

Hallazgos cardiológicos y de capacidad física en futbolistas argentinos de alto rendimiento¹

ROBERTO M. PEIDRO*, GRACIELA B. BRIÓN†, ARNALDO A. ANGELINO*, SERGIO MAURO, EDUARDO GUEVARA*, JOSÉ L. GONZÁLEZ*, NÉSTOR GALIZIO*, DOMINGO MOTTA, JAVIER DÍAZ

RESUMEN

Las modificaciones generadas por el deporte de alto rendimiento en el aparato cardiovascular se han descrito en numerosos estudios. Sin embargo, son escasos los datos específicos en jugadores de fútbol profesionales. En el presente estudio se describen hallazgos en electrocardiogramas y ecocardiogramas, electrocardiogramas de señal promediada, monitoreos Holter de 24 horas con estudio de variabilidad de frecuencia cardíaca (que implican respuestas del sistema nervioso autónomo) y capacidades funcionales en diferentes grupos de futbolistas de alto rendimiento pertenecientes a instituciones deportivas profesionales de la Asociación del Fútbol Argentino.

El presente trabajo incluyó jugadores de fútbol con niveles de entrenamiento uniforme y en el mismo periodo del año competitivo. De esta forma, se muestran resultados que pertenecen a poblaciones homogéneas.

Se describen las frecuentes modificaciones electrocardiográficas, entre las cuales la bradicardia sinusal y los cambios en la repolarización ventricular son las más llamativas. No se detectaron potenciales ventriculares tardíos y los índices de variabilidad de frecuencia cardíaca son superiores a los hallados en sedentarios. Las dimensiones cavitarias y la masa ventricular izquierda fueron mayores que en los controles.

Se estudiaron variables de potencia aeróbica y su relación con parámetros de composición corporal y se encontró una relación positiva entre el consumo de oxígeno máximo y al umbral anaeróbico y el índice de masa corporal. Las estimaciones de consumo de oxígeno máximo en pruebas de campo resultaron inferiores a las halladas en pruebas de laboratorio con medición directa de este parámetro.

REV ARGENT CARDIOL 2004;72:263-269.

Recibido: 10/2003

Aceptado: 4/2004

Dirección para separatas:

Roberto M. Peidro - Av. Belgrano

1746 - (1093) Buenos Aires

Argentina.

e-mail: rpeidro@ffavaloro.org

Palabras clave

> Cardiología del deporte - Corazón y deporte

INTRODUCCIÓN

La práctica de deportes de alta intensidad genera modificaciones en el aparato cardiovascular relacionadas con cambios en el sistema nervioso autónomo, volúmenes de sangre movilizados y procesos metabólicos, sumados a estímulos directos y regulares sobre la función vascular.

Los cambios morfológicos en el corazón del deportista ocurren en individuos sometidos a entrenamientos de elevada intensidad, frecuentes, de duración prolongada y realización de esfuerzos que involucran grandes masas musculares.

El fútbol es un deporte considerado de alta intensidad dinámica y baja estática. Sin embargo, incluye entrenamientos con ejercicios mixtos, con componentes dinámicos y estáticos elevados, por lo que se involucran metabolismos energéticos de tipo aeróbico y anaeróbico. (1, 2)

La práctica de fútbol produce modificaciones fisiológicas cardiorrespiratorias y metabólicas. La ventilación del deportista puede llegar a 140 L/min o más, mientras que durante el ejercicio máximo el volumen minuto puede incrementarse hasta valores de 25 a 40 L/min. (3) El futbolista suele sostener frecuencias cardíacas de 150 a 190 latidos por minuto durante la mayor parte del partido. Esto se corresponde con un 70% del consumo máximo de oxígeno, elevando la concentración de lactato en sangre hasta 10 o más mmol/L. (4-6) El 70% de la distancia que se recorre durante un partido de fútbol (12 ± 2 km) se lleva a cabo con carreras a diferentes velocidades de desplazamiento y con cambios bruscos de movimientos.

Existen series extensas sobre los hallazgos en el electrocardiograma del deportista. En muchos casos de atletas normales, los trazados sugirieron enfermedad cardíaca. (7, 8)

Se han comunicado modificaciones en las variables del electrocardiograma de señal promediada que sugieren la presencia de potenciales ventriculares tardíos en deportistas con masa ventricular aumentada. (9) También se encontraron en atletas de diferentes deportes índices de variabilidad de frecuencia cardíaca compatibles con predominio del sistema nervioso parasimpático. (10)

La mayor parte de los datos bibliográficos están referidos a una amplia gama de actividades deportivas, pero son pocas las publicaciones que describen modificaciones cardiovasculares en el futbolista de alto rendimiento.

