
División de Ciencias Biológicas y de la Salud
Licenciatura en Nutrición Humana

Proyecto de investigación de servicio social:
**“Cuantificación de la fuerza muscular en pacientes
con hemodiálisis estimada por dinamometría”**

Presentan:
Ceron Peralta Adriana 2193027764
Palancares González Montserrat 2192029835

Asesores:
Dra. María de los Angeles Espinosa Cuevas, 24112
Departamento de atención a la salud.

Mtro. Fernando Francisco Domínguez Meza, 4616492
Servicio de Apoyo Metabólico Nutricio.

Lugar y periodo de realización:
Hospital regional 1° de octubre ISSSTE febrero- julio de 2024.

Dra. María de los Angeles Espinosa Cuevas

Mtro. Fernando Francisco Domínguez Meza

Introducción	2
Objetivos generales y específicos	3
General	3
Específicos	3
Metodología utilizada	3
Diseño de estudio	3
Variables	4
Análisis estadístico	4
Actividades realizadas	4
Objetivos y metas alcanzadas	6
Resultados y conclusiones	7
Resultados	7
Discusión	11
Fuerza de agarre manual en hemodiálisis	11
Fuerza de agarre correlacionada a otras características	11
Dinamometría en la práctica clínica	13
Conclusiones	14
Recomendaciones	14
Bibliografía	15

Introducción

La enfermedad renal crónica (ERC) es un daño de la estructura o función del riñón, durante un mínimo de 3 meses, este se presenta en una disminución lenta y constante de la función renal (Kidney Disease: Improving Global Outcomes [KDIGO], 2024) cuya prevalencia en México en 2021 fue de 9,184.9 por 100,000 habitantes. En este mismo año, la ERC fue causante de 69,052 muertes en todos los grupos de edad en el país. Ya que los riñones pierden su capacidad de excretar desechos tóxicos en la orina, las toxinas se acumulan. Es una enfermedad de naturaleza progresiva y en algunos pacientes se mantiene estable con el tiempo mientras que en otros avanza rápidamente hasta la necesidad de diálisis. Se ha identificado a la diabetes como el principal factor de riesgo, seguida por la hipertensión y la glomerulonefritis (Cáceres et al, 2018). A medida que la ERC progresa, la concentración de productos de desecho en la circulación lleva finalmente al síndrome urémico, el cual se manifiesta con malestar, debilidad, náuseas, vómitos, pérdida de apetito y deterioro neurológico. La ERC terminal es una condición proinflamatoria en la cual se contribuye a una fuerza muscular y función física disminuidas a través de una reducción de la masa muscular. La enfermedad renal terminal se asocia con desnutrición y aumento en la morbilidad, mortalidad y hospitalización (Nigam & Bush, 2019).

Los principales factores etiológicos que induce la pérdida del tejido muscular en la ERC son las toxinas urémicas, acidosis metabólica, terapia de diálisis, estado inflamatorio crónico de bajo grado, menor ingesta energética y proteica, sobre todo en el día de hemodiálisis (HD), disminución de grelina, inactividad, etc. (Noce et al., 2021) (Mohanasundaram & Fernando, 2022). Las toxinas urémicas perjudican la regeneración del músculo esquelético al inhibir la proliferación de mioblastos, reducir la diferenciación miogénica y promover la fibrosis muscular (Alcalde et al., 2021). En pacientes con enfermedad renal crónica, la pérdida de peso acompañada de disminución de masa muscular se denomina desgaste energético-proteico, y compromete la supervivencia a mediano plazo. Por otro lado, la pérdida de masa muscular no es el único factor etiológico en la pérdida de fuerza muscular.

La pérdida de la fuerza muscular puede deberse a múltiples factores, incluyendo la atrofia muscular, la disminución de la capacidad para generar fuerza y la reducción de la capacidad del sistema nervioso central para activar los mecanismos funcionales necesarios. En pacientes sometidos a diálisis, se han observado alteraciones estructurales y mitocondriales similares a las encontradas en ciertas miopatías (Hernández et al, 2021). Además, la toxicidad urémica afecta al sistema nervioso, reduciendo la fuerza muscular a través de mecanismos independientes de la masa muscular, y puede causar neuropatía urémica debido a la acumulación de toxinas urémicas y estrés oxidativo (Ralph & Aminoff, 2021) (Bhuta et al., 2022) (Camargo et al., 2019).

