

Desnutrición e intervalos PR, QRS y QT en pacientes en diálisis

Shinkichi Taniguchi^{1*}, Masanori Shibata² y Kojiro Nagai³

¹Departamento de Dermatología, Universidad Medica de la Prefectura de Wakayama; ²Departamento de Diálisis, Hospital Rehabilitación de Koujukai; ³Departamento de Nefrología, Hospital Central de la Prefectura de Shizuoka. Japón

Resumen

Introducción/Objetivo: Las alteraciones electrocardiográficas son frecuentes en los pacientes en hemodiálisis y con desnutrición. **Material y métodos:** Se realizó un estudio retrospectivo en pacientes que recibieron hemodiálisis para describir las alteraciones electrocardiográficas relacionadas con el estado nutricional, mediante impedancia bioeléctrica. **Resultados:** Doscientos veinticuatro pacientes, 144 hombres y 80 mujeres, de 72.2 ± 0.8 años, 117 diabéticos y 107 no diabéticos, con una duración del tratamiento dialítico de 81.2 ± 4.6 meses. Los hallazgos electrocardiográficos consistieron en prolongación de los intervalos PR, QRS y QTc, los cuales aparecieron en el 30.7%, el 17.4% y el 62.1%, respectivamente; los límites superiores se establecieron en 0.20, 0.12 y 0.44 segundos. El segmento PR fue más largo en los hombres, 0.191 ± 0.003 y 0.181 ± 0.004 segundos ($p < 0.05$), pero no hubo diferencia en presencia de diabetes. El QRS fue más largo en presencia de diabetes, 0.110 ± 0.002 y 0.104 ± 0.001 segundos ($p < 0.05$). El QTc fue más largo en las mujeres, 0.461 ± 0.004 y 0.445 ± 0.003 segundos ($p < 0.001$), y en los diabéticos, 0.457 ± 0.003 y 0.445 ± 0.003 segundos ($p < 0.01$). Los intervalos PR y QRS no tuvieron correlación con los datos bioquímicos; el QTc se correlacionó inversamente con los niveles de creatinina y albumina ($p < 0.001$ y $p < 0.001$, respectivamente) y positivamente con la $\beta 2$ -microglobulina ($p < 0.005$), el índice de masa corporal y el índice de riesgo nutricional geriátrico ($p < 0.005$ y $p < 0.001$, respectivamente). El QTc se correlacionó inversamente con el agua corporal total, el agua intracelular, la masa libre de grasa y la masa muscular ($p < 0.01$, $p < 0.005$, $p < 0.005$ y $p < 0.01$, respectivamente). El segmento PR tuvo correlación inversa con el agua intracelular y positiva con la proporción de edema ($p < 0.01$ y $p < 0.05$, respectivamente). El segmento QRS no tuvo correlación con los resultados de bioimpedancia. **Conclusiones:** La prolongación del intervalo QTc tiene estrecha correlación con la desnutrición y la hemodiálisis.

Palabras clave: Insuficiencia renal crónica. Diálisis. Desnutrición. Prolongación del QT. Análisis de impedancia bioeléctrica.

Malnutrition and intervals PR, QRS, and QT in dialysis patients

Abstract

Introduction/Objective: Electrocardiographic abnormalities are common in patients with hemodialysis and malnutrition. **Material and methods:** A retrospective study was performed in patients receiving hemodialysis, to describe the electrocardiographic alterations related to nutritional status, using bioelectrical impedance. **Results:** Two hundred twenty-four patients, 144 men and 80 women, 72.2 ± 0.8 years of age, 117 diabetics and 107 non-diabetics, and duration of dialysis treatment 81.2 ± 4.6 months. The electrocardiographic findings consisted of prolongation of the PR, QRS, and QTc intervals, which appeared in 30.7%, 17.4% and 62.1%, respectively; the upper limits were set at 0.20, 0.12 and 0.44 seconds. The PR segment was

*Correspondencia:

Shinkichi Taniguchi
E-mail: moi46meme@yahoo.co.jp

Fecha de recepción: 10-12-2024
Fecha de aceptación: 07-03-2025
DOI: 10.24875/NFM.M25000008

Disponible en línea: 01-07-2025
Nef. Mex. 2025;46(2):67-74

www.revistanefrologiamexicana.com

0187-7801 / © 2025 Colegio de Nefrólogos de México AC. Publicado por Permanyer. Éste es un artículo *open access* bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

longer in men 0.191 ± 0.003 and 0.181 ± 0.004 seconds ($p < 0.05$), but there was no difference in the presence of diabetes. The QRS was longer in the presence of diabetes, 0.110 ± 0.002 and 0.104 ± 0.001 seconds ($p < 0.05$). The QTc was longer in women, 0.461 ± 0.004 and 0.445 ± 0.003 ($p < 0.001$), and in diabetics, 0.457 ± 0.003 and 0.445 ± 0.003 seconds ($p < 0.01$). PR and QRS intervals were not correlated with biochemical data, QTc was inversely correlated with creatinine and albumin levels ($p < 0.001$ and $p < 0.001$, respectively) and positively correlated with β 2-microglobulin ($p < 0.005$), body mass index and geriatric nutritional risk index ($p < 0.005$ and $p < 0.001$, respectively). QTc was inversely correlated with total body water, intracellular water, fat-free mass and muscle mass ($p < 0.01$, $p < 0.005$, $p < 0.005$ and $p < 0.01$, respectively). PR segment was inversely correlated with intracellular water and positively correlated with edema proportion ($p < 0.01$ and $p < 0.05$, respectively). QRS segment was not correlated with bioimpedance results. **Conclusions:** QTc interval prolongation has a close correlation with malnutrition and hemodialysis.

