

Electroestimulación neuromuscular intradiálisis, fuerza muscular, capacidad funcional y composición corporal

Sandra Rubio Páez, Vicent Esteve Simó, Anna Junqué Jiménez, Ester Tomás Bernabéu, Oscar Paz López, Gorka Iza Pinedo, María Luisa Lavado Sempere, Manel Ramírez de Arellano

Servicio de Nefrología. Hospital de Terrassa. Consorci Sanitari de Terrassa. Barcelona. España

Resumen

Introducción: La capacidad funcional disminuida y la importante atrofia muscular caracterizan a los pacientes en hemodiálisis (HD). El ejercicio físico intradiálisis y recientemente la electroestimulación neuromuscular (EMS), representan dos serias opciones terapéuticas para mejorar esta deteriorada condición física. Actualmente, no existen estudios publicados sobre el papel de la EMS y la composición corporal en los pacientes en HD.

Objetivo: Analizar que efecto produce un programa de EMS sobre la fuerza muscular, capacidad funcional, parámetros nutricionales y composición corporal en nuestros pacientes en HD.

Material y Métodos: Estudio unicéntrico, prospectivo de 12 semanas de duración. Los pacientes incluidos realizaron un programa adaptativo de EMS en ambos cuádriceps intradiálisis mediante el dispositivo Compex R Theta 500i. Analizamos: 1.- Parámetros nutricionales (Albumina, pre albúmina, triglicéridos, colesterol total y fracciones, ferritina y Proteína C reactiva). 2.- Datos musculares: Composición muscular cuádriceps, Fuerza extensión máxima cuádriceps (FEMQ) y handgrip (HG) brazo dominante. 3.- Test funcionales: "Sit to stand to sit" (STS10) y "six-minutes walking test" (6MWT). 4.- Composición corporal mediante biomedancia eléctrica (BIA).

Resultados: 13 pacientes incluidos: (69.2% hombres). Edad media: 65.7 años y 33.9 meses en HD. I.Charlson medio 9.1. La principal etiología de la ERC fue la DM (38.5%). Al final del estudio se observó una mejoría en (*p<0.05): FEMQ* (11.7±7.1 vs 13.4±7.4 Kg), STS10 (39.3±15.5 vs 35.8±13.7 seg), 6MWT* (9.9%, 293.2 vs 325.2 m). En relación a la composición corporal, se observó únicamente un aumento significativo del área muscular (AMQ*: 128.6 ± 30.2 vs 144.6 ± 22.4 cm²) y una disminución del área grasa (AGQ*: 76.5 ± 26.9 vs 62.1 ± 20.1 cm²) a nivel quadricipital, sin cambios en el resto de datos analizados (% grasa abdominal, peso graso, peso magro, agua corporal total). No se objetivaron cambios relevantes en los parámetros nutricionales y de adecuación dialítica.

Conclusiones: 1.- La electroestimulación neuromuscular intradiálisis mejoró la fuerza muscular, la capacidad funcional y la composición muscular del cuádriceps de nuestros pacientes en HD. 2.- Nuestros resultados remarcan el carácter local de la electroestimulación neuromuscular, dada la ausencia de cambios relevantes en el resto de los parámetros nutricionales y datos corporales analizados. 3.- No obstante, son necesarios futuros estudios mejor diseñados, de cara a discernir si la electroestimulación neuromuscular podría ser una nueva alternativa terapéutica para evitar la atrofia muscular y el deterioro progresivo de la condición física de éstos pacientes.

Correspondencia:

Sandra Rubio Páez
Nefrología. Hospital de Terrassa.
Consorci Sanitari Terrassa (CST)
Crta. Torrebonica, s/n. 08227 Terrassa. Barcelona
Email: sandrarubiopaez@gmail.com

PALABRAS CLAVE

- ELECTROESTIMULACIÓN NEUROMUSCULAR
- HEMODIÁLISIS
- FUERZA MUSCULAR
- COMPOSICIÓN CORPORAL

tividad física o deportiva. También están destinadas en la rehabilitación de grupos musculares principalmente en poblaciones con graves trastornos motores neurológicos o traumatológicos^{12,13}.

No obstante, todavía no se dispone de suficiente evidencia acerca del papel exclusivo de la EMS sobre algunos aspectos tan importantes en la prevención del deterioro funcional progresivo como la fuerza o composición muscular en los pacientes en HD. En nuestro estudio pretendemos analizar el efecto de un programa exclusivo de EMS sobre la fuerza muscular, capacidad funcional y composición corporal en nuestros pacientes en HD.