Esta investigación pretende exponer la factibilidad de medir la fuerza de prensión manual (FPM) en pacientes con enfermedad renal crónica en HD a través de la dinamometría, así como conocer los factores que contribuyen a la pérdida de la fuerza muscular en los pacientes en HD.

Objetivos generales y específicos

General

Identificar la fuerza muscular en pacientes en hemodiálisis del turno matutino del Hospital Regional 1° de Octubre mediante dinamometría.

Específicos

- Conocer los factores fisiopatológicos que contribuyen a la pérdida de la fuerza muscular en los pacientes en hemodiálisis.
- Correlacionar los resultados de la fuerza muscular con la edad, el peso seco, el puntaje obtenido en el SARC-F, la frecuencia semanal con la que acuden a hemodiálisis y el tiempo que llevan con la terapia de reemplazo renal.

Metodología utilizada

Diseño de estudio

El presente estudio fue transversal, donde participaron 47 pacientes con Enfermedad renal crónica en estadio KDIGO V y con terapia de reemplazo renal (hemodiálisis) en la unidad de HD del hospital 1° de Octubre, ISSSTE, del turno matutino en la Ciudad de México.

Las sesiones de HD fueron de 1, 2 y 3 veces por semana, con un tiempo de sesión de 3 horas, la tasa del flujo sanguíneo fue de 250-350 ml/min, la tasa del flujo del líquido dializante fue de 500-600 ml/min y la ultrafiltración personalizada en base al peso seco del paciente.

- Como criterios de inclusión se consideraron: ser mayor de edad, tener al menos 3 meses en HD y aceptar participar en el estudio.
- Como criterios de exclusión estuvieron: ser menores de edad, tener menos de 3 meses en HD, estar hospitalizados recientemente y negarse a participar en el estudio.

De tal forma que el número de participantes cambió de la siguiente forma:

- Todos los mayores de 18 años de edad (67 pacientes), que llevaran un tiempo mínimo en tratamiento por HD de al menos tres meses (58 pacientes).
- Se excluyeron aquellos que habían estado hospitalizados recientemente y quienes se negaron a participar en el estudio (51 pacientes).
- Finalmente, fueron eliminados los participantes que cambiaron de centro de dializado o fallecieron (47 pacientes).

Variables

Los datos sobre las características sociodemográficas, de tratamiento y antropométricas se tomaron directamente de entrevistas realizadas a los pacientes durante las sesiones de HD en las semanas en las que los pacientes participaron en el estudio.

El peso previo a la diálisis, el peso posterior a la diálisis, la estatura y la presencia de diabetes e hipertensión fueron obtenidos de la historia clínica. El índice de masa corporal (IMC) se calculó como el peso corporal dividido por la altura al cuadrado (kg/m^2) y se clasificó de acuerdo a los criterios de la Organización mundial de la Salud: Para adultos, Bajo peso: IMC inferior a 18.5, Normopeso: IMC de 18.6 a 24.9, Sobrepeso: IMC igual o superior a 25, Obesidad grado I: IMC entre 30.0 y 34.9, Obesidad grado II: IMC entre 35.0 y 39.9, Obesidad grado III: IMC igual o mayor a 40 (WHO 1995).

La edad, frecuencia de sesiones de HD y el tiempo bajo tratamiento se obtuvieron directamente de los pacientes. A todos los participantes como parte de la entrevista se les aplicó el cuestionario SARC-F (por sus siglas en inglés *Strength, Assistance with walking, Rise from a chair, Climb stairs, Falls*), con el objetivo de detectar el riesgo de sarcopenia en estos pacientes (Yamamoto S. 2019) y se clasificó de la siguiente manera: Puntaje menor a 4: sin riesgo de sarcopenia y puntaje mayor o igual a 4: con riesgo de sarcopenia (Malmstrom & Morley, 2013).