El presente estudio tiene por objetivo describir hallazgos en el electrocardiograma, el ecocardiograma, el electrocardiograma de señal promediada, monitoreos Holter de 24 horas con estudio de variabilidad de frecuencia cardíaca y en las pruebas de ejercicio cardiopulmonar en futbolistas de alto rendimiento pertenecientes a instituciones deportivas profesionales de la Asociación del Fútbol Argentino.

MATERIAL Y MÉTODOS

Población

Se incluyeron jugadores de fútbol hombres, asintomáticos, sin antecedentes cardiovasculares, en periodo competitivo con entrenamientos diarios de alta intensidad, pertenecientes a clubes con equipos profesionales con actuación en los torneos de la Asociación del Fútbol Argentino.

Los trazados electrocardiográficos corresponden a jugadores de diferentes instituciones deportivas (categorías A y Nacional B) que concurren en forma consecutiva para la realización de un examen de salud cardiovascular entre el 1 de marzo y el 30 de abril de 2003.

La población de jugadores incluida en la investigación de variabilidad de frecuencia cardíaca, potenciales ventriculares tardíos y datos ecocardiográficos correspondió a un mismo equipo de primera división de la categoría A. La selección de esta población se realizó con la finalidad de obtener una muestra homogénea de jugadores de un mismo equipo, durante el mismo periodo competitivo y con un programa de entrenamiento similar. El plantel profesional completo concurre para esta evaluación y ningún jugador está incluido en la descripción de los trazados electrocardiográficos. De estos individuos se describe el índice de masa corporal. La población control correspondió a individuos sedentarios y sin antecedentes cardiovasculares que concurren en forma voluntaria a partir de una solicitud de los investigadores.

Los jugadores comprendidos en el estudio de ejercicio cardiopulmonar y composición corporal corresponden a plantel juveniles de una misma institución de la categoría Nacional B con desempeño en divisiones séptima a primera. Los estudios se realizaron en forma consecutiva durante un periodo de 12 días.

La comparación de métodos de evaluación de capacidad física realizados en campo y laboratorio se efectuó en jugadores profesionales de un mismo equipo de primera división. Cada jugador actuó como su propio control. Las pruebas de ejercicio en laboratorio se realizaron entre el tercero y el séptimo día posterior a la experiencia en campo.

Métodos

Los electrocardiogramas fueron de 12 derivaciones y se realizaron en decúbito dorsal. Se obtuvieron registros de monitoreo

ABREVIATURAS

AI	Aurícula izquierda
DDVI	Diámetro diastólico ventricular izquierdo
ECG	Electrocardiograma
FC	Frecuencia cardíaca
FC UA	Frecuencia cardíaca al umbral anaeróbico
FCM	Frecuencia cardíaca máxima
IMC	Índice de masa corporal
LAS	Duración de la porción terminal del QRS que se mantiene por debajo de los 40 mV de amplitud
pNN50	Porcentaje del total de NN que presentan una diferencia mayor de 50 mseg
PPVID	Pared posterior ventricular izquierda en diástole
QRS	Duración del QRS filtrado
RMS	Raíz cuadrada del voltaje de los últimos 40 mseg del QRS filtrado
rMSSD	Raíz cuadrada de la sumatoria de las diferencias de NN sucesivas al cuadrado
SDNN <i>index</i>	Media de los desvíos estándar de NN en periodos de 5 min
SDNN	Desvío estándar de todos los intervalos NN de 24 h
UA	Umbral ventilatorio
VDM	Velocidad de desplazamiento máxima
VO ₂ Mx	Consumo de oxígeno máximo
VO ₂ UA	Consumo de O ₂ al umbral anaeróbico

Holter de 2 canales de 24 horas (Del Mar Avionics). Se evaluó variabilidad de la frecuencia cardíaca en el dominio del tiempo. Las variables analizadas incluyeron: SDNN (desvío estándar de los intervalos NN de 24 horas), SDNN *index* (media de los desvíos estándar de NN en periodos de 5 minutos), pNN50 (porcentaje del total de NN que presentan esa diferencia mayor de 50 milisegundos) y rMSSD (raíz cuadrada de la sumatoria de las diferencias de NN sucesivas al cuadrado).