Material y Métodos

Entre los meses de septiembre a noviembre de 2013 se realizó un estudio unicéntrico prospectivo de 12 semanas de duración aprobado por el Comité Ético de nuestra Institución y realizado de acuerdo con las normas de la declaración de Helsinki para observar el efecto de un programa exclusivo de EMS sobre la fuerza muscular, la capacidad funcional y la composición corporal de nuestros pacientes en HD.

El programa de HD periódica de nuestro hospital, distribuye a los pacientes principalmente en 6 grupos de 10-12 pacientes. Éstos grupos realizan sesiones de 4 h en días alternos (L-X-V ó M-J-S), en unos horarios de mañana, mediodía y tarde. El programa exclusivo de EMS y la valoración de la composición corporal fue realizado por nuestro personal de enfermería, ya que no se disponía de recursos específicos destinados para ello.

Aquellos pacientes de los turnos de mañana y tarde que cumplían los criterios de inclusión preestablecidos, constituyeron el grupo electro estimulación (EM). Los pacientes continuaron con su actividad física diaria de forma habitual, sin prescribir ningún programa de ejercicio físico de forma adicional.

Como criterios de inclusión se establecieron: otorgar el consentimiento informado, tener una edad igual o superior a 18 años, permanencia en HD superior a 3 meses en nuestro centro y estabilidad clínica y hemodinámica en los últimos 3 meses.

Los criterios de exclusión establecidos fueron: presencia de evento cardiovascular reciente, presencia de acceso vascular interno para HD en extremidades inferiores, ser portador de marcapasos, imposibilidad física en extremidades inferiores para realizar el análisis de composición

corporal y no otorgar el consentimiento informado por escrito.

Electro estimulación Neuromuscular

Los pacientes incluidos realizaron un programa de EMS de los músculos cuádriceps de ambas extremidades inferiores previamente consensuado con el servicio de rehabilitación de nuestro hospital. El dispositivo utilizado era el modelo Compex® Rehab Theta 500i, dotado de diversos programas de ejercicio rehabilitador con distintas fases, tipos e intensidad de corriente. El programa de electro estimulación incluía un programa de tonificación en la primera semana, 1 semana de resistencia – aeróbica, 2 semanas de rehabilitación – amiotrofia, 2 semanas de rehabilitación – hipertrofia, 3 semanas de potenciación muscular y finalmente 3 semanas de fuerza – resistencia. Se realizaba durante las primeras dos horas de cada sesión de HD, con una duración media de 30-45 min. Los pacientes se encontraban en su posición habitual de HD en decúbito supino, con extensión completa de los miembros inferiores y mínima flexión (15°) de ambas rodillas mediante una almohada blanda colocada en la región poplíteica de las mismas. Cada paciente tenía siempre sus propios electrodos (5 x 10 cm). Éstos se colocaban de forma precisa sobre el punto motor de los vientres musculares del cuádriceps (recto anterior, vaso interno y externo), garantizando la máxima comodidad y eficiencia del programa.

Coincidiendo con las visitas médicas trimestrales de seguimiento habitual programadas los días de no HD en nuestros pacientes se analizaron las siguientes variables tanto al inicio como al final del estudio.

Datos demográficos, bioquímicos, parámetros nutricionales y antropométricos

Las variables demográficas incluían la edad, el sexo, la etiología renal, el índice de comorbilidad de Charlson y tiempo de permanencia en HD. Del mismo modo se recogieron los principales datos bioquímicos en HD, parámetros nutricionales (albúmina, pre-albúmina, triglicéridos, colesterol total y sus fracciones, ferritina) y de adecuación de HD (Kt/v método 2ª generación Daugirdas).

El área total (ATC), muscular (AMC) y grasa (AGC) de ambos cuádriceps se obtuvieron mediante las fórmulas antropométricas de Gurney y Jelliffe¹⁴: Área total (ATQ) = $[(\text{Contorno músculo (cm)})^2 / 4\pi]$. Área Muscular (AMQ) = $[(\text{Contorno músculo (cm)} - \pi \times \text{Pliegue cutáneo músculo (cm)})^2 / 4\pi]$. Área Grasa (AGC) = Área total (ATC) - Área Muscular (AMC). El contorno muscular se estimó en su posición anatómica de referencia mediante centimetría, con una cinta flexible e inextensible y expresada

en centímetros sin comprimir los tejidos blandos de la zona. El pliegue cutáneo de ambos cuádriceps se utilizó para la valoración del tejido adiposo subcutáneo. Mediante un plicómetro, estimamos el espesor del pliegue de la piel, es decir una doble capa de piel y tejido adiposo subyacente, evitando siempre incluir el músculo en el punto medio longitudinal de la línea que une el pliegue inguinal y borde proximal de la rótula, en la cara anterior del muslo, con el paciente apoyando los pies en el suelo y formando sus rodillas un ángulo de 90°¹⁵.

