

Artículo Original de Investigación

Modificaciones anátomo-funcionales cardiovasculares en niños que realizan actividad deportiva de moderada a vigorosa intensidad**Cardiovascular anatomical and functional modifications in children who perform sports activities of moderate-to-vigorous intensity**

Celeste R. López, Jorge O. Kriskovich Juré.

Instituto de Cardiología Juana Francisca Cabral, Corrientes, Argentina.

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Recibido el 30 de Octubre de 2022

Aceptado después de revisión

el 17 de Enero de 2023

www.revistafac.org.arLos autores declaran no tener
conflicto de intereses**Palabras clave:**

Pediatria.

Deportistas.

Pubertad.

RESUMEN

La actividad física de moderada a alta intensidad realizada en forma sistemática puede generar modificaciones cardiovasculares. Objetivo: Determinar características y cambios anatómo-funcionales en población pediátrica según realicen actividad física deportiva sistemática. Material y método: estudio retrospectivo de pediátricos sin patologías referidos al servicio de Ergometría del Instituto de Cardiología de Corrientes divididos GRUPO 1 (G1): deportistas y GRUPO 2 (G2): no deportistas, separados en prepuberales (6-11 años) y puberales (12-16 años). Resultados: Se incorporaron 864 pacientes (pts), G1: 187 pts (21,6%) y G2: 667 pts (78,4%). Prepúberes 35%. La edad media de la población $12\pm 2,7$ años. Las diferencias observadas en G1 vs G2: altura $1,56\pm 0,16$ vs $1,53\pm 0,17$ mts ($p=0.04$); segmento PR medido 145 ± 10 vs 138 ± 6 ms ($p=0.001$), QT corregido (QTc) 395 ± 7 vs 383 ± 10 ms ($p=0.02$), frecuencia cardíaca 70 ± 4 vs 79 ± 5 lpm ($p=0.009$), y alteración de la repolarización 13% vs 7% ($p=0.03$); Aurícula izquierda (AI) 30 ± 3 vs 26 ± 2 mm ($p=0.01$), ventrículo izquierdo en fin de diástole 45 ± 2 vs 40 ± 3 mm ($p=0.001$) y en fin de sístole 28 ± 2 vs 25 ± 2 mm ($p=0.001$), grosor del septum interventricular $9,3\pm 0,5$ vs $7,5\pm 0,4$ mm ($p=0.04$) y de la pared posterior (PP) $9,0\pm 0,3$ vs $7,1\pm 0,5$ mm ($p=0.02$); presión diastólica en máximo esfuerzo $53,5\pm 5$ vs 68 ± 6 mmHg ($p=0.007$), capacidad funcional $15,0\pm 2$ vs $13,2\pm 5$ mets ($p=0.01$). Al subdividirlos, los púberes de G1 vs G2, presentaron obesidad $4,8\%$ vs 10% ($p=0.01$), fracción de eyección (Fey) 71 ± 5 vs $61\pm 7\%$ ($p=0.01$) y esfuerzo máximo/submáximo 75 vs 64% ($p=0.04$). En los prepúberes solo diferencias de FC basal 70 ± 4 vs 82 ± 5 lpm ($p=0.009$), con AI 29 ± 3 vs 26 ± 2 mm ($p=0.05$) y PP $8,0\pm 0,3$ vs $7,1\pm 0,5$ mm ($p=0.05$). Conclusiones: existen modificaciones cardiovasculares en atletas que realizan actividad física deportiva sistemática, aún en edades tempranas. Estas diferencias comienzan en la etapa prepuberal pero se intensifican durante la pubertad.

Cardiovascular anatomical and functional modifications in children who perform sports activities of moderate-to-vigorous intensity

ABSTRACT

Regular moderate-to-high intensity physical activity can generate cardiovascular changes. Objective: To determine characteristics and anatomical and functional changes in the pediatric population according to whether or not they perform systematic sports physical activity. Materials and methods: retrospective study of pediatric patients referred to the Ergometer service of the Institute of Cardiology in Corrientes, divided into GROUP 1 (G1): athletes and GROUP 2 (G2): non-athletes and separated into prepubertal (6-11 years) and pubertal (12-16 years). Results: There were 864 patients (pts) included, G1: 187 pts (21.6%) and G2 667 pts (78.4 %). Prepubescent 35%. Mean age 12 ± 2.7 years. Differences in G1 vs G2 were observed in height 1.56 ± 0.16 meters vs. 1.53 ± 0.17 meters ($p=0.04$); measured PR segment 145 ± 10 vs 138 ± 6 msec ($p=0.001$), QTc 395 ± 7 vs 383 ± 10 msec ($p=0.02$), heart rate 70 ± 4 vs 79 ± 5 bpm ($p=0.009$) and repolarization alteration 13 vs 7% ($p=0.03$); left atrium (LA) 30 ± 3 vs 26 ± 2 mm ($p=0.01$), end diastolic left ventricle 45 ± 2 vs 40 ± 3 mm ($p=0.001$) and at end systole 28 ± 2 vs 25 ± 2 mm ($p=0.001$), septum thickness 9.3 ± 0.5 vs 7.5 ± 0.4 mm ($p=0.04$) and posterior wall thickness (PP) 9.0 ± 0.3 vs 7.1 ± 0.5 mm ($p=0.02$); diastolic pressure at maximum

Keywords:

Pediatrics,

athletes,

puberty.

