

# ECG de señal promediada en individuos sanos en edad pediátrica

G. B. FERNANDEZ \*, E. VALERO de PESCE<sup>Δ</sup>, R. PESCE<sup>Δ</sup>

Instituto de Cardiología y Cirugía Cardiovascular e Instituto Universitario de Ciencias Biomédicas, Sección Electrocardiología, Fundación Favalaro, Buenos Aires

\* Para optar a Miembro Titular de la Sociedad Argentina de Cardiología

Trabajo recibido para su publicación: 4/95 Aceptado: 11/95

Dirección para separatas: Solís 453, (1078) Buenos Aires, Argentina

<sup>Δ</sup> Miembro Titular SAC

<sup>°</sup> FACC

## Antecedentes

El electrocardiograma de señal promediada resulta un método útil en la búsqueda de pacientes pediátricos con riesgo de arritmia ventricular severa, tanto en los operados de tetralogía de Fallot como en las demás cardiopatías congénitas cianóticas, agregándose últimamente otras indicaciones del estudio como trasplantes, enfermedad de Duchenne, toxicidad a los citostáticos, etc.

## Material y método

Para establecer criterios de referencia se estudiaron 100 individuos sanos (en grupos de 20) con edades comprendidas entre 1-30 días, 31 días-12 meses, 1-5 años, 6-10 años y 11-15 años. Se compararon entre sí y con 50 adultos voluntarios sanos. Se realizaron los estudios con un equipo ART 1200-EPX promediando 200 complejos QRS. Utilizando filtros de 40 Hz se analizaron en el dominio del tiempo la duración del QRS, la duración de la señal debajo de los 40 mV y la raíz cuadrada media de la suma de los voltajes de los últimos 40 mseg. En el dominio de la frecuencia se usó la ventana de Blackman-Harris, un segmento de 120 mseg que comienza 20 mseg antes del final del QRS y llega hasta 100 mseg dentro del ST. Los componentes de alta frecuencia fueron evaluados en dos relaciones de áreas: 0-20/20-50, 10-50/20-50. Las derivaciones X, Y y Z se estudiaron para el análisis espectral.

## Conclusiones

En el dominio del tiempo se observó que: 1) el QRS mostró un aumento de sus valores con la edad, siendo el mismo estadísticamente significativo entre sí y con respecto al adulto sano ( $p < 0,001$ ). 2) La duración de la señal debajo de los 40 mV fue significativamente menor ( $p < 0,01$ ) en los recién nacidos respecto de los otros cuatro grupos que no mostraron diferencias entre sí. Todos tuvieron valores significativamente menores que los adultos sanos ( $p < 0,001$ ). 3) Los valores de la raíz cuadrada media de la suma de los voltajes de los últimos 40 mseg fueron francamente altos en los recién nacidos con respecto a todos los grupos ( $p < 0,002$ ) y todos los grupos en general comparados con los adultos sanos ( $p < 0,001$ ). En el dominio de la frecuencia, los valores fueron mayores para los grupos de recién nacidos y de 31 días-12 meses, entre los diferentes grupos, no habiendo diferencias estadísticamente significativas, pero sí entre ellos y los adultos, únicamente cuando se empleó una relación de áreas de 0-20/20-50 ( $p < 0,001$ ). El análisis espectral no mostró diferencias entre los distintos grupos ni con el de adultos. REV ARGENT CARDIOL 1996; 64 (5): 473-478.

*Palabras clave* Potenciales tardíos - Muerte súbita - Señal promediada en pediatría

La búsqueda de marcadores de riesgo de muerte súbita en la edad pediátrica presenta aún muchos interrogantes.