Para la evaluación de fuerza muscular, se utilizó la FPM (dinamometría), medida usando un dinamómetro digital Camry, (TKK 5101 Grip-D; Takei, Tokio, Japón) con una capacidad máxima de 90 kg y una precisión de 0.1 kg. Se midió la contracción voluntaria isométrica máxima del brazo dominante durante 3 segundos un total de 3 veces y el valor más alto fue el utilizado en el estudio. Este valor se clasificó de acuerdo al grupo de edad y sexo y se compararon con el percentil 50 de tablas de referencia (Schlüssel, 2008). Dicha medición se tomó antes de comenzar la sesión de HD ya que hay una disminución significativa en la FPM después de la diálisis (Delanaye et al., 2018).

Análisis estadístico

Para el análisis de datos se utilizó el programa IBM SPSS Statistics versión 29.0.10 (SPSS, Inc., Chicago, IL, EE. UU.) la descripción de los datos se expresó como media $\pm$ desviación estándar, mediana y rango intercuartil o porcentaje según sea el caso. La distribución normal de las variables se analizó con la prueba de Shapiro Wilk. La correlación entre la FPM, el peso seco, el tiempo bajo tratamiento de diálisis, la frecuencia semanal, la edad, el sexo y la puntuación del SARC-F se evaluó utilizando el coeficiente de correlación de Pearson o Spearman se consideró estadísticamente significativo un valor de $p < 0,05$.

Actividades realizadas

La duración de las actividades realizadas durante el desarrollo del estudio, así como su clasificación en base a los objetivos específicos de la presente investigación se esquematizan en la siguiente tabla:

Tabla 1. Actividades realizadas en base a objetivos y fecha de elaboración

Objetivo	Actividades realizadas	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6
Conocer los factores fisiopatológicos que contribuyen a la pérdida de la fuerza muscular en los pacientes en HD.	Revisión en la literatura sobre el músculo, la fuerza muscular y la enfermedad renal crónica.						
Evaluar la fuerza muscular de los pacientes en HD del turno matutino del Hospital Regional 1° de Octubre mediante dinamometría.	Reclutamiento de participantes.						
	Adquisición del equipo de dinamometría.						
	Recopilación de datos: edad, sexo, IMC, peso, estatura, SARC-F, frecuencia de sesiones, tiempo en HD, comorbilidades.						
	Realización de la prueba de fuerza de presión manual.						
Correlacionar los resultados de la fuerza muscular con la edad, el peso seco, el puntaje obtenido en el SARC-F, la frecuencia semanal con la que acuden a HD y el tiempo que llevan con la	Elaboración de una base de datos con la información y resultados recopilados.						
	Análisis de resultados						

terapia de reemplazo renal.							
--------------------------------	--	--	--	--	--	--	--

Objetivos y metas alcanzadas

- Revisión en la literatura sobre los mecanismos fisiopatológicos que impactan en la fuerza de agarre manual de los pacientes:

Esta meta fue la primera en cumplirse. En la investigación era necesario incluir evidencia para relacionar los resultados obtenidos al espectro de la enfermedad renal crónica y la terapia de hemodiálisis.

- Contar con los datos basales completos del 100% de los participantes:

Todos los sujetos participantes tenían datos completos provenientes de su historia clínica, rectificados por ellos mismos mediante entrevistas y, por supuesto, al realizar la medición de fuerza de presión manual con el dinamómetro.

- Conservar, al menos, un 90% de los participantes durante todo el proyecto:

Después de excluir y eliminar aquellos participantes que cambiaron de centro de dializado o fallecieron, se mantuvo al 92% de la muestra.