Autor para correspondencia: Dra Celeste R. López. Bolívar 1334 Corrientes Capital CP: 3400 . e-mail: celerala@hotmail.com

• Artículo elaborado y presentado como trabajo final y ganador del primer premio en el Curso Taller de Redacción de Artículos Científicos de FAC 2022

effort 53.5 ± 5 vs 68 ± 6 mmHg ($p=0.007$), functional capacity 15.0 ± 2 vs 13.2 ± 5 METs ($p=0.01$). When subdividing them, the pubertal patients added obesity 4.8 vs 10% ($p=0.01$), ejection fraction (EF) $71 \pm$ vs $61 \pm 7\%$ ($p=0.01$) and greater maximal/submaximal effort 75 vs 64% ($p=0.04$). In prepubertal children, we observed differences in baseline HR 70 ± 4 vs 82 ± 5 bpm ($p=0.009$), with LA 29 ± 3 vs 26 ± 2 mm ($p=0.05$) and posterior wall 8.0 ± 0.3 vs 7.1 ± 0.5 mm ($p=0.05$). Conclusions: there are physiological cardiovascular changes in athletes who perform systematic sports physical activity, even at an early age. These differences begin in the prepubertal stage but intensify during puberty.

INTRODUCCIÓN

La promoción de salud se genera como una estrategia básica para adquirir y desarrollar habilidades a fin de mejorar la calidad de vida, la actividad física (AF) es una de ellas^{1,2}.

Para la Organización Mundial de la Salud "se considera AF a cualquier movimiento corporal producido por los músculos esqueléticos que exija gasto de energía"³. En población infantil la AF es difícil de medir, porque desarrollan las actividades libremente. Los pocos estudios disponibles, más bien están limitados a pequeñas muestras con estrechos rangos de edades o surgen de cuestionarios estandarizados o entrevistas, donde incluyen jóvenes de 10 años en adelante y no se consideran las características del crecimiento ni de la maduración⁴.

En las últimas décadas se ha incrementado el porcentaje de niños y adolescentes en la práctica de actividades deportivas, competitivas y federadas de moderada a alta intensidad y a edades más tempranas⁵.

Diferentes trabajos muestran cómo un aumento de los niveles de ejercicio físico de intensidad moderada o vigorosa puede dar lugar a numerosas modificaciones antropométricas y cardiovasculares. Las adaptaciones más relevantes son, el descenso de la presión arterial, descenso de la frecuencia cardíaca, aumento del volumen sistólico del VI, aumento de la masa miocárdica y/o dilatación ventricular, y reducción de las necesidades de oxígeno miocárdicas^{6,7,8,9}.

Si bien existen en la literatura argentina trabajos donde se han evaluado parámetros cardiovasculares de estudios complementarios en niños sanos, son pocos los trabajos de investigación en nuestro país, y menos en la región del nordeste argentino, que hayan evaluado las modificaciones cardiovasculares observadas en niños que realicen actividad física competitiva de moderada a alta intensidad en comparación con aquellos que no realizan actividad física sistemática o que lo hagan con baja intensidad^{10,11}.

Se realizó un análisis comparativo, con el objetivo de evaluar las características basales y las posibles diferencias entre el grupo de deportistas y no deportistas de acuerdo a la edad y el desarrollo madurativo, para determinar la existencia de las diferencias cardiovasculares y anatómico-funcionales entre ambos grupos, producidas por la actividad física de intensidad moderada a vigorosa realizada en forma sistemática que concurrieron a la institución.

MATERIAL Y MÉTODO

Estudio observacional, retrospectivo, transversal, de pacientes referidos al servicio de Ergometría Pediátrica

del Instituto de Cardiología de Corrientes para evaluación cardiovascular, durante el periodo comprendido entre el 1 marzo del 2019 y el 30 de septiembre del 2020. Los criterios de inclusión fueron: pacientes entre 6-16 años, que tuvieran una valoración antropométrica, examen físico completo, con realización de electrocardiograma, ecocardiograma Doppler color y estudio ergométrico. Los exámenes complementarios fueron solicitados de acuerdo al criterio del cardiólogo infantil de cabecera, basado en síntomas o en lo que consideraron conveniente para la evaluación cardiovascular. Los datos fueron extraídos de las historias clínicas de la institución. Los criterios de exclusión fueron: tener cualquier tipo de cardiopatía, algún tipo de alteración electrocardiográfica significativa, que a criterio del investigador impida una correcta valoración ergométrica (ej.: Síndrome de Wolff Parkinson White), tuvieran alguna lesión muscular o traumatológica que impidiera la realización del test ergométrico, o algún tipo de afectación que a criterio del investigador altere el normal crecimiento y desarrollo del niño, o que dificulte la realización de actividad física deportiva, y no haber podido realizar alguno de los estudios complementarios solicitados para ingresar al estudio.

Definición de términos

Población infantil: pacientes sanos entre 6 y 16 años.

Deporte competitivo: actividad física que involucra una serie de reglas o normas a desempeñar dentro de un área determinada para mejorar la condición física, y o superar a un contrario¹². Las actividades deportivas pueden ser de baja, moderada o alta intensidad¹³. Consideradas dentro de ellas en esta zona a las actividades de moderada a alta intensidad: fútbol, tenis, maratón de mediana y larga distancia, básquet, ciclismo, rugby, voleibol, gimnasia artística, natación, hockey sobre césped.

Actividad deportiva sistemática: para este trabajo se consideró una actividad deportiva aeróbica de moderada a alta intensidad en aquellos niños que hayan desarrollado en forma continua este tipo de actividad en más de tres horas semanales durante al menos un año.

Los participantes fueron separados en 2 grupos: G1 (deportistas), se encuentran aquellos practicantes de una actividad deportiva sistemática, y G2 (no deportistas), aquellos que no reúnan estas condiciones. A su vez, para una mejor comparación, cada grupo fue subdividido en pacientes prepuberales (de 6 a 11 años) y pacientes puberales (de 12 a 16 años), de acuerdo a la edad media de inicio de la pubertad en la Argentina¹⁴.