Fuerza muscular y capacidad funcional

Para la valoración de la fuerza muscular de las extremidades superiores se utilizó un dinamómetro homologado tipo Jamar (Hand-grip dynamometer) (HG) en el brazo dominante (SH 5001, Seahan Corporation, Korea). Se realizó con el sujeto en pie, con los brazos extendidos a lo largo del cuerpo y se le entregó el dinamómetro en ambos brazos indicándole que hiciera la mayor fuerza posible sin apoyar el brazo en el cuerpo. El brazo que presentó una mayor fuerza, fue considerado como brazo dominante¹⁶.

Para la valoración de la fuerza muscular en EEII se utilizó un dinamómetro de tracción homologado tipo Kern (Kern CH50 50KG dynamometer). Se estimó la fuerza máxima de extensión de los músculos cuádriceps (FEMQ) de la pierna izquierda. El paciente permanecía sentado en una silla fija de tal forma que la espalda quedaba apoyada en el respaldo y la cadera y la rodilla a 90°. En esta posición se colocaba una cincha de sujeción inextensible a la altura del tercio distal de la tibia y se le pedía al sujeto que hiciera la mayor fuerza posible para realizar la extensión de la extremidad sin agarrarse con los brazos a la silla¹⁷.

Los resultados obtenidos tanto en las variables antropométricas, como de fuerza muscular, representan la media de tres medidas consecutivas y fueron realizadas por el mismo profesional a fin de evitar posibles errores de medición.

Las pruebas utilizadas para la valoración de la capacidad funcional fueron el test de los 6 minutos de la marcha (6MWT) y el test STS10 (sit to stand to sit 10). El test 6MWT se realizó con monitorización de las constantes habituales y la saturación de oxígeno mediante pulsioximetría. Consistía en evaluar la máxima distancia recorrida durante un período de 6 minutos a ritmo activo, a lo largo de un pasillo de 20 metros cercano a la unidad de hemodiálisis. Transcurrido el tiempo de la prueba se registraba la distancia total recorrida mediante un odómetro homologado¹⁸. El Test STS 10

consistía en levantarse y volverse a sentar durante 10 veces consecutivas lo más rápido posible; partiendo de una posición sentada con los brazos pegados al pecho desde una silla de 44.5 cm de alto y 38 cm de profundidad apoyada contra la pared para evitar el riesgo de caídas. Se anotaba el tiempo en segundos que se tardaba en realizar el ejercicio¹⁹.

Análisis de la composición corporal (bioimpedancia eléctrica)

El análisis de la composición corporal se realizó mediante bioimpedancia eléctrica utilizando el dispositivo homologado OMRON BF-400 (Omron Healthcare UK LTD, Japón). Se realizó con el sujeto descalzo, en apoyo uniforme en bipedestación y completamente estático, con ambos brazos pegados a ambas partes del cuerpo sobre la plataforma del dispositivo a los 15 minutos de finalizar la tercera sesión semanal de hemodiálisis. Una segunda determinación se repitió, en las mismas condiciones, a los 5 minutos de la inicial, obteniendo el valor promedio. Se analizaron los siguientes parámetros: peso total (PT), peso graso (PG), peso magro (PM), agua corporal total (ACT) y porcentaje de grasa abdominal (%GA). El PG y PM se estimaron mediante la fórmula de Hume²⁰: $PG = [Peso\ total\ (kg) \times \%GA] / 100$. $PM = Peso\ total\ (kg) - Peso\ graso$. El ACT se calculó mediante la fórmula estimada de Watson²¹.

El análisis estadístico se realizó con el programa SPSS versión 19.0 (SPSS Inc, Chicago, IL, EE. UU.). Las variables cuantitativas se expresaron mediante la media y desviación estándar. Las variables cualitativas, mediante porcentaje. La comparación de los datos cuantitativos al finalizar el estudio se realizó mediante el test de Wilcoxon para variables relacionadas no paramétricas y los datos cualitativos mediante el test de McNemar, considerando significación estadística aquellas relaciones con un valor de $p \leq 0,05$.