- Tener coherencia y eficacia en las mediciones de FPM:

Se debe contar con al menos un 95% de precisión y repetibilidad en las mediciones. Para garantizar el éxito de esta meta, se utilizó el mismo método para todos los pacientes al tomar la medición de FPM

- La investigación debe tener utilidad en la práctica clínica:

Al menos en un 50% de los pacientes en la sala de hemodiálisis se aplican mediciones para la detección de riesgo de baja fuerza muscular (dinamometría y cuestionario SARC-F). Esta meta no se cumplió en la sala de hemodiálisis, solo se aplicaban las formas de detección de riesgo si el paciente acudía a consulta externa de nutrición. Es necesario que el resto del personal en las salas de hemodiálisis estén informados sobre la evidencia de la fuerza muscular en pacientes de este tipo.

Resultados y conclusiones

Resultados

Se incluyeron un total de 47 pacientes de los cuales 27 eran hombres y 20 mujeres, la media de edad fue de 59 años $\pm$ 13, la media de peso seco fueron 65.1kg $\pm$ 14.3, de estatura fue 1.6m y del IMC fue 24.8 $\pm$ 3.6. De los participantes un 91.7% presentaba hipertensión, mientras que un 56.3% tenían diabetes mellitus 2. En relación con la terapia de HD la mediana de tiempo fue 19 meses y el IQR 25, donde un 56.3% asistían 2 veces por semana, el 29.2% 3 veces por semana y 12.5% 1 vez por semana. La mediana de la pérdida de peso por sesión fue de 1.9 kg y el IQR 2. En la puntuación del cuestionario SARC-F, 32 de los participantes presentan riesgo de sarcopenia y solamente 15 de ellos tienen puntajes <4 (Tabla 2).

Tabla 2. Características de los participantes

Variable	Valor
Edad (años) (media $\pm$ DE)	59.7 $\pm$ 13
Sexo n (%)	
Masculino	27 (57.4)
Femenino	20 (42.5)
Peso pre-HD (kg) (media $\pm$ DE)	67.1 $\pm$ 14.2
Peso seco (kg) (media $\pm$ DE)	65.1 $\pm$ 14.3
Estatura (m) (media $\pm$ DE)	1.6 $\pm$ 0.09
IMC (kg/m ²) (media $\pm$ DE)	24.8 $\pm$ 3.6
Escolaridad n (%)	
Primaria	6 (12.5)
Secundaria	11 (23)
Medio superior	10 (21)
Licenciatura	17 (35.5)
Posgrado	3 (6.5)
Comorbilidades n (%)	

Hipertensión	44 (91.7)
Diabetes	27 (56.3)
SARC-F n (%)	
<4	15 (31.3)
≥4	32 (66.7)
Frecuencia semanal de sesiones n (%)	
1	6 (12.5)
2	27 (56.3)
3	14 (29.2)
Tiempo en tratamiento de HD (meses) mediana (IQR)	19 (25)
Pérdida de peso por sesión (kg) mediana (IQR)	1.9 (2)
Fuerza (kg) (media ± DE)	15 ± (5.9)
Hombres	17.8± (5.5)
Mujeres	11.2± (4.2)

La media de la FPM en hombres fue de 17.8 kg ± (5.5) mientras que la de las mujeres fue de 11.2 kg ± (4.2). Estos valores son inferiores a los del percentil 50 de las tablas de referencia. Todos los grupos de edad están por debajo del percentil 10. En la tabla 3 se muestran los valores obtenidos por dinamometría en el estudio y los valores de una población adulta y sana de referencia categorizados por sexo y grupo de edad respectivamente.

Tabla 3. Comparación entre el valor de referencia del percentil 50 (p50) y los valores observados en el estudio por grupo de edad y sexo

Grupo de edad (años)	Número de participantes (n)	Hombres			Número de participantes (n)	Mujeres		
		p50 (kg)	Valor observado (media kg)	Diferencia (kg)		p50 (kg)	Valor observado (media kg)	Diferencia (kg)

30-39	3	45.8	23.16	22.64	2	27.6	13.7	13.9
40-49	2	42.5	18.15	24.35	2	26.9	9.1	17.8
50-59	7	41.4	20.27	21.13	5	24.3	11.94	12.36
60-69	8	37	16.75	20.25	7	21.7	13.22	8.48
≥70	7	32.1	14.4	17.7	4	16.8	6.8	10

La correlación de Pearson entre la FPM y la edad fue estadísticamente significativa ($p = 0.01$), con un coeficiente de correlación de -0.3 , lo que indica una correlación negativa moderada (figura 1) (Tabla 4), al igual que para la fuerza y el peso seco fue estadísticamente significativa ($p = 0.02$), con un valor de $r = 0.3$, lo que indica una correlación positiva moderada (figura 2), lo mismo ocurría con la estatura ($p = 0.001$ y $r = 0.4$) pero no con el IMC ($p = 0.3$).