Los ecocardiogramas se realizaron en equipo Hewlett Packard Sonos 5500 con transductor *phased array* de 2,5 MHz. La masa ventricular izquierda se calculó según fórmula de Devereaux y Reichek, normalizada para superficie corporal; (11) se consideró aumentada con los valores superiores a 134 g/m². (12)

La prueba de ejercicio cardiopulmonar se realizó con equipo Vacumed (Ventura, LA, USA). El umbral ventilatorio se determinó por el método de V-Slope de Beaver. (13) Se realizó en cinta deslizante (Quinton, USA) con registro de 12 derivaciones con sistema Cardio Perfect, con protocolo en rampa con pendiente fija del 2% y velocidad incremental de 1 milla/hora cada minuto.

En el electrocardiograma de señal promediada se evaluaron: duración del QRS filtrado (QRS), duración de la porción terminal del QRS que se mantiene por debajo de los 40 μ V de amplitud (LAS) y raíz cuadrada del voltaje de los últimos 40 milisegundos del QRS filtrado (RMS).

Composición corporal: método de cinco componentes de Kerr y colaboradores. (14) Se determinaron en forma indirecta las diferentes masas corporales (grasa, muscular, ósea, piel y visceral) y se relacionaron entre sí mediante los índices adiposo/muscular y músculo/esqueleto.

Prueba de campo: Yo-Yo *test* de resistencia con duración máxima de 20 minutos. Se registró frecuencia cardíaca máxima, velocidad de desplazamiento máxima y estimación indirecta de consumo de oxígeno máximo de acuerdo con la distancia recorrida mediante la tabla de conversión.

Método estadístico

Para comparar la distribución de las variables en ambos grupos se aplicó la prueba de Wilcoxon-Mann-Whitney. Para

estudiar las correlaciones entre variables numéricas ecocardiográficas y de electrocardiograma de señal promediada se empleó el coeficiente de correlación por rangos de Spearman. Se utilizó la prueba de Wilcoxon para comparar consumo de oxígeno máximo entre mediocampistas y el resto. Se empleó el coeficiente de correlación de Spearman para correlacionar el consumo de oxígeno con parámetros antropométricos. Se calcularon los valores medios para cada variable continua. Se describieron como media \pm desvío estándar y la comparación de medias se efectuó a través de la prueba de la t de Student. Se consideró diferencia significativa un valor de p menor de 0,05.

RESULTADOS

Hallazgos electrocardiográficos

Se efectuó un electrocardiograma de reposo a 174 futbolistas con edad promedio de 23,7 años (entre 18 y 35 años). Los hallazgos fueron los siguientes: ritmo sinusal en todos los jugadores, ritmo de la unión A-V en 1 trazado (0,57%) (asumió el ritmo sinusal con hiperventilación), latidos de la unión A-V: 2 (1,14%), bradicardia sinusal: 111 (63,8%), FC entre 51 y 60 lpm: 89 (51,14%), entre 40 y 50 lpm: 22 (12,64%), PR mayor de 200 mseg: 7 (4,02%), QRS mellado (rSr') con duración inferior a 100 mseg en V1 y/o V2: 49 (28,16%), elevación del punto J y segmento ST entre 1 y 3 mV de V1 a V2-V3: 74 (42,52%), ondas T negativas en precordiales izquierdas: 5 (2,87%), ondas T negativas cara inferior: 2 (1,72%), preexcitación ventricular: 1 (0,57%) y extrasistolia ventricular aislada: 1 (0,57%).

No se registraron trastornos de conducción A-V de segundo o tercer grado, bloqueos completos de rama derecha o izquierda ni hemibloqueos izquierdos.

Variabilidad de la frecuencia cardíaca

Se evaluó la variabilidad de frecuencia cardíaca en el dominio del tiempo en 31 jugadores profesionales de fútbol (grupo I) y 30 hombres sedentarios sanos (grupo II).

No hubo diferencias entre las edades de los grupos evaluados. El índice de masa corporal fue leve, aunque significativamente superior en el grupo de sedentarios (Tabla 1).

Los parámetros de variabilidad de frecuencia cardíaca en el dominio del tiempo fueron diferentes en los dos grupos, aunque ambos tuvieron valores que se consideran normales. Los índices en el grupo de futbolistas fueron superiores a sus pares sedentarios (Tabla 1).

Potenciales ventriculares tardíos y hallazgos ecocardiográficos

Se analizaron los registros de electrocardiograma de señal promediada en 31 futbolistas profesionales (grupo I) y en 30 individuos sedentarios (grupo II). Se realizaron ecocardiogramas a todos los participantes; se registraron el diámetro diastólico ventricular izquierdo (DDVI), los espesores del septum interventricular y de la pared posterior de ventrículo izquierdo en diástole y la masa ventricular izquierda y se realizaron monitoreos Holter de 24 horas.