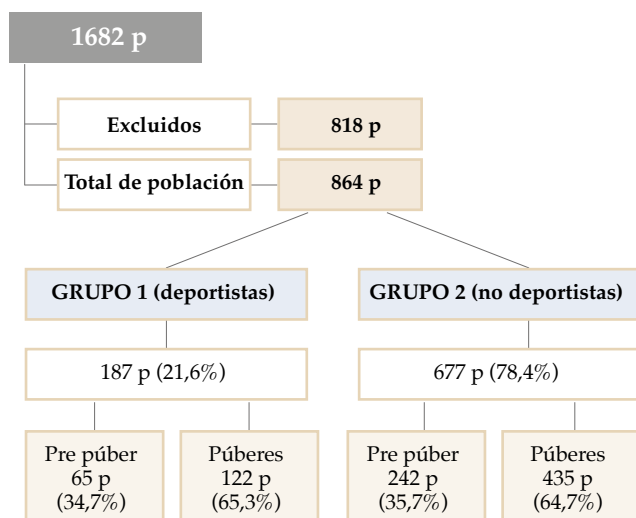


FIGURA 1.
Descripción de la población en estudio.
P: Pacientes

Variables evaluadas a evaluar

Variables biológicas:

La edad en años, sexo: masculino- femenino, peso: en kilogramos, talla: en metros, índice de masa corporal (IMC): peso/talla^{2,15}. Presión arterial: Sistólica y diastólica medida en mm de mercurio y con las técnicas habituales¹⁶.

Variables electrocardiográficas:

En un electrocardiograma de 12 derivaciones se midió la presencia de ritmo sinusal (RS), frecuencia cardíaca (FC), duración del intervalo PR, QRS y el intervalo QTc por la fórmula de Bazett, presencia de bloqueo de rama derecha, y los trastornos de la repolarización: elevación del punto J sin alteraciones del ST, aplanamiento o inversión de la onda T en derivaciones que habitualmente no la presentan, de acuerdo a guías y consensos de interpretación de electrocardiograma en pediatría^{17,18}.

Variables Ecocardiográficas:

Para los datos evaluados en la ecocardiografía bidimensional se aplicaron las directrices pediátricas de la Sociedad Americana de Ecocardiografía¹⁹.

Variables ergométricas:

La prueba se realizó en cinta ergométrica (treadmill), siguiendo el protocolo C del Hospital de Niños "Dr. Ricardo Gutiérrez" o protocolo de Bruce hasta el agotamiento, con monitorización electrocardiográfica continua de 12 derivaciones, registro de presión arterial sistólica y diastólica tanto al inicio como en la carga pico, con un equipo COSMED modelo Quark CPET (Roma, Italia)¹¹. Se consideró el consumo de oxígeno inferido en MET: equivalente metabólico, 1 MET = 3,5 ml/kg/min de consumo de O₂. FC pico: máxima FC alcanzada durante el esfuerzo. También se evalúa con respecto al 100% del predicho. Tipo de esfuerzo: máximo,

TABLA 1.
Características basales de la población

Variable	Valor	Referencia
Sexo masculino	65	%
Edad media	12 ± 2,7	Años
Peso	51 ± 17	Kilogramos
Altura	1,55 ± 0.20	Metros
Índice de masa corporal	21,88±6	Peso/talla ²
Obesidad	7,6	%
PAS	98±14	mmHg
PAD	67±7	mmHg
Pulso	78±15	lpm

PAS: presión arterial sistólica. PAD: presión arterial diastólica. lpm: latidos por minuto

submáximo o insuficiente, según haya alcanzado más de 92%, entre el 92 y 85% y menos del 85% de la frecuencia cardíaca predeterminada para la edad del individuo.

Análisis estadístico

Las variables cualitativas son expresadas en porcentaje y comparadas mediante el test de chi cuadrado o el test exacto de Fisher según corresponda. Las variables cuantitativas son expresadas en medias y desvío estándar o medianas y rangos intercuartiles y comparadas mediante el test de ANOVA o el test de la t según corresponda. Se considera diferencia estadísticamente significativa cuando el valor de p es menor a 0.05. Se empleó para el análisis el paquete estadístico SPSS 25.

RESULTADOS

Durante el periodo comprendido entre marzo del 2019 y septiembre del 2020 fueron evaluados 1682 pacientes en el Servicio de Ergometría de nuestra institución. De ellos, 864 pacientes fueron la población en estudio. (Figura 1).

Hubieron 307 pacientes con menos de 12 años (prepuberales) correspondiendo al 35,5% de la población, y esta distribución se mantuvo sin diferencias al separar entre deportistas y no deportistas (34,7% vs 35,7%, p= 0.3).

Del total de la población estudiada, 2 de cada 10 pediátricos realizaban actividad física competitiva de moderada a severa intensidad durante más de un año constituyendo el G1.

El promedio de actividad deportiva semanal (G1) fue de 6±2 horas y la mediana de tiempo de inicio de la actividad deportiva fue de 2 años (1.6-2.5). El promedio de los pacientes puberales fue 6,5±3 horas y de los prepuberales 5,8±2 horas (p= 0.08). La mediana de tiempo al inicio de la actividad deportiva fue similar entre ambas subpoblaciones: 2 (1.8-2.3) vs 2 (1.5-2.7) años (p= 0.9).

Las características generales de la población están descritas en las tabla 1 y tabla 2.

TABLA 2.