Figura 1. Correlación entre FPM y la edad

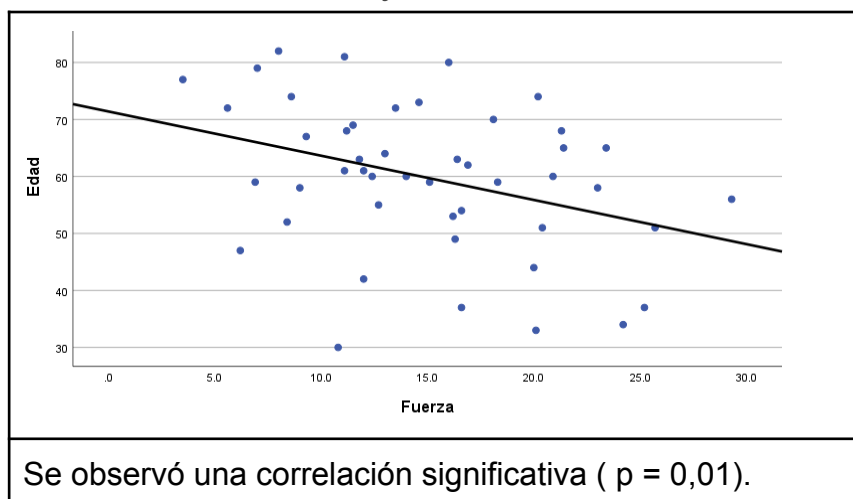
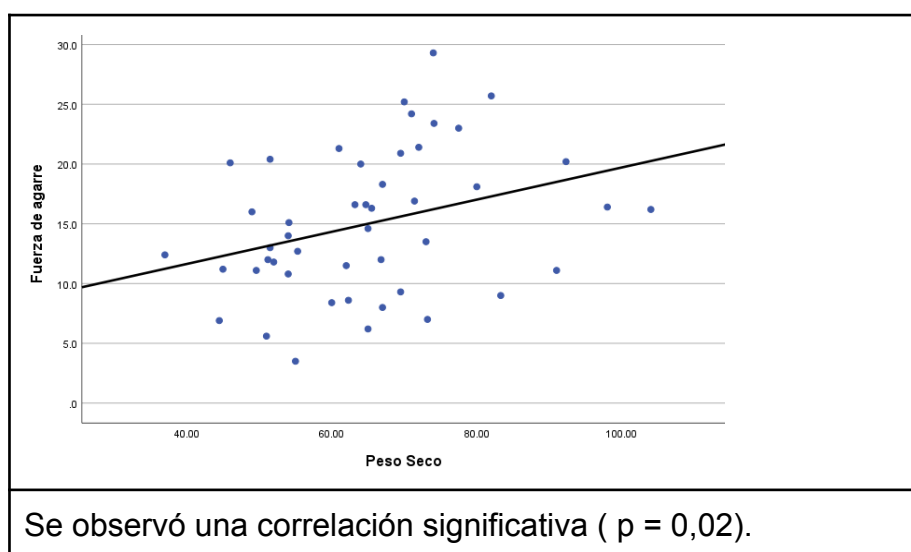