Resultados

Un total de 13 pacientes superaron los criterios de inclusión y fueron analizados. Ninguno de los pacientes presentó efectos adversos relacionados con la EMS. El 69.2% eran hombres, con una edad media de 65.7 ± 12.8 y un tiempo de permanencia en HD de 33.9 ± 24.7 meses. El índice medio de Charlson fue de 9.1 ± 2.3 . Las principales etiologías de la insuficiencia renal de nuestros pacientes fueron la diabetes mellitus (38.5%), la pielonefritis crónica o de repetición (23.1%), enfermedad glomerular (15.4%), y HTA (7.7%) enfermedad no filiada (7.7%) y otras (7.7%).

Los resultados relativos a la valoración de la fuerza muscular y los datos relativos a la capacidad funcional se muestran en la **tabla 1**.

Tabla 1. Valoración de la fuerza muscular y la capacidad funcional. Inicio vs Final del estudio. HG: Hand Grip brazo dominante. FEMQ: Fuerza Extensión máxima del cuádriceps. 6MWT: Test de la marcha 6 min. STS10: test sit to stand to sit 10; m: metros; seg: segundos. Significación estadística: $p < 0,05$.

	Inicio	Final	Sig. est
HG (kg)	21.2 ± 9.3	21.6 ± 9.8	0.616
FEMQ (kg)	11.7 ± 7.1	13.4 ± 7.4	0.002*
6MWT (m)	293.2 ± 163.9	325.2 ± 176.4	0.018*
STS10 (sec)	39.3 ± 15.5	35.8 ± 13.7	0.310

No obtuvimos cambios significativos en la valoración de la fuerza muscular mediante el HG al finalizar el estudio. Por el contrario, sí que observamos una mejoría significativa de la FMEQ de las extremidades inferiores (FMEQ 11.7 ± 7.1 vs 13.4 ± 7.4 kg; $p 0.002$). En relación al test 6MWT, observamos un incremento significativo del 9.9% en la distancia recorrida al finalizar el estudio (293.2 ± 163.9 vs 325.2 ± 176.4 m, $p 0.018$). En el test STS10 se observó un menor tiempo en la realización del mismo (39.3 ± 15.5 vs 35.8 ± 13.7 seg, $p 0.310$) al finalizar el estudio, si bien estas diferencias no alcanzaron la significación estadística preestablecida.

La **tabla 2** representa los datos obtenidos en relación a la composición muscular del cuádriceps. Únicamente obtuvimos un incremento significativo del valor promedio del AMC (128.6 ± 30.3 vs 144.6 ± 22.4 cm², $p 0.032$) así como una disminución significativa del valor promedio de AGC (76.5 ± 26.9 vs 62.1 ± 20.1 cm², $p 0.024$) al final del estudio. No se observaron cambios relevantes en relación al valor promedio del ATC.

Tabla 2. Valoración de la fuerza muscular. Inicio vs Final del estudio. ATQ. Área total del cuádriceps. AGQ. Área grasa del cuádriceps. AMQ. Área muscular del cuádriceps. Significación estadística: * $p < 0,05$.

	Inicio	Final	Sig. est
Área Total Cuádriceps (cm²)			
Cuádriceps D	205.6 ± 38.3	197.1 ± 33.8	0.221
Cuádriceps I	204.8 ± 41.3	204.3 ± 37.1	0.932
Promedio ATC	205.2 ± 39.1	200.7 ± 34.7	0.472
Área Muscular Cuádriceps (cm²)			
Cuádriceps D	129.2 ± 28.9	142.2 ± 19.8	0.166
Cuádriceps I	128.1 ± 33.7	146.1 ± 28.6	0.029*
Promedio AMC	128.6 ± 30.3	144.6 ± 22.4	0.032*
Área Grasa Cuádriceps (cm²)			
Cuádriceps D	76.2 ± 26.2	59.9 ± 21.2	0.005*
Cuádriceps I	76.7 ± 29.1	64.2 ± 20.4	0.108
Promedio AGC	76.5 ± 26.9	62.1 ± 20.1	0.024*

En relación a la composición corporal estimada mediante bioimpedancia eléctrica no se encontraron cambios relevantes. Un ligero incremento del peso magro (56.2 ± 10.9 vs 57.8 kg ± 11.6, $p 0.247$) así como una cierta disminución del peso graso (15.4 ± 7.8 vs 13.9 kg ± 7.7, $p 0.278$), del porcentaje de grasa abdominal (21.3% vs 19.5%, $p 0.262$) y de agua corporal total (36.4 ± 4.9 vs 35.5 ± 6.3 litros, $p 0.534$) se observaron al final del estudio, si bien todos estos resultados no alcanzaron la significación estadística preestablecida (**tabla 3**).