Keywords: Chronic renal failure. Dialysis. Malnutrition. QT prolongation. Bioelectrical impedance analysis.

Introducción

Las enfermedades del corazón son la principal causa de muerte en los pacientes con diálisis^{1,2}, e incluyen una cierta proporción de muerte súbita por arritmias³⁻⁶. Aparecen diferentes tipos de arritmias como hallazgo fortuito en el electrocardiograma (ECG), lo cual se atribuye al propio tratamiento derivado de los cambios en el volumen de sangre circulante y los niveles séricos de electrolitos. La prolongación del intervalo QT es muy frecuente; aparece en el 39-66% de todos los casos⁶⁻¹¹. Este hallazgo debe enfatizarse en su correlación posible con la muerte súbita por arritmias ventriculares peligrosas^{12,13}. Las prolongaciones del intervalo PR y el ancho QRS también aparecen en pequeñas proporciones¹⁴⁻¹⁶. Por otro lado, la desnutrición es un factor importante que puede determinar el pronóstico de los pacientes en diálisis¹⁷⁻¹⁹, y constituye uno de los tres signos del síndrome de malnutrición, inflamación y aterosclerosis²⁰⁻²³. Previamente hemos informado sobre la correlación entre la prolongación del intervalo QT y la desnutrición²⁴, y en este artículo reportamos más sobre las correlaciones del estado nutricional, no solo con el intervalo QT, sino también con PR y QRS, en pacientes con diálisis.

Método

Diseño del estudio

Retrospectivo, analítico, en pacientes con enfermedad renal crónica tratados con hemodiálisis en el Hospital de Rehabilitación de Koujukai, en Japón.

Criterios de inclusión

Pacientes en hemodiálisis crónica, con ECG de 12 derivaciones que mostrara ritmo sinusal y que aceptaron la realización de bioimpedancia eléctrica.

Criterios de no inclusión

Pacientes con marcapasos, ingesta de agentes antialérgicos, antiarrítmicos, digital o neurolépticos; con potasio sérico < 3.5 mEq/l o calcio < 8.4 mg/dl; o con intervalos PR difíciles de determinar por onda P plana.

ECG e intervalos PR, QRS y QTc

Los intervalos PR, QRS y QT se evaluaron con ECG de reposo de 12 derivaciones, realizado después del tratamiento dialítico. Los intervalos PR y QRS se determinaron por el analizador automático FCP 8321 (Fukuda Denshi, Tokio, Japón), con valores medios de todos los latidos cardiacos. El QT corregido (QTc) se calculó con el mismo analizador y se consideraron intervalos prolongados las mediciones de $PR > 0.20$, $QRS > 0.12$ y $QTc > 0.44$ segundos.

Medición de albúmina, otros hallazgos de laboratorio y evaluación nutricional

Las concentraciones séricas de albúmina y otros datos bioquímicos generales se determinaron mediante los métodos habituales, incluyendo β 2-microglobulina. El índice de riesgo nutricional geriátrico (GNRI, *Geriatric Nutritional Risk Index*) se calculó con la siguiente fórmula: $GNRI = [14.89 \times \text{albúmina (g/dl)}] + [41.7 \times (\text{peso del paciente/peso corporal ideal})]$; sin embargo, el peso del paciente dividido por el peso corporal ideal se fijó en 1.00 cuando el peso del paciente excedía el peso ideal.

Análisis de la composición corporal

Se realizó bioimpedancia eléctrica justo al término de la sesión, en posición supina, con el aparato MLT-550N (SK Medical, Shiga, Japón), que tomó medidas

a 140 frecuencias diferentes en rango de 2.5 a 350 KHz de manera simultánea. Todas las evaluaciones se realizaron utilizando cuatro electrodos estándar de superficie en la mano y en el pie, con las piernas separadas y los brazos sin tocar el cuerpo. Además del índice de masa corporal (IMC), por este método son medibles el agua corporal total (ACT), el agua intracelular (AIC), el agua extracelular (AEC), la masa libre de grasa (MLG), la grasa corporal (GC), la masa muscular (MM) y la proporción de edema (PE). Todos los datos se obtuvieron de manera numérica. Para la comparación, la MLG, la GC y la MM se examinaron usando los valores divididos por unidad de superficie (kg/m^2), y el ACT, el AIC y el AEC se examinaron usando los valores divididos por la MLG (%). La PE se determinó como AEC/ACT , en porcentaje.

Estado nutricional

Se utilizaron los métodos convencionales, el GNRI, el IMC y datos de laboratorio, así como el análisis de la composición corporal por el método de la impedancia bioeléctrica.

Análisis estadístico

Se aplicó la prueba t de Welch y se estableció como significancia un valor de $p < 0.05$.

Aspectos éticos

Este estudio se realizó éticamente de acuerdo con la Declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial. Los procedimientos del estudio fueron revisados y aprobados por el Comité Ético del Hospital de Rehabilitación Koujukai; número de aprobación: 03-01.

Resultados

Se incluyeron 224 pacientes, de los cuales 144 eran hombres y 80 mujeres, con una edad de 72.2 ± 0.8 años, 117 diabéticos y 107 no diabéticos (63 con glomerulonefritis crónica, 36 con nefrosclerosis, 3 con pielonefritis crónica y 5 con poliquistosis renal), y permanencia en hemodiálisis de 81.2 ± 4.6 meses. Las prolongaciones de QRS y QTc aparecieron en el 17.4% y el 62.1%, respectivamente. La prolongación del intervalo PR apareció en el 30.7%. La frecuencia de prolongación del QTc fue el hallazgo más frecuente, seguido del PR (Tabla 1 y Fig. 1).

