Henry WL, Epstein SE : *Comparative left ventricular dimensions in trained athletes*. *Am Intern Med* 82 : 521, 1975
  - 12) Northcote RT, Canning GP, Ballantyne D : *Electrocardiographic findings in male veteran endurance athletes*. *Br Heart J* 61 : 155, 1989
  - 13) Mextes I, Kaplinsky E, Yahini J, Hanna-Paparo N, Neufeld H : *Wenchebach A-V block : A frequent following heavy physical training*. *Am Heart J* 90 : 426, 1975
  - 14) Ordway GA, Charles JB, Randall DC, Billman GE, Wekstein DR : *Heart rate adaptation to exercise training in cardiac-denervated dogs*. *J Appl Physiol* 52 : 1586, 1982
  - 15) Park BM, Londeree BR, Cupp GV, Dubiel JP : *The noninvasive cardiac evaluation of long-distance runners*. *Chest* 73 : 376, 1978
  - 16) Ganse WV, Versee L, Eysenbosh W, Vuylsteek K : *The electrocardiogram of athletes. Comparison with untrained subject*. *Br Heart J* 32 : 160, 1970
  - 17) Lichtman J, O'Rourke RA, Klein A, Karliner JS : *Electrocardiogram of the athletes. Alternations simulating those of organic heart disease*. *Arch Intern Med* 32 : 763, 1973
  - 18) Zeppilli P, Sassara M, Pirrame MM, Caselli G : *Wenchebach second-degree A-V block in top-ranking athletes : An old problem revisited*. *Am Heart J* 100 : 281, 1980
  - 19) Ikaheimo MJ, Palatsi IJ, Takkunen JT : *Noninvasive evaluation of the athletic heart : Splinter versus endurance runners*. *Am J Cardiol* 44 : 24, 1979
  - 20) Roeske WR, O'Rourke RA, Klein A, Leopold G, Karliner JS : *Non-invasive evaluation of ventricular hypertrophy in professional athletes*. *Circulation* 53 : 286, 1976
  - 21) Gilbert CA, Nutter DO, Felner JM, Perkins JV, Heymsfield SB, Schlant RC : *Echocardiographic study of cardiac dimensions and functions in the endurance trained athlete*. *Am J Cardiol* 40 : 528, 1977
  - 22) Nishimura T, Yamada Y, Kawai C : *Echocardiographic evaluation of longterm effects of exercise on left ventricular hypertrophy and function in professional bicyclists*. *Circulation* 61 : 832, 1980
  - 23) Bekaert J, Pannier JL, Van De Weghe C, Van Durme JP, Clement DL, Pannier R : *Non-invasive evaluation of cardiac function in professional cyclists*. *Br Heart J* 45 : 213, 1981
  - 24) Wieling W, Borghols EAM, Hollander AP, Dunning AJ : *Echocardiographic dimensions and maximal oxygen uptake in oarsmen during training*. *Br Heart J* 46 : 190, 1981
  - 25) Fagard R, Aubert A, Lysens R, Staessen J, Vanhees L, Amery A : *Non-invasive assessment of seasonal variations in cardiac structure and function in cyclists*. *Circulation* 67 : 896, 1983
  - 26) Fagard R, Aubert A, Starssen J, Van Den Eynde E, Vanhees L, Amery A : *cardiac structure and function in cyclists and runners. Comparative echocardiographic study*. *Br Heart J* 52 : 124, 1984
  - 27) Maron BJ : *Structural features of the athletic heart as defined by echocardiography*. *J Am Coll Cardiol* 7 : 190, 1986