Ninguno de los participantes tuvo evidencias clínicas, electrocardiográficas ni ecocardiográficas de enfermedad cardíaca. En el monitoreo Holter de 24 horas ninguno presentó arritmias ventriculares complejas. Tres deportistas y 4 sedentarios tuvieron extrasistoles ventriculares aisladas con una frecuencia menor de 10 en 24 horas. La media de ruido en el electrocardiograma de señal promediada fue de 0,3 μ V con desvío estándar de 0,2 μ V.

En ninguno de los deportistas del grupo I se demostró la presencia de potenciales ventriculares tardíos, mientras que 4 del grupo II tuvieron dos parámetros anormales.

No existió correlación entre las dimensiones, los espesores y la masa ventricular izquierdos y los parámetros del electrocardiograma de señal promediada. En los jugadores de fútbol el diámetro diastólico ventricular izquierdo y la masa ventricular fue significativamente mayor que en los sedentarios.

En la Tabla 2 se presentan las medianas (con sus cuartiles 1 y 3) de las variables obtenidas en los electrocardiogramas de señal promediada y ecocardiogramas bidimensionales. No hubo diferencias en los valores del QRS filtrado. Los valores de LAS fueron superiores en los sedentarios mientras que los valores de RMS fueron más altos en los futbolistas.

Tabla 1
Edades, índices de masa corporal e índices de variabilidad de frecuencia cardíaca en el dominio del tiempo en futbolistas (grupo I) y sedentarios (grupo II)

	Grupo I	Grupo II	p
Edad (años)	23 (20-26)	24 (22-28)	0,14
Índice masa corporal (kg/m ²)	23,7 (23,3-24,6)	24,5 (22,7-25,1)	0,004
SDNN (mseg)	177 (147-192)	152 (125-179)	0,004
SDNN <i>index</i> (mseg)	92 (75,3-108,2)	69 (50,2-85,1)	0,0001
pNN50 (%)	28 (21,5-35,3)	19 (13,3-27,2)	0,0004
RMSSD (mseg)	57 (45,1-69,6)	41 (32,2-51,5)	0,0001

SDNN: desvío estándar de todos los intervalos NN de 24 horas. SDNN *index*: media de los desvíos estándar de NN en periodos de 5 minutos. pNN50: porcentaje del total de NN que presentan una diferencia mayor de 50 milisegundos. rMSSD: raíz cuadrada de la sumatoria de las diferencias de NN sucesivas al cuadrado.

Tabla 2
Variables electrocardiográficas de señal promediada y ecocardiográficas

	Grupo I	Grupo II	p
QRS (mseg)	102 (95; 105)	101 (96; 107)	0,7
LAS (mseg)	20 (16; 24)	27 (22; 36)	0,0004
RMS (μ V)	65 (45; 91)	46 (25; 67)	0,029
Septum (mm)	9,8 (9; 10,8)	9,6 (8,9; 10)	0,22
PPVI (mm)	9,7 (9; 10)	9,5 (8,6; 10)	0,4
DDVI (mm)	54,6 (53,2; 56,9)	49,8 (48,5; 51,9)	0,0001
Masa ventricular izquierda (g/m^2)	104,8 (98; 111)	90,2 (82; 97,2)	0,007
AI (mm)	37 (35,6; 39)	36,8 (35; 38)	0,25

QRS: duración del QRS filtrado. LAS: duración de la porción terminal del QRS que se mantiene por debajo de los 40 μ V de amplitud. RMS: raíz cuadrada del voltaje de los últimos 40 milisegundos del QRS filtrado. PPVID: pared posterior ventricular izquierda en diástole. DDVI: diámetro diastólico ventricular izquierdo. AI: aurícula izquierda.

No hubo diferencias entre los espesores parietales (septum y pared posterior del ventrículo izquierdo en diástole) ni entre las dimensiones de la aurícula izquierda entre ambos grupos. Los futbolistas tuvieron mayor masa y diámetro diastólico ventricular izquierdos.

No hubo correlación entre la masa ventricular izquierda y los índices del electrocardiograma de señal promediada (Tabla 2).

Potencia aeróbica máxima e índices de composición corporal

Se realizó la medición de consumo de oxígeno directo en 64 futbolistas. El protocolo de ejercicio fue bien tolerado con tiempos de duración de $10 \pm 1,5$ minutos. En la Tabla 3 se describen los valores de consumo de oxígeno máximo (VO_2Mx), umbral ventilatorio (UA) y datos de composición corporal. Veintinueve participantes fueron mediocampistas mientras que 35 se desempeñaban como delanteros y defensores. Los arqueros están incluidos en el grupo de defensores.