Hallazgos en los estudios complementarios de la población general

Electrocardiograma		Ecocardiografía doppler color		Ergometría computarizada	
Ritmo sinusal	100%	AI	28,2 ± 4 mm	FC Basal	73 ± 6 lpm
Pr medido	143 ± 10 ms	VIDD	45 ± 3mm	PAS basal	100 ± 12 mmHg
QRS duración:	84 ± 5 ms	VIDS	2,7 ± 4 mm	PAD basal	71 ± 6 mmHg
Qt corregido	390 ± 15ms	SIV	9,1 ± 0,8 mm	PAS max	134 ± 54 mmHg
T. R. derecha	11%	pp	7,9 ± 0,7 mm	PAD max	57 ± 10 mmHg
FC	76 ± 5 lpm	FA	37,1 ± 5%	FC máx	189 ± 78 lpm
		Fey	68 ± 10 %	C Funcional:	13,56 ± 3 mets
				Máximo/submáximo	78%

T.R derecha: Trastornos de la conducción de rama derecha. FC: Frecuencia cardíaca. AI: Aurícula izquierda. lpm: latidos por minuto. VIDD: Diámetro diastólico del ventrículo izquierdo. VIDS: Diámetro sistólico del ventrículo izquierdo. SIV: Septum interventricular. PP: Pared posterior. FA: Fracción de acortamiento. Fey: Fracción de eyección. FC basal: Frecuencia cardíaca basal. PAS basal: Presión arterial sistólica basal PAD basal: Presión arterial diastólica basal. PAS max: Presión arterial sistólica en máximo esfuerzo PAD max: Presión arterial diastólica en máximo esfuerzo. CFuncional: Capacidad funcional

TABLA 3.

Comparación entre deportistas y no deportistas.

VARIABLE	DEPORTISTA	NO DEPORTISTA	VALOR DE P
Número de pacientes	187	677	N/A
Púber	65.2 %	63.6 %	0.4
Sexo masculino	69 %	61.8 %	0.05
Edad media	12.2 ± 2,8 años	14,1 ± 2.7 años	0.9
Peso	50 ± 15 kg	52 ± 17 kg	0.3
PAS	99 ± 14 mmHg	97 ± 12 mmHg	0.65
PAD	66 ± 7 mmHg	68 ± 6 mmHg	0.9
OBESIDAD	5 %	9,7 %	0.07
Altura	1,56 ± 0,16 mts	1,53 ± 0,17 mts	0.06
ELECTROCARDIOGRAMA			
PR	145 ± 10 ms	138 ± 6 ms	0.01
QRS duración	86 ± 3 ms	80 ± 4 ms	0.09
Qt corregido (QTc)	395 ± 7 ms	383 ± 10 ms	0.02
FC	70 ± 4 lpm	79 ± 5 lpm	0.009
TR derecha	13 %	8 %	0.08
Alt de la repolarización	13 %	7 %	0.03
ERGOMETRIA			
FC	68 ± 7 lpm	75 ± 6 lpm	0.038
PAS basal	98 ± 11 mmHg	98 ± 16 mmHg	0.85
PAS max	137 ± 15 mm hg	132 ± 16 mmHg	0.08
PAD basal	70 ± 6 mmHg	72 ± 6 mmHg	0.2
PAD max	53,5 ± 5 mmHg	68 ± 13 mmHg	0.03
C. funcional	15,6 ± 3 rnets	12,3 ± 2 mets	0.01
Máximo/submáximo	75 %	64 %	0.04
ECOCARDIOGRAFIA			
AI	29,7 ± 2 mm	27,1 ± 2 mm	0.3
VIDD	45,3 ± 2 mm	41,4 ± 3 mm	0.04
VIDS	28,3 ± 2 mm	27,1 ± 3 mm	0.85
SIV	9,5 ± 0,5 mm	8,0 ± 0,6 mm	0.003
PP	8,3 ± 0,5 mm	7,6 ± 0,3 mm	0.02
FA	38,1 ± 3 %	35,3 ± 4 %	0.075
Fey	71,5 ± 5 %	61,8 ± 7 %	0.01

T.R derecha: Trastornos de la conducción de rama derecha. FC: Frecuencia cardíaca. AI: Aurícula izquierda. VIDD: Diámetro diastólico del ventrículo izquierdo. VIDS: Diámetro sistólico del ventrículo izquierdo. SIV: Septum interventricular. PP: Pared posterior. FA: Fracción de acortamiento. Fey: Fracción de eyección. FC basal: Frecuencia cardíaca basal. PAS basal: Presión arterial sistólica basal PAD basal: Presión arterial diastólica basal. PAS max: Presión arterial sistólica en máximo esfuerzo PAD max: Presión arterial diastólica en máximo esfuerzo. CFuncional: Capacidad funcional. NA: No aplica.

TABLA 4.

Púberes: Deportistas vs no deportistas.

VARIABLE	DEPORTISTA	NO DEPORTISTA	VALOR DE P
Número de pacientes	122	435	N/A
Sexo masculino	65%	60%	0.1
Edad media	13,7 ± 1,3 años	14,1 ± 1,3 años	0.8
Peso	59 ± 14 kg	57 ± 14 kg	0.4
PAS	102 ± 17 mmHg	102 ± 17 mmHg	0.9
PAD	75 ± 5 mmHg	74 ± 7 mmHg	0.9
OBESIDAD	4,8 %	10 %	0.01
Altura	165 ± 0,3 mts	160 ± 0,2 mts	0.035
ELECTROCARDIOGRAMA			
PR	145 ± 10 ms	140 ± 8 ms	0.045
QRS duración	74 ± 4 ms	71 ± 3 ms	0.75
Qt corregido (QTc)	386 ± 15 ms	372 ± 16 ms	0.03
FC	68 ± 4 lpm	86 ± 8 lpm	0.03
T R derecha	15 %	10 %	0.065
Alt de la repolarización	15 %	9 %	0.04
ERGOMETRIA			
FC	60 ± 8 lpm	73 ± 5 lpm	0.03
PAS basal	103 ± 12 mmHg	101 ± 15 mmHg	0.8
PAS max	140 ± 20 mmHg	139 ± 16 mmHg	0.9
PAD basal	75 ± 16 mmHg	74 ± 17 mmHg	0.8
PAD max	55 ± 13 mmHg	59 ± 6 mmHg	0.007
C. funcional	15,0 ± 2 rnets	13,2 ± 5 mets	0.01
Máximo / submáximo	71%	67%	0.6
ECOCARDIOGRAFIA			
AI	30 ± 3 mm	26 ± 2 mm	0.01
VIDD	45 ± 2 mm	40 ± 3 mm	0.001
VIDS	28 ± 2 mm	25 ± 2 mm	0.001
SIV	9,3 ± 0,5 mm	7,5 ± 0,4 mm	0.04
PP	9,0 ± 0,3 mm	7,1 ± 0,5 mm	0.02
FA	38,1 ± 3%	37,2 ± 4%	0.1
Fey	70 ± 9 %	67 ± 5 %	0.3