Tabla 3. Valoración de la composición corporal mediante bioimpedancia eléctrica (BIA). Inicio vs Final del estudio. ACT: Agua corporal total. L: litros. Kg: kilogramos. Significación estadística: * $p < 0.05$.

	Inicio	Final	Sig. est
ACT (L)	36.4 ± 4.9	35.5 ± 6.3	0.534
Peso total (kg)	71.6 ± 9.8	71.7 ± 10.5	0.817
Peso graso(kg)	15.4 ± 7.8	13.9 ± 7.7	0.278
Peso magro(kg)	56.2 ± 10.9	57.8 ± 11.6	0.247
% grasa abdominal	21.3%	19.5%	0.262

Los principales datos bioquímicos y parámetros de adecuación dialítica se muestran en la **tabla 4**.

Tabla 4. Datos bioquímicos y parámetros nutricionales. Inicio vs Final del estudio. Colest: Colesterol. Significación estadística: * $p < 0.05$.

	Inicio	Final	Sig. est
Albúmina (g/dL)	3.7 ± 0,3	3.7 ± 0,2	0.895
PreAlbúmina (mg/dl)	28.5 ± 10.5	27.1 ± 4.8	0.636
Colest Total (mg/dl)	143.2 ± 57.2	148.1 ± 59.1	0.193
Colest HDL (mg/dl)	42.6 ± 11.1	41.2 ± 11.9	0.487
Colest LDL (mg/dl)	68.7 ± 42.3	63.4 ± 49.2	0.482
Triglicéridos (mg/dl)	154.1 ± 76.2	158.6 ± 73.6	0.742
Hemoglobina (g/dl)	10.4 ± 1.8	11.1 ± 0.9	0.276
Ferritina (ng/mL)	401.6 ± 210.7	433.2 ± 267.8	0.820

No se encontraron diferencias significativas al finalizar el estudio en relación a los principales parámetros bioquímicos nutricionales y principales datos de adecuación dialítica analizados (Ktv Daugirdas 2ª gen: 1.63 ± 0.4 vs 1.62 ± 0.7). Del mismo modo, no se realizaron modificaciones en la dosis media de agentes eritropoyéticos prescrita de forma habitual en ninguno de nuestros pacientes a lo largo del estudio (25.6 ± 11.6 vs 26.2 ± 12.4 mcg darbepoetina/semana).

Discusión

La elevada comorbilidad cardiovascular, la malnutrición, la anemia e inflamación crónica, el sedentarismo asociado a HD, así como las propias alteraciones del metabolismo de la urea podrían ser, entre otros, algunos de los diversos factores que conducirán a lo largo de su permanencia en HD a una marcada debilidad muscular e impotencia funcional^{1,2}.

Las alteraciones metabólicas de la urea conllevan principalmente a la afectación sobretodo de las fibras musculares y de las terminaciones nerviosas del tejido músculo esquelético, que nos conducirá a la larga a una importante atrofia muscular y a la aparición de fatiga, debilidad, calambres, rampas o mioclonias^{3,4}.

Una de las estrategias utilizadas en la prevención y tratamiento de la pérdida muscular en estos pacientes ha sido en los últimos años, la realización de ejercicio físico en HD^{2,7}. En este sentido, uno de los aspectos funda-

mentales en el cuidado del paciente renal debería ser proporcionar una adecuada rehabilitación física de cara a preservar la capacidad funcional y la autonomía del paciente renal^{5,6}.

Recientemente cobra gran interés el papel de la EMS como terapia coadyuvante al ejercicio físico, dado que en algunas ocasiones, por las características clínicas y la gran comorbilidad asociada los pacientes son incapaces de llevar a cabo estos programas de ejercicio físico en HD. Los escasos estudios publicados en la literatura en relación al papel de la EMS, fundamentalmente en pacientes con insuficiencia cardíaca crónica o patología pulmonar, muestran efectos favorables sobre la composición muscular y capacidad funcional⁸⁻¹³. Además destacan por ser fáciles de aplicar, presentar un perfil de seguridad elevado y la ausencia de graves complicaciones^{11,12}.