Figura 2. Correlación entre FPM y el peso seco



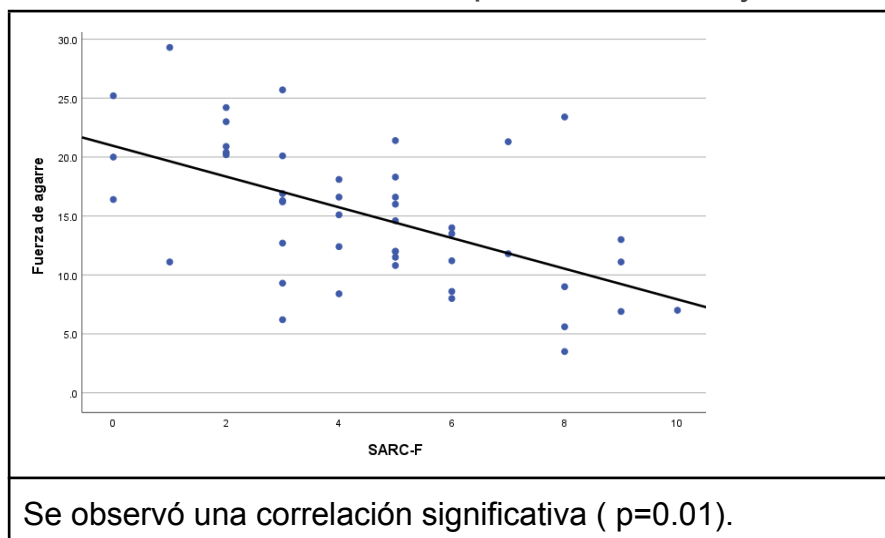
La correlación de Spearman entre la fuerza y el puntaje obtenido en el SARC-F fueron estadísticamente significativos ($p = 0.001$) y valor de $\rho = -0.5$ lo que indica una correlación negativa moderada (figura 3). En contraste, los valores de la dinamometría no presentaron una correlación estadísticamente significativa con el tiempo bajo tratamiento en HD ($p=0.051$), ni con la pérdida de peso por sesión ($p=0.9$), ni con la frecuencia semanal con la que los pacientes acudían a las sesiones de HD ($p=0.058$).

Sin embargo; el tiempo bajo tratamiento en HD se correlacionó con la frecuencia semanal con la que los pacientes acudían a las sesiones ($p=0.01$ y $\rho = 0.6$), así como el puntaje del SARC-F ($p=0.01$ y $\rho = -0.3$).

Tabla 4. Correlaciones entre la FPM y variables evaluadas

Variable	Coefficiente de correlación	Valor p
Edad (años)	-0.3	0.01
Peso seco (kg)	0.3	0.02
Estatura (m)	0.4	0.001
IMC (kg/m ²)	0.1	0.3
SARC-F	-0.5	0.001
Tiempo bajo tratamiento (meses)	0.2	0.051
Pérdida de peso por sesión (kg)	0.0	0.9
Frecuencia semanal de sesiones	0.2	0.058

Figura 3. Correlación entre fuerza de presión manual y el SARC-F



Discusión

Fuerza de agarre manual en hemodiálisis

Los resultados del estudio muestran que la totalidad de los pacientes con enfermedad renal crónica sometidos a diálisis presentan una baja fuerza muscular, debajo del p10, con respecto a las tablas de referencia. Estos resultados son similares al estudio realizado por Hernández et al. hecho en población mexicana donde el 92.3% de los pacientes se encontraban dentro del percentil 10; de igual manera, un estudio realizado por Pinto et al, que tomó la FPM antes y después de la sesión de HD demostró un descenso significativo en dicha fuerza, con un 50% por debajo del p30 y un 30% debajo del p10 posterior a la sesión de HD. Otro estudio realizado en Brasil con una muestra de 43 pacientes, por Leal et al, similar a este, reportó un 55.8% debajo del p10. Una muestra de pacientes en Colombia tuvo valores medios, 10.74kg en mujeres y 17.74 kg en hombres, muy similares a los reportados (Ángel et al., 2024). Mientras que Dilloway et al también presentan valores de fuerza que se agrupan debajo del p10 para ambos sexos. En un análisis se obtuvo una media de 19.6 kg (Chen et al, 2019) y, en un estudio en Japón, la media de la FPM fue de 20 kg, en dicho estudio se compararon pacientes en HD y que no estaban sometidos a esta, demostrando que la FPM era menor en los pacientes en HD. (Shirai et al, 2021)