T.R derecha: Trastornos de la conducción de rama derecha. FC: Frecuencia cardíaca. AI: Aurícula izquierda. VIDD: Diámetro diastólico del ventrículo izquierdo. VIDS: Diámetro sistólico del ventrículo izquierdo. SIV: Septum interventricular. PP: Pared posterior. FA: Fracción de acortamiento. Fey: Fracción de eyección. FC basal: Frecuencia cardíaca basal. PAS basal: Presión arterial sistólica basal. PAD basal: Presión arterial diastólica basal. PAS max: Presión arterial sistólica en máximo esfuerzo. PAD max: Presión arterial diastólica en máximo esfuerzo. CFuncional: Capacidad funcional. NA: No aplica.

Es de destacar que dos terceras partes de la población son varones. Además, si bien el índice de masa corporal (IMC) se encuentra en el promedio para valores de pacientes eunutrídos, existen cerca de 8% considerados obesos según tablas percentiladas para edad y sexo.

La edad media de la población fue de 12±2 años, considerada en la Argentina como el inicio de la pubertad, Aunque 2/3 partes corresponde a los púberes.

Respecto a los estudios cardiovasculares, en relación al electrocardiograma se destaca la presencia de ritmo sinusal en todos los pacientes del estudio y más de un 10% de pacientes presentaban algún trastorno de la conducción de la rama derecha del haz de His.

En el estudio ergométrico se observó un buen promedio de consumo de oxígeno alcanzado y cerca del 80% de los estudios concluyeron con un esfuerzo máximo o submáximo.

Los datos ecocardiográficos se mostraron con valores dentro del rango normal de acuerdo a las guías de la especialidad.

Deportistas vs no Deportistas

La *tabla 3* resume las características comparativas de los pacientes del GRUPO 1 (deportistas) vs el GRUPO 2 (no deportistas).

Se puede observar una tendencia a mayor porcentaje de varones en el grupo deportistas con 3 cm en promedio de altura mayor y una tendencia a menor porcentaje de obesidad.

TABLA 5.

Prepúberes. Deportistas vs no deportistas.

VARIABLE	DEPORTISTA	NO DEPORTISTA	VALOR DE P
Número de pacientes	65	242	N/A
Sexo masculino	76%	68%	0.06
Edad media	9,2 ± 1 años	9,6 ± 1 años	0.9
Peso	37,6 ± 14 kg	37,1 ± 12 kg	0.9
PAS	90 ± 11 mmHg	90 ± 12 mmHg	0.9
PAD	62 ± 7 mmHg	65 ± 7 mmHg	0.15
OBESIDAD	7,3 %	7,9 %	0.7
Altura	1,36 ± 0,17 mts	1,38 ± 0,14 mts	0.82
ELECTROCARDIOGRAMA			
PR	140 ± 10 ms	138 ± 6 ms	0.1
QRS duración	86 ± 6 ms	80 ± 4 ms	0.8
Qt corregido (QTc)	390 ± 7 ms	383 ± 6 ms	0.2
FC	70 ± 4 lpm	82 ± 5 lpm	0.009
T R derecha	11 %	7 %	0.07
Alt de la repolarización	10 %	7 %	0.7
ERGOMETRIA			
FC	74 ± 7 lpm	84 ± 6 lpm	0.05
PAS basal	91 ± 11 mmHg	92 ± 12 mmHg	0.9
PAS max	126 ± 16 mmHg	120 ± 15 mmHg	0.7
PAD basal	63 ± 9 mmHg	68 ± 7 mmHg	0.2
PAD max	53,3 ± 7 mmHg	54,4 ± 8 mmHg	0.6
C. funcional	12,1 ± 2 rnets	12,4 ± 2 mets	0.8
Máximo / submáximo	65 %	66 %	0.9
ECOCARDIOGRAFIA			
AI	29 ± 3 mm	26 ± 2 mm	0.05
VIDD	37 ± 2 mm	34 ± 3 mm	0.07
VIDS	22 ± 2 mm	19 ± 2 mm	0.9
SIV	8,3 ± 0,5 mm	7,1 ± 0,5 mm	0.09
PP	8,0 ± 0,3 mm	7,1 ± 0,5 mm	0.05
FA	38 ± 3%	37 ± 4%	0.1
Fey	71 ± 9 %	68 ± 5 %	0.8

T.R derecha: Trastornos de la conducción de rama derecha. **FC:** Frecuencia cardíaca. **AI:** Aurícula izquierda. **VIDD:** Diámetro diastólico del ventrículo izquierdo. **VIDS:** Diámetro sistólico del ventrículo izquierdo. **SIV:** Septum interventricular. **PP:** Pared posterior. **FA:** Fracción de acortamiento. **Fey:** Fracción de eyección. **FC basal:** Frecuencia cardíaca basal. **PAS basal:** Presión arterial sistólica basal. **PAD basal:** Presión arterial diastólica basal. **PAS max:** Presión arterial sistólica en máximo esfuerzo. **PAD max:** Presión arterial diastólica en máximo esfuerzo. **CFuncional:** Capacidad funcional. **NA:** No aplica.

Los deportistas tenían una frecuencia cardíaca basalmente menor tanto en el electrocardiograma como al inicio de la prueba ergométrica.

El electrocardiograma además mostró diferencias significativas en la duración de los intervalos PR y QTc, con un mayor porcentaje de pacientes con trastornos de la conducción de rama derecha y alteraciones secundarias de la repolarización en pacientes deportistas.