Tras una revisión exhaustiva de la literatura reciente, únicamente encontramos pequeños estudios publicados en relación a la EMS en pacientes renales. Dobsak et al⁸, en un estudio randomizado de 20 semanas de duración con 3 grupos comparativos, observó que tanto un programa exclusivo de EMS como un programa de EMS asociado al uso de cicloergómetros en 32 pacientes en HD, fueron capaces de mejorar la fuerza muscular, la capacidad funcional, la calidad de vida así como los parámetros de diálisis respecto a un tercer grupo control sin intervención. Del mismo modo, Farese et al⁹, en un estudio similar con 9 pacientes, observó un incremento de las cifras tensionales y una reducción significativa de los valores urea y fósforo tras un programa de EMS durante 9 sesiones consecutivas de HD en los grupos electro estimulados y entrenados respecto a un grupo control.

A nivel nacional, merece la pena destacar los dos únicos estudios publicados acerca de la EMS asociada al ejercicio. Resultados similares a los previamente publicados fueron obtenidos por nuestro grupo de trabajo en términos de fuerza muscular, capacidad funcional y calidad de vida en 11 pacientes en HD periódica en un estudio recientemente publicado, acerca del papel de la EMS asociado al ejercicio físico de predominio aeróbico mediante el uso de cicloergómetros; aportando de forma adicional datos favorables sobre la seguridad, eficacia y tolerabilidad de la EMS en las sesiones de HD²². Igualmente, Contreras et al²³, en un grupo de 11 pacientes en HD mostraron también una mejoría en estos términos tras la realización de un programa de 5 semanas de duración fuerza-resistencia asociada a EMS de ambos cuádriceps en las sesiones de HD.

En el presente estudio observamos una mejoría de la fuerza muscular y la capacidad funcional tras un programa exclusivo de EMS en nuestros pacientes en HD. Estos resultados son prácticamente superponibles a los obtenidos en los estudios previamente publicados, si bien, a diferencia de éstos, nuestro estudio aporta de forma adicional algunos datos interesantes en relación a los cambios en la composición muscular tras el programa de EMS.

Ampliamente han sido descritos los múltiples efectos beneficiosos del ejercicio físico a nivel cardiovascular, psicológico o muscular. A nivel muscular, se caracterizan por un incremento de la fuerza, resistencia y tamaño de los grupos musculares ejercitados; así como por los consecuentes cambios en la composición corporal en forma de disminución de la grasa abdominal, incremento de la masa magra y tejido muscular, disminución de los pliegues cutáneos o incremento del diámetro muscular^{24,25}. Estos cambios en la composición corporal han sido descritos tras el uso de la EMS de forma global²⁶.

De todos modos, la EMS se basa en la aplicación de impulsos repetitivos de baja frecuencia mediante unos electrodos de superficie, consiguiendo la inmediata activación local y reclutamiento de fibras musculares de pequeño tamaño de los diferentes grupos musculares¹⁰⁻¹². Precisamente esta activación y reclutamiento muscular local, podría justificar, la mejoría significativa de la fuerza muscular exclusivamente en ambos cuádriceps (FEMQ) así como la ausencia de cambios en el HG, un marcador de fuerza muscular en extremidades superiores y de condición física global en pacientes ancianos^{2,6,16}, así como la ausencia de cambios relevantes en los principales datos bioquímicos y parámetros nutricionales analizados o en la composición corporal estimada mediante bioimpedancia eléctrica. En este sentido, sería necesario electro estimular de forma global todo el organismo o bien realizar programas de electro estimulación combinados con ejercicio físico, en los que se reclutan un mayor número de grupos musculares y el efecto es más generalizado, de cara a obtener cambios relevantes en estas estimaciones bioquímicas y de composición corporal global.

A nivel de la composición muscular del cuádriceps, este evidente incremento de fuerza muscular en ambas EEII; quedó reflejado en un incremento significativo del área muscular del cuádriceps así como en una disminución significativa del área grasa muscular. La mecanismos involucrados en la aparición de estos cambios musculares estructurales son múltiples y complejos; si bien se fundamentan en el incremento del aporte de oxígeno

a los tejidos o la disminución de ciertas citoquinas pro inflamatorias (IFN y IL-6) secundaria a la electro estimulación repetitiva y continuada a nivel muscular^{27,28}.