La electrocardiografía de alta resolución o ECG de señal promediada (ECG-SP), cuya utilización está más difundida en el adulto, permitiría identificar a

**Tabla 1**  
Valores en el dominio del tiempo

| Edad               | Duración del QRS (mseg) |      |                 | Máx.  | LAS (mseg) |                    | Máx.  | RMS ( $\mu V$ ) |                     |
|--------------------|-------------------------|------|-----------------|-------|------------|--------------------|-------|-----------------|---------------------|
|                    | Máx.                    | Mín. | Media           |       | Mín.       | Media              |       | Mín.            | Media               |
| 1 a 30 días        | 71                      | 47   | 57,7 $\pm$ 6,56 | 27    | 7          | 10,7 $\pm$ 4,45    | 784,0 | 149,3           | 409,42 $\pm$ 156,88 |
| 31 días a 12 meses | 77                      | 47   | 64,8 $\pm$ 6,84 | 31    | 6          | 15,3 $\pm$ 6,45    | 541,5 | 89,3            | 246,80 $\pm$ 128,30 |
| 1 a 5 años         | 96                      | 57   | 72,3 $\pm$ 9,52 | 20    | 9          | 14,5 $\pm$ 3,28    | 704,1 | 44,0            | 247,46 $\pm$ 159,20 |
| 6 a 10 años        | 91                      | 68   | 77,0 $\pm$ 5,89 | 36    | 8          | 16,9 $\pm$ 5,58    | 296,8 | 92,4            | 169,56 $\pm$ 55,08  |
| 11 a 15 años       | 97                      | 68   | 84,0 $\pm$ 6,00 | 299,5 | 33,4       | 123,80 $\pm$ 77,80 |       |                 |                     |
| Adultos sanos      |                         |      | 94,6 $\pm$ 9,2  |       |            | 28,6 $\pm$ 9,10    |       |                 | 54,3 $\pm$ 30,90    |

estos pacientes con una técnica no invasiva. (1-7)

Analizamos los valores normales del ECG-SP en pacientes pediátricos y los comparamos con los de los adultos.

### MATERIAL Y METODO

Se estudiaron 100 niños y adolescentes que concurren a los consultorios externos del Hospital Carlos G. Durand, sin antecedentes personales ni familiares de cardiopatía ni de muerte súbita y con examen físico y electrocardiograma normales. Cada grupo etáreo fue de 20 individuos que se dividieron de acuerdo con su edad en: grupo 1: 1 a 30 días; grupo 2: 31 días a 12 meses; grupo 3: 1 a 5 años; grupo 4: 6 a 10 años; grupo 5: 11 a 15 años.

Se analizó cada grupo y se los comparó entre sí y con 50 adultos sanos (AS) estudiados por los mismos operadores y con igual técnica. (6-8)

Se utilizó un equipo Arrhythmia Research Technology, modelo 1200 EPX. Con el paciente en decúbito dorsal, se registró como mínimo 200 ciclos en ritmo sinusal y en las derivaciones ortogonales bipolares X, Y y Z. Se aceptó una señal de ruido máxima de 0,5 microvoltios medida con filtro de 40 Hz.

El análisis de las señales se realizó en el dominio del tiempo, en el dominio de las frecuencias (por transformación rápida de Fourier-FFT) y por mapeo espectral. (2-4)

En el dominio del tiempo (Figura 1) se promediaron los QRS, que deben ser similares o iguales, se

ampliaron 1.000 veces y se filtraron con un filtro bidireccional de 40 Hz.

Las tres derivaciones se combinaron entre sí y se calculó:

1) El vector magnitud para el QRS =  $\sqrt{(x^2 + y^2 + z^2)}$ , obteniéndose así la duración del QRS expresada en milisegundos.

2) La raíz cuadrada media (RMS-40) de la suma del cuadrado de los voltajes de los últimos 40 milisegundos de las tres derivaciones, expresadas en microvoltios.

3) La duración en milisegundos del vector mayor del complejo QRS, que se encuentra por debajo del nivel de 40 microvoltios (LAS).

El análisis en el dominio de las frecuencias (Figura 2) utiliza la transformada rápida de Fourier (FFT) y un segmento de 120 mseg comenzando 20 mseg antes del final del QRS. (3-5)

Se utilizó la ventana de Blackman-Harris para disminuir la dispersión espectral y dos relaciones de áreas ("áreas ratio") (AR) de I: 0-20/20-50; II: 10-50/20-50.