La ecocardiografía informó mayor diámetro auricular y ventricular izquierdo (VI) así como del espesor de septum y la pared posterior del VI en deportistas, sin diferencias en la función sistólica del (VI) determinada por la fracción de acortamiento y fracción de eyección.

El test funcional finalmente mostró una presión diastólica en el máximo esfuerzo más baja en el GRUPO 1 con un promedio mayor de consumo metabólico expresado en mets, aunque sin diferencia en el porcentaje de pruebas máximas o submáximas entre ambos grupos.

Pacientes puberales

Las características generales y cardiovasculares comparativas entre deportistas y no deportistas del subgrupo de púberes, están descritas en la [tabla 4](#).

En este subgrupo se acentúan las diferencias en los parámetros evaluados.

Los niños deportistas púberes fueron en promedio 5 cm

más altos, proporcionalmente menos obesos, Presentaron mayor duración del intervalo PR, así como una tendencia a presentar mayor cantidad de pacientes con bloqueo incompleto de rama derecha y mayor porcentaje alteraciones de la repolarización.

Los deportistas presentaron mayor diámetro, grosor de las paredes y mayor fracción de eyección del VI.

El test funcional demostró en púberes deportistas una frecuencia cardíaca más baja, mayor consumo de oxígeno y más pacientes alcanzaron un esfuerzo ergométrico máximo al final en la prueba.

Pacientes Prepúberes

Las características generales y cardiovasculares comparativas en estos subgrupos están descritas en el *tabla 5*.

En comparación a los pacientes púberes, los prepúberes no muestran diferencias significativas entre pacientes deportistas y no deportistas, con excepción de una tendencia a mayor proporción de varones y una frecuencia cardíaca basal menor en deportistas.

También el tamaño de la aurícula izquierda y el grosor de la pared posterior mostraron diferencias en el límite de la significación. Los otros parámetros evaluados se mostraron comparativamente semejante a la población general.

DISCUSIÓN

La actividad física intensiva regular y sostenida está asociada con una serie de adaptaciones cardíacas electrofisiológicas, estructurales y funcionales, denominadas colectivamente como el "corazón del atleta".

Está bien documentado que estas manifestaciones tienen un impacto significativo en el corazón del atleta adulto⁸. Si bien las revisiones sistemáticas han detallado el fenotipo del corazón del atleta adulto, las poblaciones deportivas de niños (6 a 17 años) son más limitadas en cantidad, a menudo restringida por tamaños de muestras inadecuados y heterogeneidad para evaluar el impacto de la actividad deportiva de moderada a alta intensidad en niños, y sus modificaciones en función de la edad y el empuje puberal.

Este trabajo de investigación compara las características basales de la población de pacientes deportistas versus los no deportistas. Se observan características similares entre ambos grupos, aunque con una tendencia a mayor porcentaje de varones dentro del GRUPO 1 y un porcentaje mayor de obesidad en el GRUPO 2. Esto coincide con datos de revisiones internacionales, donde se observó mayor porcentaje de sexo masculino en deportistas de este grupo etario; así mismo, la falta de actividad física sistemática, sumado al sedentarismo y el tipo de alimentación se han asociado a un aumento en los niveles de obesidad infantil en los no deportistas^{20,21}.

Los atletas pediátricos deportistas tienen mayor prevalencia de cambios en el ECG relacionados con el entrenamiento. Se observa una duración del intervalo PR y QTc mayor en pacientes deportistas, aunque sin llegar a valores para considerar el diagnóstico de bloqueo AV de primer

grado o QTc prolongado. También pudo observarse una frecuencia cardíaca más baja y mayor porcentaje de bloqueo incompleto de rama derecha.

Cabe destacar que en deportistas con entrenamiento regular, las adaptaciones generadas por el efecto de la actividad física sistemática suelen traducirse en patrones electrocardiográficos propios del corazón del atleta²². En ellos, la prevalencia de un estado autonómico parasimpático, sumado a las modificaciones estructurales del corazón, tienden a generar prolongación de la duración de los segmentos e intervalos y modificaciones en la conducción de la rama derecha, lo que justifica las modificaciones fisiológicas encontradas en el trabajo.

Se describen de manera similar trastornos de la repolarización en ambos grupos. El más frecuente de ellos es la elevación del punto J con ST cóncavo hacia arriba, expresando repolarización precoz. Esta patente también está descrita en pediátricos con alto tono vagal, y en deportistas es considerada una patente de pronóstico benigno²³.

El meta-análisis de McClellan, que evaluó a más de 14000 atletas menores de 18 años y los comparó contra un grupo control de no atletas, mostró alteraciones electrocardiográficas similares a los hallazgos de este trabajo, pero se describió mayor incidencia de bloqueo de rama derecha, frecuencias cardíacas basales menores y un mayor porcentaje de alteraciones de la repolarización en comparación con los resultados del presente estudio²⁴. Es posible que la mayor proporción de las modificaciones electrocardiográficas en este meta-análisis estén relacionadas con una mediana de actividad física de los deportistas mayor a la observada en la presente muestra.

Bessem y colaboradores en su publicación demostraron que las modificaciones electrocardiográficas de atletas pediátricos aparecen con un promedio de actividad mayor a 3 horas semanales, y si bien los cambios se inician con un tiempo de práctica de más de 500 días, alcanza su máximo pasados los 2000 días²⁵. En este trabajo, lamentablemente la mediana de actividad fue de 2 años, es decir un poco más de 700 días, por lo tanto un tiempo insuficiente para demostrar todas las modificaciones halladas en los trabajos antes mencionados.

Respecto a los hallazgos ecocardiográficos, los atletas pediátricos tenían un ventrículo izquierdo con dimensiones más grandes y paredes con mayor espesor respecto a los no deportistas, hallazgos también encontrados en la revisión de Mc Clellan²⁴. Estos parámetros están relacionados a un proceso de remodelado ventricular generado por cambios hemodinámicos producidos por la actividad física de gran intensidad realizada sistemáticamente. D'Ascenzi y cols encontraron en deportista pediátricos nadadores remodelamiento ventricular y aumento de tamaño de las paredes, modificaciones intensificadas con el tiempo de realización de esa actividad⁷.