Tabla 1. Frecuencia de la prolongación de los diferentes intervalos

PR > = 0.20 seg	QRS > = 0.12 seg	QTc > = 0.44 seg
30.7% (66/215)	17.4% (39/224)	62.1% (139/224)

Tabla 2. Frecuencia de la prolongación de los intervalos según el sexo y la presencia de diabetes

	PR (seg)	QRS (seg)	QTc (seg)
Hombres	0.191 ± 0.003	0.108 ± 0.002	0.445 ± 0.003
Mujeres	0.181 ± 0.004	0.106 ± 0.002	0.461 ± 0.004
p	< 0.05		< 0.001
Diabéticos	0.189 ± 0.003	0.110 ± 0.002	0.457 ± 0.003
No diabéticos	0.186 ± 0.004	0.104 ± 0.001	0.445 ± 0.003
p		< 0.05	< 0.01

El valor promedio del intervalo QTc fue de 0.451 ± 0.002 segundos. Las mujeres tuvieron un intervalo más prolongado que los hombres, 0.461 ± 0.004 y 0.445 ± 0.003 segundos, respectivamente ($p < 0.001$), y los pacientes diabéticos más que los no diabéticos, 0.457 ± 0.003 y 0.445 ± 0.003 segundos, respectivamente ($p < 0.01$). El intervalo PR fue más largo en los hombres que en las mujeres, 0.191 ± 0.003 y 0.181 ± 0.004 segundos ($p < 0.05$), sin diferencia con o sin diabetes, 0.189 ± 0.003 y 0.186 ± 0.004 segundos. El segmento QRS fue más largo en los pacientes diabéticos que en los no diabéticos, 0.110 ± 0.002 y 0.104 ± 0.001 segundos ($p < 0.05$), sin diferencia de sexo, 0.108 ± 0.002 segundos en hombres y 0.106 ± 0.002 segundos en mujeres (Tabla 2).

El intervalo QTc se correlacionó inversamente con el nivel de creatinina ($p < 0.0001$), pero no así con el nitrógeno ureico y el ácido úrico (Fig. 1). El intervalo QTc se correlacionó positivamente con la $\beta 2$ -microglobulina ($p < 0.005$) y no tuvo correlación con el colesterol total, el colesterol unido a lipoproteínas de baja densidad (LDL), el colesterol unido a lipoproteínas de alta densidad (HDL) ni los triglicéridos (Fig. 2). Los intervalos PR y QRS no se correlacionaron con la creatinina, el nitrógeno ureico, el ácido úrico, el colesterol total, el colesterol LDL ni el colesterol HDL. El intervalo QTc se correlacionó inversamente con la albúmina ($p < 0.001$) y con el GNRI (Tabla 3 y Fig. 3). La composición corporal y el intervalo QTc se correlacionaron

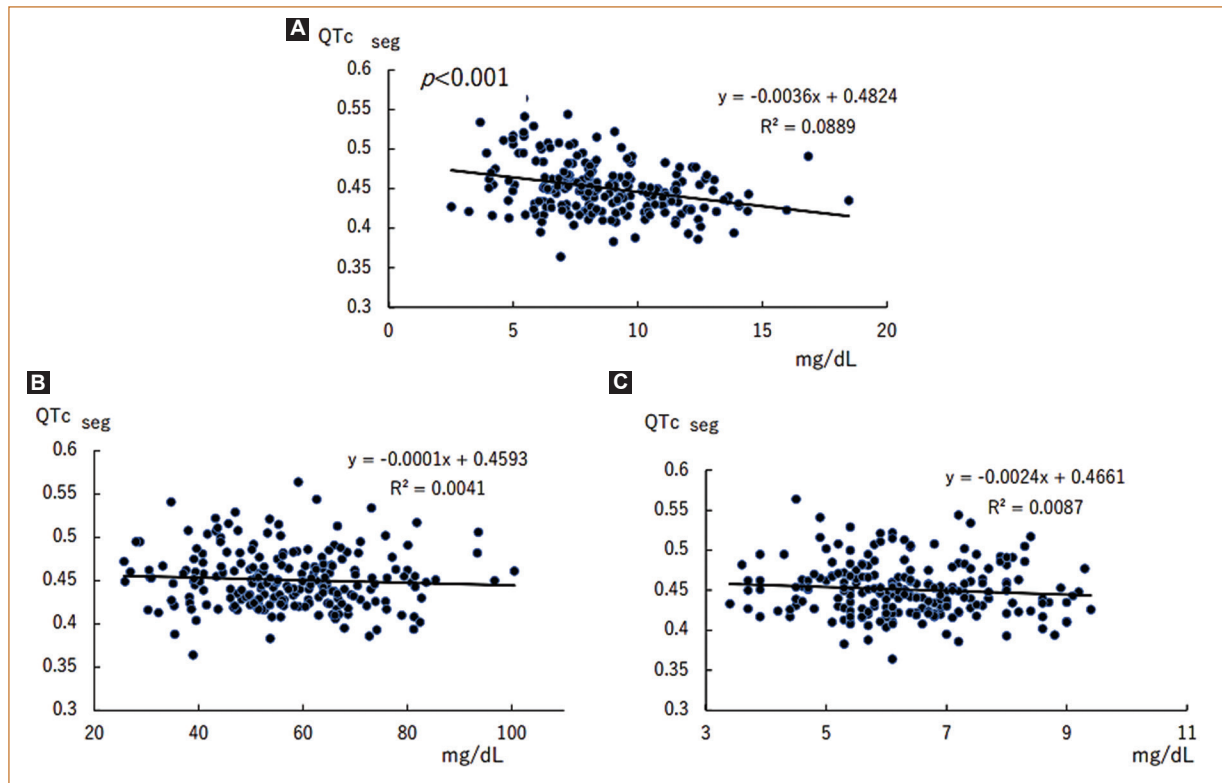


Figura 1. Correlación del intervalo QT con los niveles séricos de creatinina (A), nitrógeno ureico (B) y ácido úrico (C) (n = 224).