El mapeo espectral (Figura 3) también utiliza la FFT pero el registro se analiza en las tres derivaciones por separado. Los componentes de frecuencia de 60 segmentos, el primero comenzando 48 mseg después del final del QRS y finalizando 20 mseg dentro del complejo, son multiplicados por la ventana de Blackman-Harris y combinados dentro de un diagrama tridimensional. (3-5) Los factores de normalidad van de 0 a 100%, donde 0 significa gran

**Tabla 2**  
Valores en el dominio de la frecuencia

| Edad               | Máx.   | AR 0-20/20-50 |                   | Máx.   | AR 10-50/20-50 |                    |
|--------------------|--------|---------------|-------------------|--------|----------------|--------------------|
|                    |        | Mín.          | Media             |        | Mín.           | Media              |
| 1 a 30 días        | 337,97 | 33,42         | 117,3 $\pm$ 84,06 | 375,99 | 53,36          | 142,90 $\pm$ 80,33 |
| 31 días a 12 meses | 235,46 | 31,12         | 81,85 $\pm$ 55,86 | 264,45 | 46,95          | 107,05 $\pm$ 59,70 |
| 1 a 5 años         | 109,71 | 35,98         | 62,51 $\pm$ 20,43 | 136,45 | 57,07          | 85,25 $\pm$ 22,17  |
| 6 a 10 años        | 115,52 | 34,51         | 52,32 $\pm$ 21,77 | 133,35 | 54,11          | 74,59 $\pm$ 21,92  |
| 11 a 15 años       | 175,14 | 32,81         | 69,61 $\pm$ 36,66 | 200,53 | 51,88          | 94,04 $\pm$ 72,01  |
| Adultos sanos      |        |               | 188,9 $\pm$ 52,10 |        |                | 79,00 $\pm$ 24,00  |

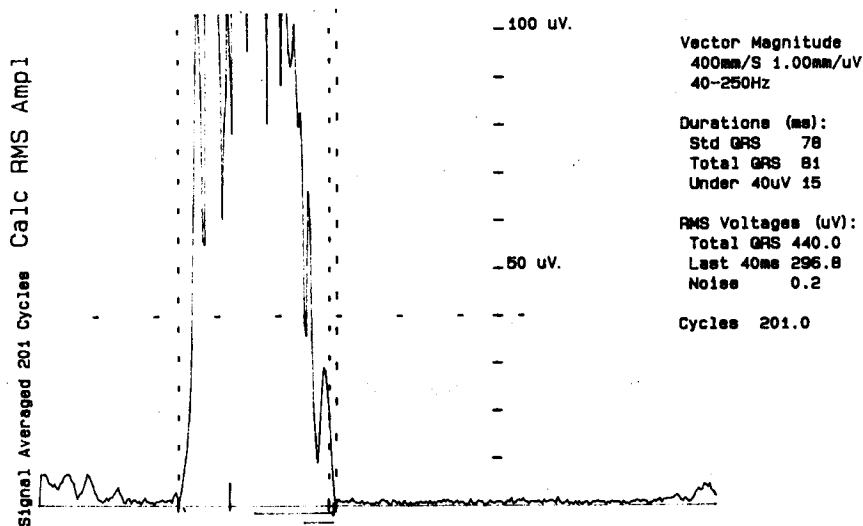


Fig. 1. Ejemplo de señal promediada normal en un niño de 8 años analizada en el dominio del tiempo, con un nivel de ruido de 0,2  $\mu$ V, QRS total de 81 mseg, LAS de 15 mseg y RMS de 296,8  $\mu$ V.

evidencia de potenciales tardíos y 100 su ausencia total.

Se consideró valor máximo de normalidad a los valores promedios obtenidos más un desvío estándar,

excepto para el RMS y el análisis espectral, para los que se tomó el valor promedio menos un desvío estándar (ver Tablas 1, 2 y 3).