Otras revisiones sistemáticas confirman modificaciones estructurales en aurícula, paredes y cavidades ventriculares en deportistas pediátricos, expresando que deberían consi-

derarse estas modificaciones a la hora de evaluar ecocardiográficamente a atletas en edades tempranas²⁶.

La evaluación de los parámetros funcionales mediante ergometría, como era lógico de esperar, mostró un mayor consumo de oxígeno en mets para los deportistas, con frecuencia cardíaca más baja en promedio, expresando el aumento del tono vagal y las modificaciones hemodinámicas.

Malina y cols demostraron en su revisión que el ejercicio sistemático aumenta la respuesta vasodilatadora y recluta más vasos para mejorar la irrigación de la musculatura esquelética²⁷. Esto genera disminución de la resistencia vascular sistémica, disminución de la frecuencia cardíaca y de la presión arterial diastólica. Esta particularidad fue apreciada en el presente trabajo.

Prepúberes y púberes

Es interesante destacar que cuando se separa la población en prepúberes y púberes, los pacientes menores de 12 años no mostraron las diferencias que se observaron cuando se comparó a todos los pacientes deportistas vs los no deportistas.

En cambio, al comparar a la población de 12 años o más, las diferencias clínicas y cardiovasculares aumentaron y se intensificaron en este subgrupo poblacional. Es posible que los cambios hormonales generados por el empuje puberal jueguen un rol importante para expresar estas modificaciones fenotípicas impuestas por la actividad física competitiva²⁸.

En el meta-análisis de McClellan, las modificaciones de las características cardíacas evaluadas aumentaron con la edad cronológica²⁴. Después de tener en cuenta la edad en el análisis estadístico, los atletas pediátricos tuvieron una morfología del ventrículo izquierdo mayor que los no deportistas y mayores cambios electrocardiográficos, demostrando el potente estímulo del ejercicio en la estructura cardíaca. Estos cambios parecieron ser exagerados durante la etapa de crecimiento puberal, lo que sugiere un papel potencial de los factores hormonales en la remodelación cardíaca. Se reconoce que si bien la edad cronológica es un factor lineal, el crecimiento y la maduración no lo son. Según la experiencia de esos investigadores, la interpretación clínica de los datos cardíacos debe regirse por la edad biológica en lugar de la edad cronológica, y la edad biológica está claramente marcada por el empuje puberal.

Aunque algunos trabajos marcaron que las modificaciones cardiovasculares en los pacientes púberes podría estar vinculadas a un tiempo mayor de actividad física de alta intensidad respecto a los prepúberes, y no tanto a las modificaciones hormonales, en este trabajo la mediana de tiempo de actividad física de los prepúberes y los púberes fue exactamente la misma (2 años), y si bien la media de entrenamiento de los púberes tendió a ser levemente mayor, esta diferencia no alcanzó significancia estadística, subrayando la idea del efecto hormonal como responsable de las modificaciones estructurales y funcionales en deportistas^{7,25}.

Vasiliauskas y cols en su trabajo en jugadores de básquet pediátricos demostraron cambios electrocardiográficos a

partir de los 13 años, explicando el efecto hormonal de la pubertad como responsable de estas modificaciones²⁹. Sin embargo, estas pueden comenzar a verse en atletas prepúberes como lo demuestran Zdravkovic y cols en futbolistas preadolescentes entre 8 y 11 años, quienes respecto a un grupo control, ya habían mostrado modificaciones significativas en la frecuencia cardíaca basal³⁰. En el presente trabajo, se observó en promedio 12 latidos menos en prepúberes del G1 vs los del G2. Tal vez, la disminución de la frecuencia cardíaca basal sea el primer indicio de las modificaciones cardiovasculares que la actividad física competitiva sistematizada de intensidad moderada a alta genera en la población pediátrica. La tendencia a mayores diámetros de las cavidades y del grosor parietal evaluadas en la ecocardiografía muestran que lo segundo en modificarse sea el aspecto estructural cardíaco, y que las modificaciones antropométricas y funcionales dependan en gran medida del empuje puberal.

CONCLUSIONES

La actividad física de moderada a alta intensidad realizada en forma sistemática puede generar modificaciones anátomo-funcionales cardiovasculares en niños entre 6 y 16 años de la región del nordeste argentino. Esto significa que existen modificaciones cardiovasculares fisiológicas en atletas aún en edades tempranas.

Los cambios comienzan a verse en deportistas prepúberes pero se intensifican luego del inicio de la pubertad, apoyando el concepto del efecto hormonal como responsables de las modificaciones estructurales y funcionales en los deportistas pediátricos.

Reconocimiento: agradecimiento al Dr. Claudio Morós por su participación en la redacción del trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

1. Jiménez Boraita R, Gargallo Ibor E, Arriscado Alsina D, et al. Association between the physical activity practice environment and lifestyle habits and indicators of physical and psychosocial health. *Rev Esp Salud Pública* 2022; 96: e202202017.
2. De Greeff JW, Bosker RJ, Oosterlaan J, et al Effects of physical activity on executive functions, attention and academic performance in preadolescent children: a meta-analysis. *J Sci Med Sport* 2018; 21: 501 - 507.
3. Global Recommendations on Physical Activity for Health. Geneva: World Health Organization; 2010. DiPietro L, Al-Ansari SS, Biddle SJH, et al. Advancing the global physical activity agenda: recommendations for future research by the 2020 WHO physical activity and sedentary behavior guidelines development group. *Int J Behav Nutr Phys Act* 2020; 17: 143.
4. Kemper HC, Dekker HJ, Ootjers MG, et al. Growth and health of teenagers in the Netherlands: survey of multidisciplinary longitudinal studies and comparison to recent results of a Dutch study. *Int J Sports Med* 1983; 4: 202 - 214.
5. Myer GD, Jayanthi N, DiFiori JP, Fet al. Sports Specialization, Part II: Alternative Solutions to Early Sport Specialization in Youth Athletes. *Sports Health* 2016; 8: 65 - 73.
6. Comité Nacional de Medicina del Deporte Infantojuvenil. Entrenamiento de la fuerza en niños y adolescentes: beneficios, riesgos y recomendaciones. *Arch Argent Pediatr* 2018; 116: S82 - S91.