Las correlaciones entre el VO_2Mx y VO_2 al UA fueron significativas con respecto al índice de masa corporal (coeficiente de Spearman 0,527 y 0,619 respectivamente; $p < 0,0001$ y $< 0,001$, respectivamente). No hubo correlación entre VO_2Mx y los porcentajes de peso graso y magro, observándose una tendencia

positiva, aunque no significativa, con el porcentaje muscular.

Al comparar el VO_2Mx de los futbolistas en sus distintos puestos en el campo de juego pudieron observarse valores superiores en los mediocampistas con respecto a los otros puestos de los participantes (Tabla 4).

Capacidad aeróbica: comparación de métodos de medición directos e indirectos

Las pruebas de campo y de laboratorio se compararon en doce jugadores profesionales de fútbol. En todos los casos fueron bien toleradas. No hubo complicaciones clínicas. La respuesta electrocardiográfica fue normal en todos los deportistas.

Las velocidades de desplazamiento máximo y las frecuencias cardíacas máximas alcanzadas en ambas pruebas no tuvieron diferencias significativas. Los valores de VO_2Mx obtenidos en cinta deslizante fueron mayores que los estimados por la prueba de campo Yo-Yo test (Tabla 5).

DISCUSIÓN

En el electrocardiograma del futbolista se manifiestan diversos cambios generados por las adaptaciones

Tabla 3
Parámetros de rendimiento aeróbico y composición corporal de los futbolistas

	VO_2Mx (ml/kg/min)	VO_2Mx (ml/min)	VO_2UA	IMC	Masa muscular	Masa grasa %	Masa magra %	FCM %	FC UA	Velocidad (millas/h) a VO_2Mx	Velocidad (millas/h) a VO_2UA
Mediana	60,24	4.243,0	79,9	23,29	48,34	21,97	78,02	194	177	12	9
Cuartilo 1	57,25	4.017,5	76,0	22,14	46,47	20,28	75,94	188	170,7	11	8
Cuartilo 3	62,61	4.614,0	85,0	24,76	49,94	24,05	79,71	200	182	12	10

VO_2Mx : consumo de O_2 máximo. VO_2UA : consumo de O_2 al umbral anaeróbico. IMC: índice de masa corporal. FCM: frecuencia cardíaca máxima. FC UA: frecuencia cardíaca al umbral anaeróbico.

Tabla 4
Consumo de oxígeno máximo de mediocampistas y resto de futbolistas

	Mediocampistas n = 29	Defensores y delanteros n = 35	
VO ₂ Mx (ml/kg/min)	61,37	58,72	p = 0,0279
Mediana			
1er. cuartilo	58,71	56,13	
3er. cuartilo	63,19	61,68	

Tabla 5
Comparación entre los resultados obtenidos en pruebas de laboratorio y pruebas de campo (Yo-Yo test)

	VO ₂ Mx	FCM	VDM
Prueba en cinta	60,3 ± 6,4	193,0 ± 4,2	11,6 ± 0,7
Yo-Yo test	56,2 ± 2,3	193,9 ± 3,5	11,6 ± 0,7
p	0,00037	0,4082	0,5002

VO₂Mx: consumo de O₂ máximo. FCM: frecuencia cardíaca máxima. VDM: velocidad de desplazamiento máxima.

funcionales y morfológicas del corazón al entrenamiento cotidiano de alta intensidad. La bradicardia sinusal es el hallazgo más frecuente y fue descripta en hasta el 91% de los trazados de atletas, aunque la prevalencia mayor fue en monitoreos prolongados. (15, 16) La bradicardia es secundaria a hipertonia vagal y disminución del tono simpático. En nuestra serie representa el 63,8% del total.

La mayoría de las comunicaciones describen incidencias de bloqueo A-V de primer grado entre el 1,5 y el 7%. (17) Los aumentos del tono simpático secundarios al ejercicio o a estados de ansiedad acortan el PR. En nuestro estudio con futbolistas, el porcentaje fue del 4,02%.

El complejo QRS mellado en V1 V2, así como en la cara inferior, se ha atribuido a retrasos de la despolarización ventricular secundarios a un aumento de la masa muscular del ventrículo derecho. (18) Esta morfología se describió en el 4 a 51% de los atletas. (19) Estas diferencias probablemente están relacionadas con la metodología utilizada en los diferentes estudios y el grado de melladura considerado "anormal". Al evaluar el ECG de los jugadores de fútbol se observó que el QRS mellado tenía una duración menor de 100 mseg en todos los casos. Este hallazgo apareció en el 28,16% de los casos.