Se estableció como criterio de anomalidad la pre-

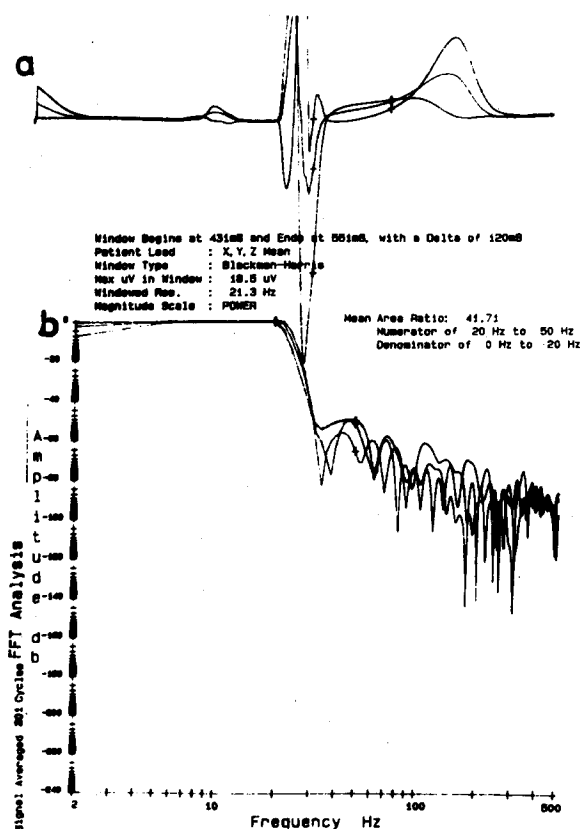


Fig. 2. Análisis por Fourier con una relación de áreas de 20-50/0-20 en un niño de 4 años. a. Se observa el registro superpuesto de las tres derivaciones, X, Y y Z, y con cruces el comienzo y fin del segmento analizado. b. El gráfico en áreas.

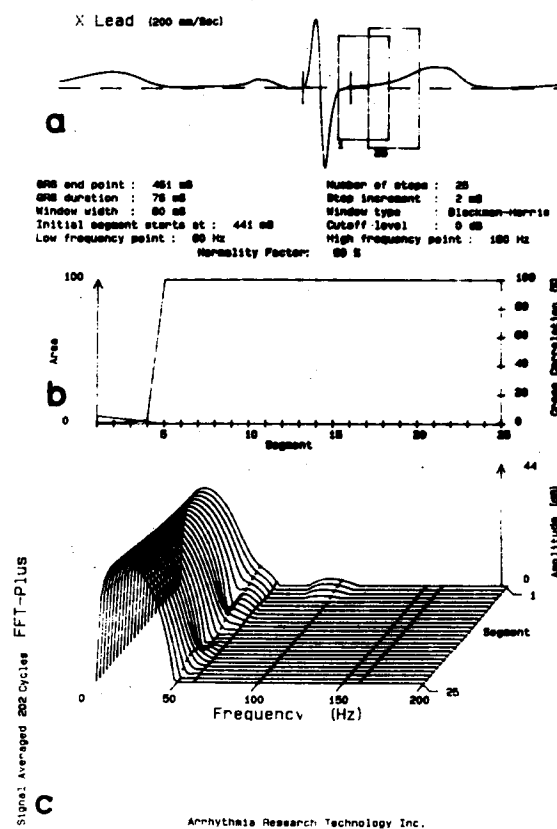


Fig. 3. Análisis espectral de la derivación X de un niño de 1 año. a. Comenzando 48 mseg después del comienzo del QRS, los rectángulos marcan los 60 segmentos analizados. b. Se analiza el segmento de normalidad para el eje, en este caso 90%. c. Se graficaron los segmentos analizados.

Tabla 3  
Valores del análisis espectral

| Edad               | X (%) |      |           | Y (%) |      |           | Z (%) |      |           |
|--------------------|-------|------|-----------|-------|------|-----------|-------|------|-----------|
|                    | Máx.  | Mín. | Media     | Máx.  | Mín. | Media     | Máx.  | Mín. | Media     |
| 1 a 3 días         | 100   | 69   | 94 ± 9,6  | 100   | 67   | 95 ± 9,1  | 100   | 60   | 93 ± 12   |
| 31 días a 12 meses | 100   | 55   | 89 ± 14   | 100   | 64   | 97 ± 9,6  | 100   | 73   | 98 ± 7,2  |
| 1 a 5 años         | 100   | 61   | 96 ± 10   | 100   | 51   | 93 ± 13   | 100   | 44   | 95 ± 15   |
| 6 a 10 años        | 100   | 90   | 98 ± 2,9  | 100   | 82   | 98 ± 5,3  | 100   | 83   | 99 ± 4,2  |
| 11 a 15 años       | 100   | 84   | 98 ± 4    | 100   | 83   | 97 ± 5    | 100   | 88   | 98 ± 4    |
| Adultos sanos      |       |      | 97 ± 6,52 |       |      | 91,2 ± 14 |       |      | 94,3 ± 13 |

sencia de pospotenciales a dos valores anormales en el dominio del tiempo.

### Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó mediante la prueba de Student y el límite de nivel de significación se estableció en  $p < 0,05$ .

### RESULTADOS

Se analizaron los valores máximos, mínimos, promedios y desvío estándar, observándose que:

#### a) En el dominio del tiempo (Tabla 1):

1) El QRS mostró un aumento de sus valores con la edad, siendo el mismo estadísticamente significativo entre los grupos y con respecto a los adultos sanos ( $p < 0,001$ ) (Figura 4).

2) El LAS fue significativamente menor ( $p < 0,001$ ) en los recién nacidos que en los otros cuatro grupos, que no mostraron diferencias significativas entre sí. Todos tuvieron valores significativamente menores que los adultos sanos ( $p < 0,001$ ). Su valor tiende a crecer con la edad (Figura 5).

3) Los valores del RMS fueron más altos en los recién nacidos que en los otros grupos ( $p < 0,002$ ) y en todos los grupos en general comparados con los adultos sanos ( $p < 0,001$ ) (Figura 6).

b) En el dominio de las frecuencias (Tabla 2), los valores hallados fueron mayores en el grupo de re-

cién nacidos y de 31 días a 12 meses; sin embargo no hubo diferencias estadísticas entre los grupos en las dos relaciones de áreas. Únicamente cuando se empleó una relación de áreas de 0-20/20-50 se obtuvo una diferencia estadísticamente significativa entre los grupos de niños y los adultos sanos ( $p < 0,001$ ).

c) El análisis espectral (Tabla 3), no mostró diferencias entre los distintos grupos ni con los adultos.

De acuerdo con el criterio utilizado para considerar patológico un estudio, se tuvo un 10% de positivos en los grupos 1, 2, 3 y 4 y del 5% en el grupo 5.

### DISCUSION

Con el ECG de señal promediada se trata de identificar potenciales en el final del complejo QRS y el comienzo del segmento ST, llamados potenciales ventriculares tardíos (PVT), que se originan en zonas de tejido eléctricamente anormales y son un punto de partida posible de arritmias ventriculares malignas.

Estos potenciales, por ser de muy baja amplitud ( $< 1\mu V$ ) y de alta frecuencia ( $> 25$  Hz) no son detectados por el ECG convencional.

En los niños se utiliza esta técnica para identificar la posibilidad de taquicardia ventricular sostenida en pacientes con cirugía correctiva de la tetralogía de Fallot, (9-11) rechazo cardíaco postrasplante, (12) enfermedad de Duchenne, (13-15) toxicidad por citostáticos, (16) miocardiopatía dilatada e hi-

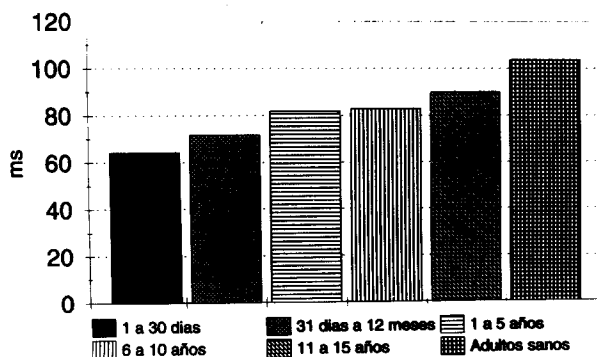


Fig. 4. Duración del complejo QRS. Los valores graficados son el promedio más un desvío estándar.