A pesar de estos significantes hallazgos musculares, no se observaron cambios relevantes a nivel del área total del mismo. Estos datos podrán ser atribuidos, entre otros, a la escasa duración del programa específico de hipertrofia muscular así como a la elevada atrofia muscular consecuyente de la longeva permanencia en HD de nuestros pacientes, si bien tampoco podemos descartar algún error en las mediciones realizadas a pesar de la metodología descrita. Tal vez, un programa de EMS de mayor duración o quizá el uso de exploraciones complementarias no basadas en las fórmulas de estimación muscular antropométricas, como la ecografía, la tomografía computerizada o la resonancia magnética muscular; pudiesen detectar con mayor precisión cambios antropométricos musculares totales.

En relación a los test funcionales, tanto el 6MWT como el STS 10, son tests funcionales indicadores de la fuerza muscular del cuádriceps ampliamente utilizados en la práctica clínica^{2,6,19}. La aplicación de un programa de EMS se tradujo en un incremento significativo en la distancia recorrida en el test de la marcha. Este incremento pone de manifiesto la activación muscular de los músculos cuádriceps y el papel fundamental de la EMS en el fortalecimiento de las extremidades inferiores. Curiosamente, no obtuvimos cambios significativos en el test STS10. Estos resultados podrían atribuirse a la gran variabilidad de los resultados obtenidos en la realización del test, la dificultad en la propia realización del STS10 en éste particular tipo de pacientes en HD, así como al limitado número de pacientes.

Entre las múltiples limitaciones de nuestro trabajo, mencionar la ausencia de grupo control, el escaso tamaño de la muestra que obligó al uso de test no paramétricos así como la duración del programa de EMS, si bien son similares en cuanto número y duración a los previamente publicados. En este sentido, quedaría abierta la necesidad de realizar estudios mejor diseñados para establecer el exclusivo papel de la EMS a largo plazo y sus potenciales efectos beneficiosos en este tipo de pacientes.

En conclusión, la electro estimulación neuromuscular intradiálisis de ambos cuádriceps mejoró la fuerza muscular, la capacidad funcional y la composición muscular de nuestros pacientes en HD de una forma segura y eficaz. En espera de futuros estudios, el electro estimulación neuromuscular constituye una novedosa alternativa terapéutica para mejorar la condición física y la composición

muscular de éstos pacientes, especialmente en aquellos pacientes en los que la realización de un programa de ejercicio físico intradiálisis sea difícil o esté contraindicada.

Agradecimientos

A todos los pacientes y personal de enfermería por su valiosa colaboración en la presente investigación en cuanto han hecho que este trabajo saliera adelante de la mejor manera posible.