El patrón de repolarización precoz es típico en el deportista. La elevación del punto J es mucho más común en atletas entrenados que en controles sedentarios. (20-22) En nuestra serie se observó en más del 40% de los participantes. Las ondas T negativas son poco frecuentes.

El patrón de preexcitación ventricular se observó en un futbolista que desconocía su patología. El por-

centaje coincide con hallazgos de la población general y no está relacionado con el deporte.

Los hallazgos ecocardiográficos en el jugador de fútbol indican una masa ventricular superior a sus pares sedentarios con diámetros diastólicos mayores del ventrículo izquierdo. Sin embargo, los espesores parietales no tuvieron diferencias significativas con el grupo de sedentarios, con medidas que en ningún caso superaron los parámetros normales. No se encontraron diferencias significativas entre los futbolistas de alto rendimiento evaluados y los controles sedentarios en los espesores parietales del ventrículo izquierdo. Esto coincide con la escasa prevalencia de hipertrofia ventricular izquierda demostrada en series de deportistas de distintas disciplinas. Estas observaciones pueden tener su aplicación práctica para el cardiólogo que evalúa la salud cardiovascular de futbolistas. La presencia de espesores parietales elevados en el futbolista deberá llamar la atención del médico debido a su baja prevalencia.

Si bien se estudiaron grupos de atletas de diferentes disciplinas, son escasos los datos sobre los índices de variabilidad de frecuencia cardíaca en jugadores de fútbol. (23-27) En el análisis en el dominio del tiempo que hemos utilizado en la presente investigación es posible inferir la mayor influencia vagal a través de los valores de pNN50 y RMSSD que están relacionados con la banda de alta frecuencia del análisis espectral. Con respecto a controles sedentarios, se observaron diferencias significativas en los índices de variabilidad de la frecuencia cardíaca.

Tamaños corporales más grandes influirían en la presencia de potenciales ventriculares tardíos. (28, 29) En nuestro grupo, los sedentarios tuvieron índices de masa corporal superiores con presencia del 13% de potenciales ventriculares tardíos. La masa ventricular encontrada en los futbolistas fue inferior a la descripta en otras series de deportistas de otras disciplinas. Esto podría explicar la ausencia de potenciales ventriculares tardíos. Sin embargo, no hubo correlación entre los valores del electrocardiograma de señal promediada y los ecocardiogramas.

En nuestra población no hubo potenciales ventriculares tardíos en los entrenados y se observaron diferencias significativas en los valores de LAS y RMS. Si bien las medianas de ambos grupos se encuentran dentro de parámetros normales, los valores de LAS en los jugadores fueron menores y los RMS superiores. Aunque no pueden obtenerse conclusiones específicas de estos últimos hallazgos, podría plantearse, a modo especulativo, que el entrenamiento (al menos en este deporte) disminuiría las resistencias entre las uniones de las fibras miocárdicas, con lo que se facilita la conducción del estímulo eléctrico.

La utilidad del electrocardiograma de señal promediada para la evaluación de futbolistas debería evaluarse con estudios que incluyan un número mayor de participantes y con grupos que presenten arritmias ventriculares significativas.

Si bien el futbolista no desarrolla un consumo máximo de oxígeno muy elevado con respecto a otros deportistas de alto rendimiento (55 a 65 ml/kg/min), el incremento de la potencia y la capacidad aeróbica le permite sostener ejercicios de alta intensidad e intermitentes por períodos prolongados y lapsos breves para la recuperación.

En esta investigación hemos evaluado la potencia aeróbica máxima y encontramos valores de VO_2Mx considerados de alto rendimiento, aunque por debajo de los valores considerados de excelencia para deportes con predominio de metabolismo aeróbico. (30)

Dentro de los puestos ocupados en el equipo, los mediocampistas tuvieron los valores más altos de VO_2Mx . Esto concuerda con el tipo de ejercicio realizado por estos futbolistas, que recorren distancias mayores con velocidades de desplazamiento algo inferiores. (31)

A lo largo de los últimos años se ha desarrollado una cantidad importante de estudios tendientes a establecer las características antropométricas consideradas ideales para el futbolista. (32, 33) En el presente trabajo se correlacionaron diferentes índices de composición corporal con variables de potencia aeróbica. Pudo demostrarse una relación significativa entre el VO_2Mx y el medido al umbral anaeróbico con el índice de masa corporal. Con respecto al porcentaje de masa muscular, se encontró una tendencia positiva aunque no alcanzó significación estadística. No hubo relación entre los porcentajes grasos y el rendimiento aeróbico.