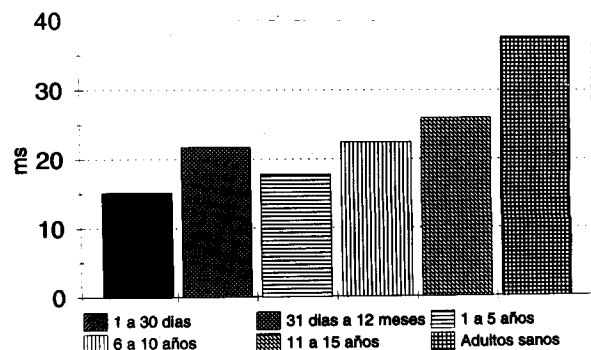


Fig. 5. Duración del LAS. Los valores graficados son el promedio más un desvío estándar.

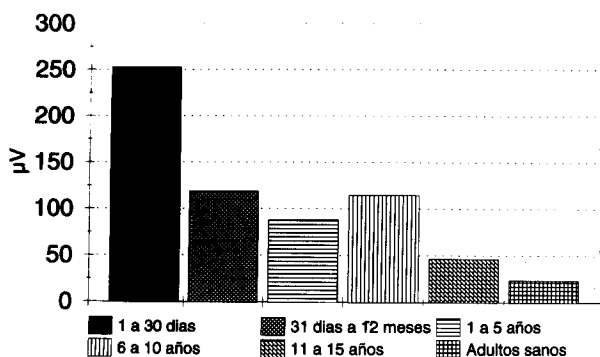


Fig. 6. Valor del RMS. Los valores graficados son el promedio más un desvío estándar.

pertrófica, (17) síncope, (18, 19) o en tratamientos con drogas antiarrítmicas. (20) En la actualidad, sus indicaciones se han extendido a la cirugía correctora de todas las cardiopatías congénitas cianóticas, (21-24) así como a patologías que pueden complicarse con isquemia miocárdica como el síndrome de Kawasaki.

Es difícil lograr un nivel de ruido bajo en esta población, pero es necesario para no obtener resultados falsos, pues el ruido puede enmascarar PVT de baja amplitud. Un gran número de estudios se tuvo que repetir varias veces, especialmente en los lactantes por su falta de colaboración y en el grupo 4 por falta de relajación muscular. Finalmente, el nivel promedio de ruido obtenido fue  $< 0,5 \mu V$ , inferior al sugerido por el grupo de tareas que fijó  $0,7 \mu V$  como límite. (25)

De los resultados obtenidos en el dominio del tiempo se puede decir que el incremento de la duración del QRS total y del LAS con la edad era esperable conociendo la evolución del ECG convencional en la infancia. Esta tendencia, así como la disminución del RMS, también fueron halladas por otros autores. (26, 27)

Donde se tuvo mayor dispersión de datos fue en el análisis de área y coincide con la bibliografía, (3-5) dado que los criterios de normalidad aún no están unificados y son más difíciles de establecer. Teniendo en cuenta que los pacientes con bloqueo de rama presentan prolongación del QRS, en ellos se utiliza el análisis en el dominio de las frecuencias, cobrando mayor importancia los valores antes mencionados. (28)

El análisis espectral no mostró grandes variantes ni difirió de lo encontrado en los adultos.

Considerando que los pacientes con potenciales tardíos y riesgo de muerte súbita pueden ser detectados con este estudio no invasivo, se consideró importante contar con valores de referencia en la edad pediátrica.

## SUMMARY

### SIGNAL AVERAGE ECG IN HEALTHY CHILDREN

#### Background

The signal average electrocardiogram is a useful method to identify children in risk of severe ventricular arrhythmia, either with surgically repaired Fallot tetralogy or another congenital cyanotic heart diseases. Most recently, other indications of this study appeared, such as transplants, Duchenne disease, cytostatic cardiotoxicity, etc.

#### Method

To establish criteria of normality, 100 healthy children were studied, in groups of 20 with ages between 1-30 days, 31-days-12 months, 1-5 years, 6-10 years and 11-15 years. These groups were compared between them and with 50 healthy volunteers adults. The studies were done with an ART 1200-EPX equipment, averaging 200 QRS complexes. Using 5 to 250 Hz passband filters, the duration of the QRS, the length of the signal below 40 mV and the root mean square of the add of the voltages of the last 40 msec were analyzed in the time domain. In the frequency domain was used the Blackman-Harris window, involving a segment of 120 msec beginning 20 msec before the end of the QRS complex, and up to 100 msec of the ST. The high frequency components were evaluated in two areas ratio: 0-20/20-50 and 10-50/20-50. The leads X, Y, and Z were studied for spectral analysis.