Fuerza de agarre correlacionada a otras características

En cuanto a las correlaciones entre características de los pacientes y la FPM, se encontró una correlación negativa entre la edad ($r=-0.3$) pero positiva para la estatura ($r=0.4$) y el peso seco ($r=0.3$), similar al estudio de Hernández et al con un coeficiente de correlación de $r=-0.279$ para la edad, $r=0.3$ para el peso de 0.552 para la estatura (Hernández et al, 2021), de manera parecida, se obtuvieron

resultados de $r = -0.35$ para la edad y $r = 0.26$ para el peso seco en el estudio de Leal.

Es sabido que en pacientes con ERC la proteólisis está incrementada, aunada a una menor ingesta dietética, pérdida de nutrientes debido a la HD, una menor síntesis de proteínas y aumento del catabolismo. Existiendo un estado crónico de desnutrición, se reducen las fuentes de reserva energética como proteína, músculo y grasa lo que rápidamente conduce al desgaste energético proteico y sarcopenia. La ERC terminal induce un deterioro de la fuerza muscular a través de la acumulación de toxinas urémicas como el indoxil sulfato que es difícil de remover en el proceso de diálisis, causando anomalías metabólicas en las células musculares y llevar a la atrofia muscular. Asimismo, se han observado niveles elevados de hormona paratiroidea y un metabolismo anormal de la vitamina D asociados en la disminución de masa muscular en modelos animales. (Shirai et al, 2021) (Dzik et al, 2019) (Harada et al, 2019) (Thome et al, 2021) (Bataille et al., 2021) (Ekramzadeh et al, 2022)

Independientemente del proceso inflamatorio y catabólico de la ERC, la edad es un factor importante para la reducción de la fuerza muscular. Los adultos mayores tienden a una disminución en la FPM. (Vennu, 2023) (Kuh et al., 2019) (Hajek & König, 2024) (Ling et al., 2021) (Alexandre et al., 2019).

Entre las variables que se relacionaron con la FPM estuvo la estatura, que coincidió con el estudio de Pinto et al, donde fue la variable que mejor se correlacionó, esto podría ser debido a la relación que existe entre la altura y la masa corporal magra. (Bhat et al., 2022)

Otras variables como la frecuencia semanal con la que los pacientes acudían a sus sesiones de HD y el tiempo que llevaban con esta terapia de reemplazo no tuvieron una correlación estadísticamente significativa. Sin embargo; en una cohorte observacional en la India con 83 pacientes, cuanto más larga fue la duración del paciente en HD en meses más débil era la fuerza. En el estudio también los hombres tienen una fuerza débil en comparación con valores de referencia del mismo grupo de edad y el IMC no tenía una correlación significativa $p=0.08$. pero algunas de las pacientes femeninas tenían niveles de fuerza que estaban en el rango normal. (Birajdar et al., 2019)

La clave del SARC-F es que la función físico-muscular e incluso la fuerza son mucho mejor determinadas que la masa muscular. Lo que lo vuelve útil para evaluar el deterioro de la función física y demuestra una buena precisión para identificar el riesgo de limitaciones físicas en pacientes de las salas de HD. (Yamamoto et al., 2019)

En relación con la fuerza y el puntaje obtenido en el SARC-F, que fueron estadísticamente significativos, un estudio transversal con una muestra de 96 pacientes con HD el 37,5% tenían riesgo de pérdida de función muscular por $\text{SARC-F} \geq 4$, el 21,8% tenían riesgo de sarcopenia utilizando el $\text{SARC-F} \geq 6$ (Feitosa et al., 2022). Otro estudio en ese mismo tipo de pacientes el SARC-F se asoció con rasgos de sarcopenia, una puntuación mayor a 4 se asoció directamente con la función física, pero no con la masa muscular esquelética. (Duarte et al., 2022).