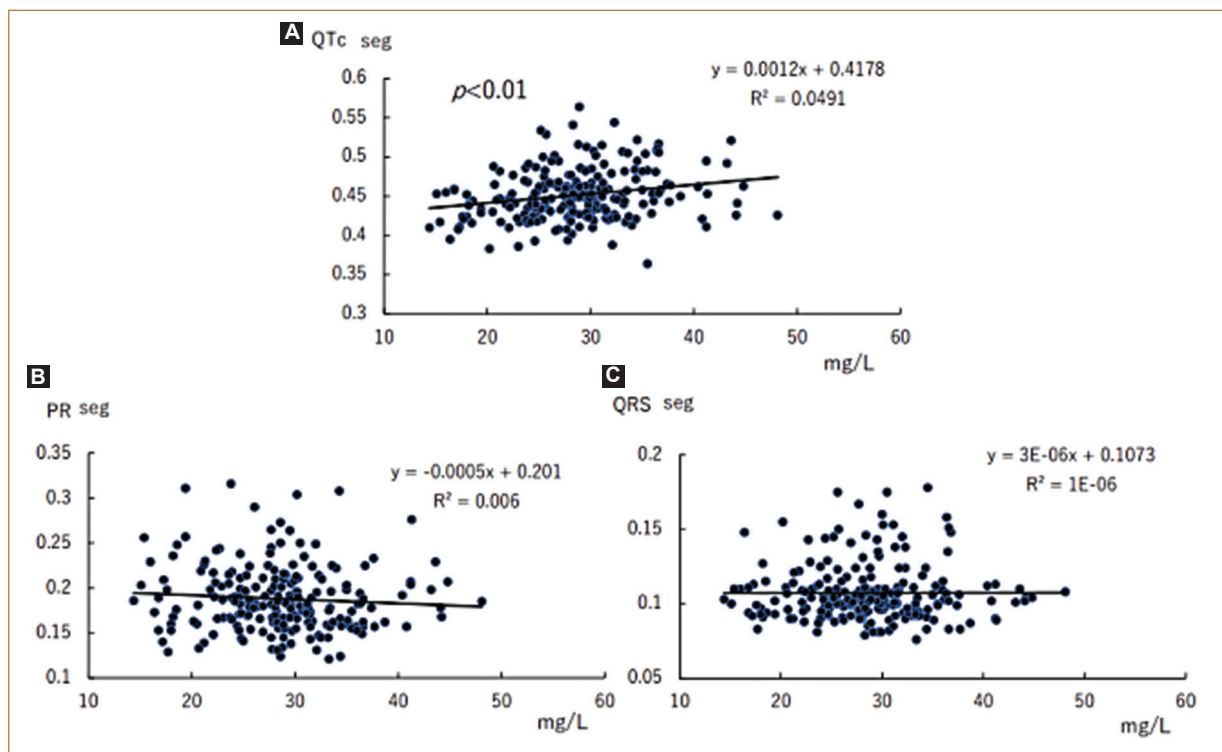


Figura 2. Correlaciones entre el nivel sérico de $\beta 2$ -microglobulina y los intervalos QT (A), PR (B) y QRS (C) (n= 224).

inversamente con el IMC ($p < 0.005$), el porcentaje de ACT ($p < 0.01$), el porcentaje de AIC ($p < 0.005$), la MLG ($p < 0.005$) y la MM ($p < 0.01$) (Tabla 4 y Fig. 4).

Discusión

La prolongación del intervalo QT es una complicación frecuente en los pacientes con diálisis, que ocurre en el 39-66%⁶⁻¹¹. La prolongación del intervalo PR también es frecuente, casi en el 30%¹⁴⁻¹⁶. Estas alteraciones deben ser atendidas de manera prioritaria debido al riesgo de desarrollar arritmias peligrosas, como fibrilación o taquicardia ventriculares^{12,13}. Hemos reportado que la prolongación del intervalo QT tiene una correlación inversa con el estado nutricional en los pacientes con diálisis, así como una relación con los niveles séricos de albúmina y creatinina, con el GNRI y con el IMC. En otras palabras, cuanto peor es el estado nutricional, más largo es el intervalo QT²¹.