Recibido: 10 agosto 2015

Revisado: 14 septiembre 2015

Modificado: 22 septiembre 2015

Aceptado: 2 octubre 2015

Bibliografía

1. Cheema BS, Singh MA. Exercise training in patients receiving maintenance hemodialysis: a systematic review of clinical trials. *Am J Nephrol* 2005; 25 (4):352-64.
2. Segura-Ortí E. Exercise in haemodialysis patients: a literature systematic review. *Nefrología* 2010; 30 (2):236-46.
3. Johansen KL, Shubert T, Doyle J, Soher B, Sakkas GK, Kent-Braun JA. Muscle atrophy in patients receiving hemodialysis: effects on muscle strength, muscle quality, and physical function. *Kidney Int* 2003; 63 (1):291-7.
4. Sakkas GK, Ball D, Mercer TH, Sargeant AJ, Tolfrey K, Naish PF. Atrophy of non-locomotor muscle in patients with end-stage renal failure. *Nephrol Dial Transplant* 2003; 18 (10):2074-81.
5. Painter P, Roshanravan B. The association of physical activity and physical function with clinical outcomes in adults with chronic kidney disease. *Curr Opin Nephrol Hypertens* 2013; 22(6):615-23.
6. Painter P, Marcus RL. Assessing physical function and physical activity in patients with CKD. *Clin J Am Soc Nephrol* 2013; 8(5):861-72.
7. Heiwe S, Jacobson SH. Exercise training in adults with CKD: A systematic review and meta-analysis. *Am J Kidney Dis*. 2014; 64(3):383-93.
8. Dobsak P, Homolka P, Svojanovsky J, Reichertova A, Soucek M, Novakova M, et al. Intra-dialytic electrostimulation of leg extensors may improve exercise tolerance and quality of life in hemodialysis patients. *Art Organs* 2012; 36 (1):71-8.
9. Farese S, Budmiger R, Aregger F, Bergmann I, Frey FJ, Uehlinger DE. Effect of transcutaneous electrical muscle stimulation and passive cycling movements on blood pressure and removal of urea and phosphate during hemodialysis. *Am J Kidney Dis* 2008; 52(4):745-52.
10. Maffuletti NA, Zory R, Miotti D, Pellegrino MA, Jubeau M, Bottinelli R. Neuromuscular adaptations to electrostimulation resistance training. *Am J Phys Med Rehabil* 2006; 85 (2):167-75.
11. Miller C, Thépaut-Mathieu C. Strength training by electrostimulation conditions for efficacy: *Int J Sports Med* 1993; 14 (1):20-8.
12. Vaienti F. Neuromuscular electrostimulation in clinical practice. *Acta Anaesthesiol* 1964; 15:227-45.
13. Sheffler LR, Chae J. Neuromuscular electrical stimulation in neurorehabilitation. *Muscle Nerve* 2007; 35 (5):562-90.
14. Gurney M, Jelliffe DB, Neill J. Anthropometry in the differential diagnosis of protein-calorie malnutrition. *J Trop Pediatr Environ Child Health* 1972; 18 (1):1-2.
15. Wang J, Thornton JC, Kolesnik S, Pierson RN Jr. Anthropometry in body composition. An overview. *Ann N Y Acad Sci* 2000; 904:317-26.
16. Leal VO, Mafra D, Fouque D. Use of handgrip strength in the assessment of the muscle function of chronic kidney disease patients on dialysis: a systematic review. *Nephrol Dial Transplant* 2011; 26 (4):1354-60.
17. Fisher NM, Pendergast DR, Calkins EC. Maximal isometric torque of knee extension as a function of muscle length in subjects of advancing age. *Arch Phys Med Rehabil* 1990; 71 (10):729-34.

18. American Thoracic Society. ATS statement: Guidelines for the six-minute walk test. *Am J Respir Crit Care Med* 2002; 166 (1): 111-7.
19. Greenwood SA, Lindup H, Taylor K, Koufaki P, Rush R, Macdougall IC et al. Evaluation of a pragmatic exercise rehabilitation programme in chronic kidney disease. *Nephrol Dial Transplant* 2012; 27 (Suppl 3):iii126-34.
20. Hume R. Prediction of lean body mass from height and weight. *J. Clin Pathol* 1966; 19(4):389-91.
21. Watson PE, Watson ID, Batt RD: Total body water volumes for adult males and females estimated from simple anthropometric measurements. *Am J Clin Nutr* 1980; 33(1): 27-39.
22. Junqué A, Esteve V, Iza G, Tomás E, Luceño I, Paz O et al. Resultados de un programa de ejercicio físico combinado con electroestimulación neuromuscular en pacientes en hemodiálisis. *Rev Soc Enferm Nefrol* 2013; 16 (3):161-8.
23. Contreras Martos G, Delgado M, Martínez Villar J, Parra I, Borrego F, Segura P. Eficacia de un programa de entrenamiento intradiálisis de fuerza-resistencia en combinación con electroestimulación neuromuscular: mejora de la capacidad funcional, fuerza y calidad de vida. *Rev Soc Enferm Nefrol* 2011; 14 (2):112-19.
24. Bae YH, Lee SM, Jo JI. Aerobic training during hemodialysis improves body composition, muscle function, physical performance, and quality of life in chronic kidney disease patients. *J Phys Ther Sci* 2015; 27(5):1445-9.
25. Gould DW, Graham-Brown MP, Watson EL, Viana JL, Smith AC. Physiological benefits of exercise in pre-dialysis chronic kidney disease. *Nephrology (Carlton)* 2014; 19(9):519-27.
26. Kemmler W, von Stengel S. Whole-body electromyostimulation as a means to impact muscle mass and abdominal body fat in lean, sedentary, older female adults: subanalysis of the TEST-III trial. *Clin Interv Aging*. 2013; 8: 1353-64.
27. Hu L, Klein JD, Hassounah F, Cai H, Zhang C, Xu P, Wang XH. Low-frequency electrical stimulation attenuates muscle atrophy in CKD--a potential treatment strategy. *J Am Soc Nephrol*. 2015; 26(3):626-35.
28. Pette D, Vrbová G. What does chronic electrical stimulation teach us about muscle plasticity? *Muscle Nerve* 1999; 22(6):666-77.