Las pruebas de campo constituyen una alternativa válida para la evaluación del futbolista en sus diferentes habilidades. Con respecto a la capacidad aeróbica, el Yo-Yo *test* tiene alta sensibilidad y especificidad para el análisis de las capacidades físicas de deportes intermitentes como el fútbol. (34) Su uso se ha difundido en el medio futbolístico y se efectúan predicciones del VO_2Mx del jugador.

En este trabajo se han comparado los valores de VO_2Mx obtenidos en forma indirecta por el Yo-Yo *test* con aquellos medidos en forma directa en una prueba de ejercicio en cinta deslizante. Las velocidades de desplazamiento fueron similares, así como las frecuencias cardíacas máximas alcanzadas. La prueba de campo subvaloró el VO_2Mx en un porcentaje aproximado al 10%.

Sería interesante ampliar la muestra de deportistas evaluados para confirmar estos hallazgos.

SUMMARY

Cardiovascular and fitness changes in high performance soccer players

Several studies describe the various cardiovascular changes generated by high performance sports. However, there is little specific information concerning professional soccer players. In the current study we describe the findings in electro and echocardiogram, signal average electrocardiogram, 24 hour Holter monitoring with heart rate variability

(representing changes in the autonomous nervous system) and functional capacity in various high performance soccer players belonging to professional sports institutions of the Argentine Soccer Association (Asociación de Fútbol Argentino - AFA).

The present study includes soccer players with uniform training during the same competition year, except for the electrocardiographical descriptions, which correspond to groups of soccer players belonging to different sport institutions.

The results show that the most significant electrocardiographical changes are sinus bradycardia and changes in the ventricular repolarization. Late ventricular potentials were not detected and heart rate variability indexes were higher than those found in sedentary people. The cavity dimensions and the left ventricular mass were higher than in the controls.

We also studied several variables of aerobic power in relation to the corporal composition parameters and found a positive relation between the maximal oxygen uptake, the anaerobic threshold and the body mass index. The maximal oxygen uptake estimations in field tests were lower than the ones found in lab tests with direct measurement of these parameters.

Key words: Sports Cardiology - Heart and Sports

BIBLIOGRAFÍA

- Holloszy JO, Coyle EF. Adaptations of skeletal muscle to endurance exercise and their metabolic consequences. *J Appl Physiol* 1984; 56:831-8.
- Mohr M, Krstrup P, Bangsbo J. Match performance of high-standard soccer players with special reference to development of fatigue. *J Sports Sci* 2003;21:519-28.
- Costill D, Wilmore JH. Fisiología del esfuerzo y del deporte. 2ª ed. Editorial Paidotribo;1998. p. 192-213.
- Bangsbo J. Entrenamiento de la condición física en el fútbol. 1ª ed. Editorial Paidotribo; 1995. p. 17-78, 85-106.
- Peidro RM. Utilidad práctica de las variables estudiadas en la prueba de ejercicio cardiopulmonar. *Rev Argent Cardiol* 1998;66(Suppl 3): 10-3.
- Wasserman K. The anaerobic threshold measurement to evaluate exercise performance. *Am Rev Respir Dis* 1984;129:S35-40.
- Pelliccia A, Maron BJ, Culasso F, Di Paolo FM, Spataro A, Biffi A, et al. Clinical significance of abnormal electrocardiographic patterns in trained athletes. *Circulation* 2000;102:278-84.
- Ferst JA, Chaitman BR. The electrocardiogram and the athlete. *Sports Med* 1984;1:390-403.
- Biffi A, Ansalone G, Verdile L, Fernando F, Caselli G, Ammirati F, et al. Ventricular arrhythmias and athlete's heart. Role of signal-averaged electrocardiography. *Eur Heart J* 1996;17:557-63.
- Puig J, Freitas J, Carvalho MJ, Puga N, Ramos J, Fernandes P, et al. Spectral analysis of heart rate variability in athletes. *J Sports Med Phys Fitness* 1993;33:44-8.
- Devereaux RB, Reichek N. Echocardiographic determination of left ventricular mass in man. Anatomic validation of the method. *Circulation* 1977;55:613-8.
- Kannel WB. Prevalence and natural history of electrocardiographic left ventricular hypertrophy. *Am J Med* 1983;75:4-11.
- Beaver WL, Wasserman K, Whipp BJ. A new method for detecting anaerobic threshold by gas exchange. *J Appl Physiol* 1986;60:2020-7.
- Ross W, Kerr D. Fraccionamiento de la masa corporal: un nuevo método para utilizar en nutrición, clínica y medicina deportiva. *Actualización en Ciencias del Deporte* 1993;1:33-41.
- Lewis SF, Nylander E, Gad P, Areskog NH. Non-autonomic component in bradycardia of endurance trained men at rest and during exercise. *Acta Physiol Scand* 1980;109:297-305.