Recientemente, el análisis de bioimpedancia eléctrica se ha extendido al sitio clínico del tratamiento dialítico. Este método permite cuantificar la distribución del agua corporal en tiempo real y proporcionar un indicador de mayor precisión en el cálculo del llamado «peso seco»^{25,26}. Otra aplicación de este método se ha extendido para evaluar el estado nutricional, ya que se pueden identificar la distribución del agua y los factores que la alteran, el ACT, el AIC, el AEC, la GC, la MLG, la MM y la PE. La disminución de la masa celular se correlaciona de manera directa con la disminución del ACT y del AIC. Los músculos son el mayor reservorio de agua, y el concepto de MLG también sugiere la masa celular. Cuanto menores son el ACT, el AIC, la MLG y la MM, más largo es el intervalo QT²⁷⁻³¹. Hemos

informado cómo el intervalo QT se correlaciona inversamente con el IMC, con el GNRI y con los niveles séricos de creatinina y albúmina y otros índices nutricionales²⁴. El intervalo PR solo se correlacionó con dos factores adquiridos por el análisis de bioimpedancia, el AIC y la PE, lo que también indica una correlación inversa con el estado nutricional. En contraste, el ancho QRS no tiene ninguna correlación con los índices nutricionales. Explicando los hallazgos de los segmentos PR, QRS y QT, el intervalo PR representa el tiempo que tarda la corriente eléctrica en pasar desde el nodo

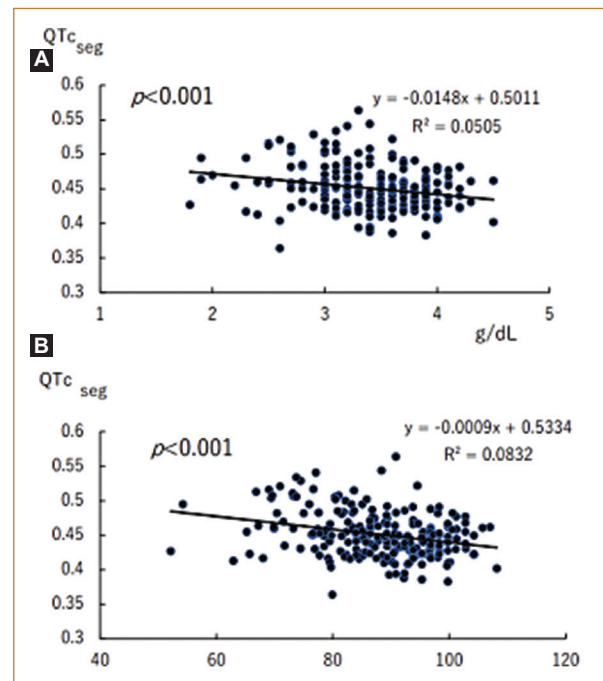


Figura 3. Correlación del intervalo QT con el nivel sérico de albúmina (A) y el índice de riesgo nutricional geriátrico (B) (n = 224).

Tabla 3. Correlación de los diferentes intervalos con variables bioquímicas

	Total	PR (seg)		QRS (seg)		QTc (seg)	
		< 0.20	> = 0.20	< 0.12	> = 0.12	< 0.44	> = 0.44
Alb (g/dl)	3.4 ± 0.0	3.4 ± 0.0	3.3 ± 0.1	3.4 ± 0.0	3.4 ± 0.1	3.5 ± 0.1	3.3 ± 0.0*
Cr (mg/dl)	8.7 ± 0.2	9.0 ± 0.2	7.9 ± 0.3**	8.7 ± 0.2	8.4 ± 0.4	9.3 ± 0.3	8.3 ± 0.2**
BUN (mg/dl)	56.9 ± 0.1	56.6 ± 1.2	56.1 ± 1.7	56.1 ± 1.0	60.3 ± 2.3	57.3 ± 1.4	56.6 ± 1.3
UA (mg/dl)	6.3 ± 0.1	6.4 ± 0.1	6.3 ± 0.2	6.3 ± 0.1	6.3 ± 0.2	6.4 ± 0.1	6.3 ± 0.1
β2MG (mg/L)	28.5 ± 0.4	28.9 ± 0.5	27.8 ± 0.8	28.6 ± 0.5	28.2 ± 0.8	27.2 ± 0.7	29.4 ± 0.5*
BMI	20.7 ± 0.3	20.8 ± 0.3	20.5 ± 0.5	20.7 ± 0.3	20.8 ± 0.6	21.1 ± 0.4	20.4 ± 0.3
GNRI	88.0 ± 0.7	88.8 ± 0.8	86.2 ± 1.3	88.1 ± 0.7	87.8 ± 1.7	90.1 ± 1.0	86.8 ± 0.8*

* $p < 0.05$.