#### Conclusions

In the time domain it was observed that: 1) QRS complex showed an increment of duration with age, the difference being statistically significant between age groups and in relation to healthy adults ( $p < 0.001$ ). 2) The length of the signal below 40 mV was significantly lower ( $p < 0.01$ ) in the newborn, related to the other four groups, which didn't show differences between them. All of them had significantly lower values than healthy adults ( $p < 0.001$ ). 3) The root mean square values were significantly higher in the newborn compared with children of other groups ( $p < 0.002$ ). It was also higher in all children groups compared with healthy adults ( $p < 0.001$ ). In the frequency domain, the values were higher in the groups of newborn children and in the group of 31 day to 12 months, with no statistically significant difference between the different groups. We found a significant difference between all children groups and adults, only when the area ratio used was 0-20/20-50 ( $p < 0.001$ ). The spectral analysis did not show differences be-

tween age groups, but we found differences between the children groups and the adults, only when the area ratio used was 0-20/20-50 ( $< 0.001$ ). The spectral analysis did not show differences between the age groups and the adults.

**Key words** Signal average ECG - Healthy children

#### BIBLIOGRAFIA

- Denes P, Santarelli P, Hauser R, Uretz E. Quantitative analysis of the high-frequency components of the terminal portion of the body surface QRS in normal subjects and in patients with ventricular tachycardia. *Circulation* 1983; 67: 1129-1138.
- Lander P, Berbari E. Principles and signal processing techniques of the high-resolution electrocardiogram. *Progress Cardiovasc Dis* 1992; 35: 169-188.
- Cain M, Dieter Ambos H, Lindsay B, Martin AR. Contributions of frequency analysis to the identification of the spectral, temporal, and spatial features in signal-averaged electrocardiograms that distinguish patients prone to sustained ventricular arrhythmias. *Progress Cardiovasc Dis* 1992; 35: 189-212.
- Simson MB. Signal-averaged electrocardiography. *En: Zipes DP, Jalife J (eds). Cardiac electrophysiology, from cell to bedside. Philadelphia, WB Saunders Co, 1990; 807-816.*
- Cain ME, Lindsay BD, Arthur RM, Markham J, Ambos HD. Noninvasive detection of patients prone to life-threatening ventricular arrhythmias by frequency analysis of electrocardiographic signals. *En: Zipes DP, Jalife J (eds). Cardiac electrophysiology, from cell to bedside. Philadelphia, WB Saunders Co, 1990; 817-831.*
- Valero de Pesce E, González JL, Jagodnik D, Szyglic E, Pesce R. Electrocardiografía de alta resolución: Valores en individuos normales. *Rev Argent Cardiol* 1992; 60: 85-90.
- Madoery C, Guindo J, Madoery R, Camera M. Electrocardiografía de señal promediada. Un nuevo método para identificar pacientes con riesgo de taquicardia ventricular o muerte súbita. *Rev Fed Arg Cardiol* 1992; 21: 123-134.
- González JL, Madoery C, Szyglic E, Jagodnik D, Valero E, Pesce R. ECG de señal promediada: análisis en fases en voluntarios sanos. *Rev Argent Cardiol* 1992; Resúmenes del XIX Congreso Argentino de Cardiología: 27.
- Danford D, Garson A. Abnormal conduction related to ventricular dysrhythmia by signal averaged electrocardiography in postoperative Tetralogy of Fallot. *Circulation* 1984; Abstracts of the 57th Scientific Sessions, II-207.
- Zimmerman M, Friedli B, Adamec R, Oberhänsli I. Frequency of ventricular late potentials and fractionated right ventricular electrograms after operative repair of Tetralogy of Fallot. *Am J Cardiol* 1987; 59: 448-453.