16. Peidro R. Cardiología del deporte. El corazón del deportista. Hallazgos clínicos, electrocardiográficos y ecocardiográficos. *Rev Argent Cardiol* 2003;71:126-37.
17. Boraita Pérez A, Serratos Fernández L. "The athlete's heart": most common electrocardiographic findings. *Rev Esp Cardiol* 1998;51:356-68.
18. Minamitani K, Miyagawa M, Konko M, Kitamura K. The electrocardiogram of professional cyclists. In: Lubich T, Venerando A. *Sports Cardiology*. Bologna: Aulo Gaggi; 1980. p. 315-5.
19. Minamitani K, Miyagawa M, Konko M, Kitamura K. The electrocardiogram of professional cyclists. In: Lubich T, Venerando A. *Bologna, Aulo Gaggi: Sports Cardiology*; 1980. p. 315-25.
20. Boraita A, Serratos L, Antón P, García M, Rubio S. Las arritmias del deportista. *Rev Lat Cardio* 1996;17:124-31.
21. Fletcher G. The athlete's electrocardiogram. In: Williams R. *The athlete and heart disease*. Lippincot Williams & Wilkins USA; 1999. p. 173-81.
22. Balady GJ, Cadigan JB, Ryan TJ. Electrocardiogram of the athlete: an analysis of 289 professional football players. *Am J Cardiol* 1984;53:1339-43.
23. Mauro S, Brión G, Angelino A, Torresel C, Peidro RM, Bonelli V y col. Evaluación de jugadores juveniles de fútbol en período competitivo. *Rev Argent Cardiol* 2003;71:118 (abstract).
24. Vetulli H. La estratificación no invasiva del riesgo de muerte súbita. En: Elizari M, Chiale P. *Arritmias cardíacas: bases celulares y moleculares, diagnóstico y tratamiento*. Buenos Aires, Propulsora literaria; 2001.
25. Kleiger RE, Miller JP, Bigger JT Jr, Moss AJ. Decreased heart rate variability and its association with increased mortality after acute myocardial infarction. *Am J Cardiol* 1987;59:256-62.
26. Puig J, Freitas J, Carvalho MJ, Puga N, Ramos J, Fernandes P, et al. Spectral analysis of heart rate variability in athletes. *J Sports Med Phys Fitness* 1993;33:44-8.
27. Motta D, Angelino A, Berrudrio M, Testinoc, Rodríguez G, Anselmi JC y col. Capacidad física en función del puesto en el jugador de fútbol. *rev Argent Cardiol* 2003;71:119 (abstract).
28. Biffi A, Ansalone G, Verdile L, Fernando F, Caselli G, Ammirati F, et al. Ventricular arrhythmias and athlete's heart. Role of signal-averaged electrocardiography. *Eur Heart J* 1996;17:557-63.
29. Biffi A, Verdile L, Ansalone G, Spataro A, Spada R, Fernando F, et al. Lack of correlation between ventricular late potentials and left ventricular mass in top-level male athletes. *Med Sci Sports Exerc* 1999;31:359-61.
30. Barros Neto Y, Castro César M, Tambeiro V. Avaliacao da aptidao física cardiorrespiratoria. En: Ghorayeb N, Barros T. *Sao Paulo, Brasil: O Exercício*. Atheneu; 1999. p. 15-24.
31. Mohr M, Krstrup P, Bangsbo J. Match performance of high-standard soccer players with special reference to development of fatigue. *J Sports Sci* 2003;21:519-28.
32. Davis JA, Brewer J, Atkin D. Pre-season physiological characteristics of English first and second division soccer players. *J Sports Sci* 1992;10:541-7.
33. Reilly T. Football. In: Reilly T, Secher N, Snell P and Williams. *Physiology of Sport* (editors). London; 1990. p. 371-425.
34. Krstrup P, Mohr M, Amstrup T, Rysgaard T, Johansen J, Steensberg A, et al. The yo-yo intermittent recovery test: physiological response, reliability, and validity. *Med Sci Sports Exerc* 2003;35:697-705.