7. D'Ascenzi F, Pelliccia A, Valentini F, et al. Training-induced right ventricular remodelling in pre-adolescent endurance athletes: The athlete's heart in children. *Int J Cardiol* **2017**; 236: 270 - 275.
8. Bessem B, De Bruijn MC, Nieuwland W, et al. The electrocardiographic manifestations of athlete's heart and their association with exercise exposure. *Eur J Sport Sci* **2018**; 18: 587 -593.
9. Sharma S, Drezner JA, Baggish A, et al. International Recommendations for Electrocardiographic Interpretation in Athletes. *J Am Coll Cardiol* **2017**; 69: 1057 - 1075.
10. Abella IT, Tocci AC, Iglesias D, et al. Pruebas de ejercicio cardiopulmonar en niños sanos. *Rev Argent Cardiol* **2016**; 84: 431 - 437.
11. Angelino A, Brion G, Esper R, et al. Consenso Argentino de Prueba Ergométrica Graduada Versión resumida *Rev Arg Cardiol* **2010**; 78: 74 - 96.
12. Pacheco Agrelo D. Actividad física en la adolescencia. Programa de Actualización Pediátrica Temas Adolescencia, Buenos Aires: Editorial ideas gráficas, **2016**, Módulo 1: 81 - 110.
13. Mitchell JH, Haskell W, Snell P, et al. Task Force 8: classification of sports. *J Am Coll Cardiol* **2005**; 45: 1364 - 1367.
14. Del Pino M. Guía para la evaluación del crecimiento físico de la Sociedad Argentina de Pediatría; Cuarta edición, Buenos Aires: Editorial Ideas Gráficas. Revisada agosto **2021**. Capítulo 4, 113 - 118.
15. Setton D, Sosa P. Guías de práctica clínica para la prevención, el diagnóstico y el tratamiento de la obesidad. Comité Nacional de Nutrición. *Arch Argent Pediatr* **2011**; 109: 256 - 266.
16. Lurbe E, Agabiti-Rosei E, Cruickshank JK, et al. 2016 European Society of Hypertension guidelines for the management of high blood pressure in children and adolescents. *J Hypertens* **2016**; 34: 1887 - 1920.
17. Serratos-Fernández L, Pascual-Figal D, Masiá-Mondéjar MD, et al. Grupo de Cardiología del Deporte de la Sociedad Española de Cardiología. Comments on the New International Criteria for Electrocardiographic Interpretation in Athletes. *Rev Esp Cardiol (Engl Ed)* **2017**; 70: 983 - 990.
18. Drezner JA, Sharma S, Baggish A, et al. International criteria for electrocardiographic interpretation in athletes: Consensus statement. *Br J Sports Med* **2017**; 51: 704 - 731.
19. Lopez L, Colan SD, Frommelt PC, et al. Recommendations for quantification methods during the performance of a pediatric echocardiogram: a report from the Pediatric Measurements Writing Group of the American Society of Echocardiography Pediatric and Congenital Heart Disease Council. *J Am Soc Echocardiogr* **2010**; 23: 465 - 495.
20. Hernando A, Oliva Delgado A, Pertegal MA, et al. Diferencias de género en los estilos de vida de los adolescentes. *Psychosocial Intervention* **2013**; 22: 15 - 23.
21. Roman B, Serra-Majem L, Ribas-Barba L, et al. How many children and adolescents in Spain comply with the recommendations on physical activity? *J Sports Med Phys Fitness* **2008**; 48: 380 - 387.
22. Iglesias D. Actualización: Evaluación cardiovascular del deportista. *Evid Act Pract Ambul* **2011**; 14: 106 - 108
23. Halasz G, Cattaneo M, Piepoli M, et al. Early Repolarization in Pediatric Athletes: A Dynamic Electrocardiographic Pattern with Benign Prognosis. *J Am Heart Assoc* **2021**; 10: e020776.
24. McClean G, Riding NR, Ardern CL, et al. Electrical and structural adaptations of the paediatric athlete's heart: a systematic review with meta-analysis. *Br J Sports Med* **2018**; 52: 230.
25. Bessem B, De Bruijn MC, Nieuwland W, et al. The electrocardiographic manifestations of athlete's heart and their association with exercise exposure. *Eur J Sport Sci* **2018**; 18: 587 - 593.
26. Pielies GE, Stuart AG. The adolescent athlete's heart, a miniature adult or grown-up child? *Clin Cardiol* **2020**; 43: 852 - 862.
27. Malina RM, Eisenmann JC, Cumming SP, et al. Maturity-associated variation in the growth and functional capacities of youth football (soccer) players 13-15 years. *Eur J Appl Physiol*. **2004**; 91: 555 - 562.
28. Calò L, Sperandii F, Martino A, et al. Echocardiographic findings in 2261 peri-pubertal athletes with or without inverted T waves at electrocardiogram. *Heart* **2015**; 101: 193 - 200.
29. Vasilias D, Venckūnas T, Marcinkeviciene J, et al. Development of structural cardiac adaptation in basketball players. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil* **2006**; 13: 985 - 989.
30. Zdravkovic M, Milovanovic B, Hinic S, et al. Correlation between ECG changes and early left ventricular remodeling in preadolescent footballers. *Physiol Int* **2017**; 104: 42 - 51.