** $p < 0.01$.

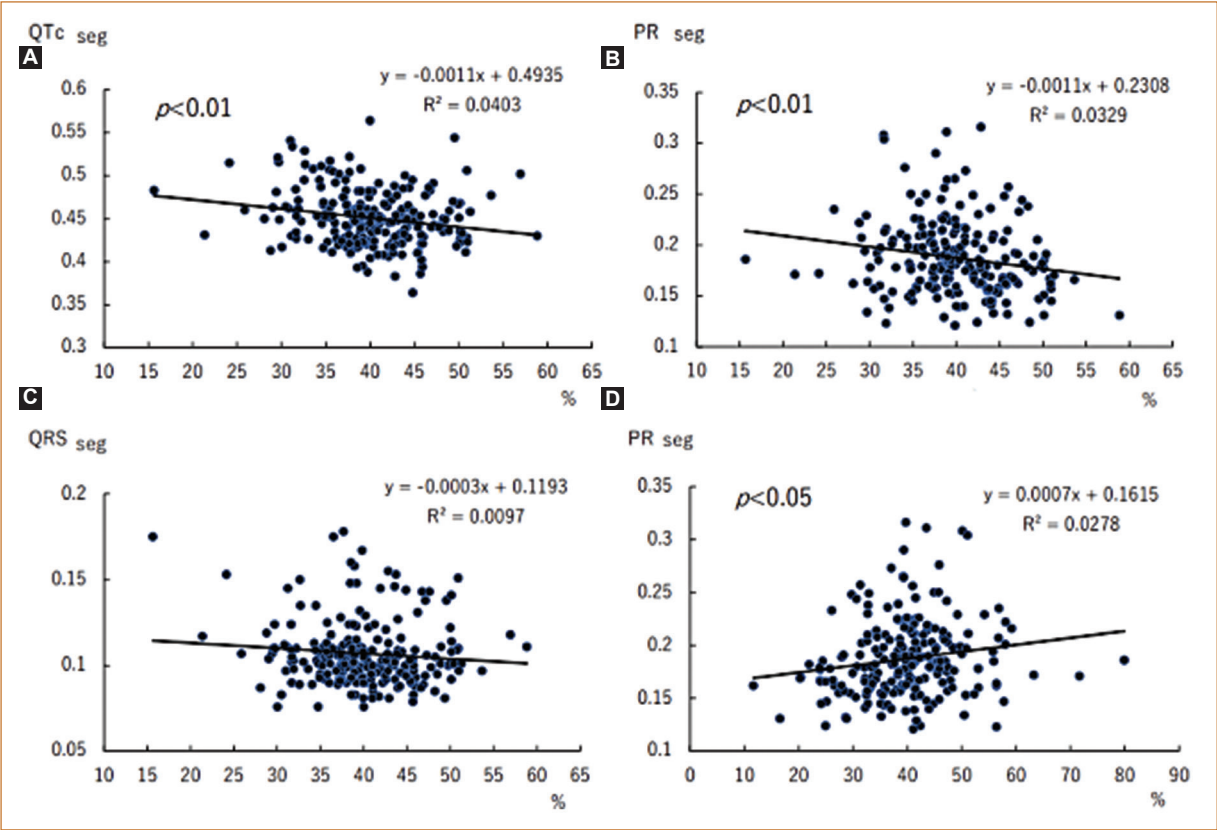


Figura 4. Correlaciones entre el intervalo QT y el agua intracelular (A), el intervalo PR (B), el ancho QRS (C), y entre el intervalo PR y la proporción de edema (D) (n = 224).

Tabla 4. Correlación de los intervalos con variables de composición corporal

	Total	PR (seg)		QRS (seg)		QTc (seg)	
		< 0.20	> = 0.20	< 0.12	> = 0.12	< 0.44	> = 0.44
TBW/FFM (%)	66.8 ± 0.3	66.9 ± 0.4	66.4 ± 0.6	66.8 ± 0.3	66.5 ± 0.7	67.6 ± 0.4	66.3 ± 0.4*
ICW/FFM (%)	40.0 ± 0.4	40.7 ± 0.5	38.6 ± 0.6*	40.1 ± 0.4	39.6 ± 1.2	41.0 ± 0.6	39.4 ± 0.5*
ECW/FFM (%)	26.8 ± 0.5	26.3 ± 0.6	27.9 ± 0.7	26.7 ± 0.5	26.9 ± 1.4	26.6 ± 0.7	26.9 ± 0.6
FM (%)	24.1 ± 0.8	25.3 ± 0.9	25.4 ± 1.3	25.2 ± 0.8	25.0 ± 1.6	25.0 ± 1.0	25.3 ± 0.9
FFM (Kg/m²)	39.5 ± 0.5	39.9 ± 0.7	38.4 ± 1.0	39.5 ± 0.6	39.2 ± 1.3	41.4 ± 0.8	38.3 ± 0.7**
MM (Kg/m²)	14.4 ± 0.1	14.5 ± 0.1	14.4 ± 0.3	14.4 ± 0.1	14.7 ± 0.4	14.9 ± 0.2	14.2 ± 0.2**
ER (%)	39.9 ± 0.6	39.1 ± 0.8	41.8 ± 0.9*	39.8 ± 0.6	40.2 ± 1.8	39.1 ± 0.9	40.4 ± 0.8

*p < 0.05.
**p < 0.01.

sinusal, a través de la aurícula, por el nodo auriculoventricular, hasta el sistema de Purkinje, y finalmente activar los ventrículos; el ancho QRS representa el tiempo que tarda la despolarización de los ventrículos y la contracción de los cardiomiocitos, y el intervalo QT

representa el tiempo que tardan los ventrículos cardiacos en comenzar a contraerse cuando han terminado de relajarse³²⁻³⁴. La prolongación del intervalo PR está causada principalmente por cambios fibróticos o isquémicos en el sistema de conducción y una

alteración del flujo de corriente eléctrica en los músculos cardíacos^{35,36}. La prolongación del intervalo QT se correlaciona con calcificación en las válvulas cardíacas y en las arterias coronarias^{37,38}. Habrá que considerar la cardiomiopatía urémica³⁶ y la acidosis como causas generadoras de retraso de la repolarización en el potencial de acción³⁹. Sin embargo, el proceso de contracción del músculo cardíaco parece no cambiar a pesar de los trastornos en el sistema de contracción y el proceso por el cual los cardiomiocitos se relajan. La muerte súbita es un problema serio en el campo del tratamiento dialítico, pues cerca del 10% de todos los pacientes mueren repentinamente cada año según estadísticas extremas^{7,40}, y un 15-38% de todas las muertes súbitas son causadas por arritmias letales como fibrilación y taquicardia ventricular³⁻⁶. La prolongación del intervalo QT no es rara, aparece en alrededor del 8%⁴¹, pero la frecuencia es varias veces más alta, de un 39-66% de todos los pacientes en diálisis⁶⁻¹¹, y en especial cuando el estado nutricional empeora, la mortalidad aumenta en un 10%⁴². La realidad es que el ECG se revisa no más de una vez al mes en la mayoría de las instalaciones médicas que brindan tratamiento dialítico, a menos que aparezca o cambie una anomalía cardíaca.