- Zimmermann M, Friedli B, Adamec R, Oberhänsli I. Ventricular late potentials and induced ventricular arrhythmias after surgical repair of Tetralogy of Fallot. *Am J Cardiol* 1991; 67: 873-878.
- Madoery C, Perrone S, Pesce R, González JL, Jagodnik D, Szyglic E y col. Valor de la electrocardiografía de alta resolución en el diagnóstico de rechazo en pacientes con trasplante cardíaco. *Rev Argent Cardiol* 1992; Resúmenes del XIX Congreso Argentino de Cardiología: 47.
- Yotsukura M, Ishizuka T, Shimada T, Ishikawa K. Late potentials in progressive muscular dystrophy of the Duchenne type. *Am Heart J* 1991; 121: 1137.
- Kubo M, Matsuoka S, Hayabuchi Y, Akita H, Matsuoka Y, Kuroda Y. Abnormal signal-averaged electrocardiogram in patients with Duchenne muscular dystrophy: comparison of time and frequency domain analyses from the signal-averaged electrocardiogram. *Clin Cardiol* 1993; 16 (10): 723-728.
- Kubo M, Matsuoka S, Taguchi Y, Akita H, Kuroda Y. Clinical significance of late potentials in patients with Duchenne muscular dystrophy. *Pediatr Cardiol* 1993; 14 (4): 214-219.
- Tamminga RY, Bink-Boelkens MT, Kievit J. Ventricular late potentials: another expression of cardiotoxicity of cytostatic drugs in children. *Int J Cardiol* 1992; 36: 283-288.
- Daikoku S, Ohe T, Nagata S, Aihara N, Schimomura K. Clinical significance of late potentials in patients with dilated cardiomyopathy. *J Am Coll Cardiol* 1991; 17: 98.
- Gang E, Peter T, Rosenthal M, Mandel W, Lass Y. Detection of late potentials on the surface electrocardiogram in unexplained syncope. *Am J Cardiol* 1986; 58: 1014-1020.
- Kuchar D, Thorburn Ch, Sammel N. Signal-averaged electrocardiogram for evaluation of recurrent syncope. *Am J Cardiol* 1986; 58: 949-953.
- Dennis AR, Ross DL, Cody DV, Ho B, Russell PA, Young AA. Effect of antiarrhythmic therapy on delayed potentials in patients with ventricular tachycardia. *J Am Coll Cardiol* 1984; 3: 495.
- Stelling J, Danford D, Kugler J, Windle J, Cheatham J, Gumbiner C y col. Late potentials and inducible ventricular tachycardia in surgically repaired congenital heart disease. *Circulation* 1990; 82: 1690-1696.
- Matsuoka S, Akita H, Taguchi Y, Kubo M, Kitagawa T, Miki O y col. Clinical significance of late potentials in patients after intracardiac operation for congenital heart disease. *Jpn-Circ-J* 1992; 56: 641-648.
- Akita H, Matsuoka S, Taguchi Y, Kubo M, Kuroda Y. Frequency domain analysis of signal-averaged electrocardiogram in patients with right bundle branch following repair of congenital heart disease. *Koyko-to-Junkan* 1993; 41 (7): 641-645.
- Akita H, Matsuoka S, Taguchi Y, Kubo M, Kuroda Y. Usefulness of the signal-averaged electrocardiogram for evaluating the block site of right bundle branch block following surgical correction of a congenital heart disease. *Jpn-Heart-J* 1993; 34 (2): 183-192.
- ACC Policy Statement. Standards for analysis of ventricular late potentials using high-resolution or signal-averaged electrocardiography: a statement by a Task Force Committee of the European Society of Cardiology, The American Heart Association, and the American College of Cardiology. *J Am Coll Cardiol* 1991; 17: 999-10006.
- Danford DA, Stelling JA, Kugler JD, Cheatham JP, Latson LA, Gumbiner Ch y col. Signal-averaged electrocardiography of the terminal QRS in healthy young adults. *PACE* 1989; 12 (11): 1712-1716.
- Tsuchida A, Oka R. Variance of signal-averaged electrocardiographic parameters with age in normal children. *J Cardiol* 1991; 21 (4): 1049-1057.
- Lindsay B, Markham J, Schechtman K, Dieter Ambos H, Cain M. Identification of patients with sustained ventricular tachycardia by frequency analysis of signal-averaged electrocardiograms despite the presence of bundle branch block. *Circulation* 1988; 77: 122-130.