Por último, nos gustaría recomendar el uso del dispositivo para análisis de impedancia bioeléctrica a diario, no solo para determinar la cantidad de agua que debe eliminarse, sino también para analizar otros datos medibles. Cuando está indicado por el deterioro del estado nutricional, se debe prestar especial atención a los hallazgos del ECG y la muerte súbita. No se menciona detalladamente la prolongación del intervalo PR en este artículo, porque es menos problemático que el intervalo QT.

Financiamiento

Los autores declaran que este trabajo se realizó con recursos propios.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Consideraciones éticas

Protección de personas y animales. Los autores declaran que para esta investigación no se han realizado experimentos en seres humanos ni en animales.

Confidencialidad, consentimiento informado y aprobación ética. Los autores han obtenido la

aprobación del Comité de Ética para el análisis de datos clínicos obtenidos de forma rutinaria y anonimizados, por lo que no fue necesario el consentimiento informado. Se han seguido las recomendaciones pertinentes.

Declaración sobre el uso de inteligencia artificial.

Los autores declaran que no utilizaron ningún tipo de inteligencia artificial generativa para la redacción de este manuscrito.

Referencias

1. Zimmerman J, Herrlinger S, Pruy A, Metzger T, Wanner C. Inflammation enhances cardiovascular risk and mortality in hemodialysis patients. *Kidney Int.* 1999;55:648-58.
2. Nitta K, Masakane I, Hanafusa N, Taniguchi M, Hasegawa T, Nakai S, et al. Annual dialysis data report, JSDT renal data registry. *J Jap Soc Dial Ther.* 2018;51:699-766.
3. Roithinger FX, Punzengruber C, Rossol M, Pachinger O, Kramer R, Prischl FC. Ventricular late potential in haemodialysis patients and the risk of sudden death. *Nephrol Dial Transplant.* 1992;7:1013-8.
4. Shapira OM, Bar-Khayim Y. ECG changes and cardiac arrhythmias in chronic renal failure patients on hemodialysis. *J Electrocardiol.* 1992;25:273-9.
5. Meier P, Vogt P, Blanc E. Ventricular arrhythmias and sudden cardiac death in end-stage renal disease patients on chronic hemodialysis. *Nephron.* 2001;87:199-214.
6. Genovesi S, Rossi E, Nava M, Riva H, De Franceschi S, Fabbrini P, et al. A case series of chronic hemodialysis patients; mortality, sudden death, and QT interval. *Europace.* 2013;15:1025-33.
7. Beaubien ER, Pylypchuk GB, Akhtar J, Biem HJ. Value of corrected QT interval dispersion in identifying patients initiating dialysis at increased risk of total and cardiovascular mortality. *Am J Kidney Dis.* 2002;39:834-42.
8. Yenigun EC, Aypak C, Turgut D, Aydin MZ, Dede F. Effect of metabolic acidosis on QT intervals in patients with chronic kidney disease. *Int J Artif Organs.* 2016;39:272-6.
9. Hage FG, De Mattos AM, Khamash H, Mehta S, Warnock D, Iskandrian AE. QT prolongation is an independent predictor of mortality in end-stage renal disease. *Clin Cardiol.* 2010;33:361-6.
10. Suzuki R, Tsumura K, Inoue T, Kishimoto H, Morii H. QT interval prolongation in the patients receiving maintenance hemodialysis. *Clin Nephrol.* 1998;49:240-4.
11. Di Iorio B, Bellasi A. QT interval in CKD and haemodialysis patients. *Clin Kidney J.* 2013;6:137-43.
12. Dekker JM, Schouten EG, Klootwijk P, Pool J, Kromhout D. Association between QT interval and coronary heart disease in middle-aged and elderly men. The Zutphen study. *Circulation.* 1994;90:779-85.
13. Patane S, Marte F, Di Bella G, Curro A, Coglitore S. QT interval prolongation, torsade de pointes, and renal disease. *Intl J Cardiol.* 2008;130:e71-3.
14. Salvi V, Karnad DR, Panicker GK, Kothari S. Update on the evaluation of a new drug for effects on cardiac repolarization in humans. *Br J Pharmacol.* 2010;159:34-48.
15. Flanagan JL, Simmons PA, Vehige J, Wilcox MD, Garrett Q. Role of carnitine in disease. *Nutr Metab.* 2010;7:30.
16. Marconi C, Sassi G, Carpinelli A, Carretell P. Effect of L-carnitine loading on the aerobic and anaerobic performance of endurance athletes. *Eur J Appl Physiol.* 1985;54:131-5.
17. Fouque D, Kalantar-Zadeh K, Cano KP, Chauveau N, Cuppari L, Franch H, et al. A proposed nomenclature and diagnostic criteria for protein-energy wasting in acute and chronic kidney disease. *Kidney Int.* 2008;73:391-8.
18. Ikizler TA, Cano NJ, Franch H, Fouque D, Himmelfarb J, Kalantar-Zadeh K, et al. Prevention and treatment of protein-energy wasting in chronic kidney disease patients: a consensus statement by the international society of renal nutrition and metabolism. *Kidney Int.* 2013;84:1096-107.
19. Obi Y, Qader H, Kovesdy CP, Kalantar-Zadeh K. Latest consensus and update on protein-energy wasting in chronic kidney disease. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care.* 2015;18:254-62.
20. Stenvinkel P, Heimboerger O, Paulter F, Diczfalosi U, Wang T, Berglund L, et al. Strong association between malnutrition, inflammation, and atherosclerosis in chronic renal failure. *Kidney Int.* 1999;55:1899-911.
21. Okuno S, Ishiura E, Kohno K, Fujino-Katoh Y, Maeno Y, Yamanaka T, et al. Serum β 2-microglobulin level is a significant predictor of mortality in maintenance hemodialysis patients. *Nephrol Dial Transplant.* 2009;24:571-7.
22. Kalantar-Zadeh K, Block G, Humphreys MH, Kopple JD. Reverse epidemiology of cardiovascular risk factors in maintenance dialysis patients. *Kidney Int.* 2003;63:793-808.

23. Liabeuf S, Lenglet A, Desjardins L, Neirynek N, Glorieux G, Lemke HD, et al. Plasma beta-2 microglobulin is associated with cardiovascular disease in uremic patients. *Kidney Int.* 2012;82:1297-1303.
24. Shibata M, Ito I, Tawada H, Taniguchi S. QT prolongation in dialysis patients: an epidemiological study with a focus on malnutrition. *Blood Purif.* 2023;52:407-14.
25. Robert FK, Peter MJM, Rani G. Use of bioelectrical impedance analysis measurements in the clinical management of patients undergoing dialysis. *Am J Clin Nutr.* 1996;64:S503-9.
26. Van der Kelk Hof J, Hermans M, Beerenhout C, Konigs C, Van der Sande MF, Kooman JP. Reference values for multifrequency bioimpedance analysis in dialysis patients. *Blood Purif.* 2004;22:301-6.
27. Woodrow G, Devine Y, Cullen M, Lindley E. Application of bioelectrical impedance to clinical assessment of body composition in peritoneal dialysis. *Perit Dial Int.* 2007;27:496-502.
28. Yamada K, Furuya R, Takita T, Maruyama Y, Yamaguchi Y, Ohkawa S, et al. Simplified nutritional screening tools for patients on maintenance hemodialysis. *Am J Clin Nutr.* 2008;87:106-13.
29. Marcelli D, Usuyat LE, Kotanko P, Bayh I, Canaud B, Etter M, et al. Body composition and survival in dialysis patients: result from an international cohort study. *Clin J Am Soc Nephrol.* 2015;10:1092-100.
30. Jacobs LH, Van der Kelk Hof JJ, Mingels AM, Passos VL, Kleijnen VW, Mazairac AH, et al. Inflammation, overhydration, and cardiac biomarkers in hemodialysis patients: a longitudinal study. *Nephrol Dial Transplant.* 2010;25:243-8.
31. Raimann JG, Zhu F, Wang J, Thijssen S, Kuhlman MK, Kotanko P. Comparison of fluid volume estimate in chronic hemodialysis patients by bioimpedance, direct isotopic, and dilution methods. *Kidney Int.* 2014;85:898-908.
32. Van Noord C, Eijgelsheim M, Stricker BH. Drug- and non-drug-associated QT interval prolongation. *Br J Clin Pharmacol.* 2010;70:16-23.
33. McLaughlin NB, Campbell RW, Murray A. Comparison of automatic QT measurement techniques in the normal 12 lead electrocardiogram. *Br Heart J.* 1995;74:84-9.
34. Panicker GK, Karnad DR, Natekar M, Kothari S, Narula D, Lokhandwala Y. Intra- and inter-reader variability in QT interval measurement by tangent and threshold methods in a central electrocardiogram laboratory. *Electrocardiol.* 2009;42:348-52.
35. Di Iorio BR, Nargi O, Cucciniello E, Belizzi V, Torracca S, Russo D, et al. Coronary artery calcification progression is associated with arterial stiffness and cardiac repolarization in hemodialysis patients. *Kidney Blood Press Res.* 2011;34:180-7.
36. Stewart GA, Gansevort RT, Mark PB, McDonogh TA, Dargie HJ, Roger, et al. Electrocardiographic abnormalities and uremic cardiomyopathy. *Kidney Int.* 2005;67:217-26.
37. Sherif KA, Abo-Salem E, Panikkath R, Nusrat M, Tuncel M. Cardiac repolarization abnormalities among patients with various stages of chronic kidney disease. *Clin Cardiol.* 2014;37:417-24.
38. Di Iorio BR, Bortone S, Piscopo C, Grimaldi P, Cucciniello ED, Avanzo E, et al. Cardiac vascular calcification and QT interval in ESRD patients: is there a link? *Blood Purif.* 2006;24:451-9.
39. Orchard CH, Cingolani HE. Acidosis and arrhythmias in cardiac muscle. *Cardiovasc Res.* 1994;28:1312-9.
40. Locatelli F, Bommer J, London GM, Martin-Malo A, Wanner C, Yacoub M, et al. Cardiovascular disease determinants in chronic renal failure: clinical approach and treatment. *Nephrol Dial Transplant.* 2001;16:459-68.
41. Montanez A, Ruskin JN, Hebert PR, Lamas GA, Hennekens CH. Prolonged QTc interval and risks of total and cardiovascular mortality and sudden death in the general population; a review and qualitative overview of the prospective cohort studies. *Arch Intern Med.* 2004;164:943-8.
42. Kestenbaum B, Rudser KD, Shlipak MG, Fried LF, Newman AB, Katz R, et al. Kidney function, electrocardiographic findings, and cardiovascular events among older adults. *Clin J Am Soc Nephrol.* 2007;2:501-8.