Mientras más tiempo pasaban los pacientes con HD, como terapia de reemplazo renal, aumentaba la frecuencia semanal con la que asistían a sus sesiones e incrementaba la puntuación del SARC-F. Este tamizaje podría servir como una herramienta útil para la para predecir la mortalidad en pacientes sometidos a HD crónica: en una cohorte prospectiva de 271 pacientes sometidos a HD con un seguimiento de 2 años los pacientes que tenían $\text{SARC-F} \geq 1$ se asociaron con un aumento de la mortalidad y en aquellos con SARC-F más altos arrojaron un aumento progresivo en el riesgo de mortalidad (Lin et al., 2020).

Existe evidencia sólida sobre la asociación entre una menor FPM y un mayor riesgo de mortalidad por todas las causas independientemente del tipo de población (López et al., 2022) (Jeong et al., 2023) (Hsu et al., 2023) (Laukkanen et al., 2020) (Esteban et al., 2022) (Wang et al., 2023) (Kim J. 2021). En ERC, pacientes con baja FPM se ha visto una mortalidad aumentada en un 96.1% (Zhang et al, 2023) y si se comparan con aquellos de alta FPM su mortalidad es mayor. (Hwang et al, 2019) (Kim et al, 2019) (Tian et al, 2019)

La fuerza muscular y el rendimiento físico en lugar de la masa muscular se asociaron negativamente con la mortalidad (Chen et al, 2023). En el estudio de Lee et al los pacientes con ERC y HD que presentaban una velocidad de la marcha o FPM tenían una alta mortalidad por todas las causas y enfermedades cardiovasculares.

Además, los participantes con ERC y sarcopenia tienen un 33% mayor riesgo de mortalidad en comparación con los individuos sin esto. (Wilkinson et al, 2021)

En general la reducción de la fuerza muscular puede producir un espectro de consecuencias para la salud: mortalidad, morbilidad, hospitalizaciones, y discapacidad funcional, además de afectar la salud psicológica. Lo que aplica a todos los grupos de población (Vaishya et al., 2024).

Dinamometría en la práctica clínica

La evaluación funcional del músculo esquelético es más importante que su evaluación cuantitativa y la dinamometría es un método válido para medirla (Lee et al., 2020). “Como la fuerza de prensión manual se puede estudiar de forma regular y frecuente, esta prueba se puede utilizar para detectar cambios tempranos en el estado nutricional y permitir una intervención adecuada de forma expedita” (Birajdar et al., 2019). Métodos como la bioimpedancia no están disponibles en todos los centros de dializado, mucho menos herramientas como DXA o TC que son más costosas comparados con ello la dinamometría es barata y fácil de medir (Dilloway et al., 2023).

Uno de los enfoques de la investigación es mostrar la factibilidad y relevancia del uso de la dinamometría en pacientes en diálisis; sin embargo, es indispensable destacar que una vez detectado: una baja FPM, riesgo de sarcopenia, además de otros riesgos nutricionales es importante una intervención adecuada como es la actividad física. Sus beneficios son conocidos: mejorar el estado nutricional, la estabilidad hemodinámica, el sueño, la capacidad funcional y la calidad de vida en general.

La actividad física anteriormente no se recomendaba en pacientes con ERC bajo el argumento que deterioraba la función renal y aumentaba la proteinuria, disminuyendo a su vez la TFG; sin embargo, se ha documentado un efecto positivo sobre esta, además de una reducción en la presión arterial, se ha encontrado que la actividad física intensa tiene efectos en la masa libre de grasa (la masa muscular esquelética, la masa de células corporales y el porcentaje de grasa corporal) en comparación con una actividad física baja. (Bhat et al, 2022) (Zhang et al, 2019) (Villanego et al 2020). El entrenamiento de resistencia también ha demostrado beneficios mejorando el estado de inflamación y el estrés oxidativo (Troutman et al, 2022) (Correa et al, 2020)

En el país, por ejemplo, la inclusión de ejercicio intra dialítico se ha reportado con buenos resultados: en un centro dialítico se ha establecido desde 1994, mostrando una tasa de mortalidad total en los últimos 25 años del 7%, con tasas de hospitalización de 0,2 por año para los últimos 100 pacientes. (Viana et al, 2019)

Conclusiones

En la ERC, la fuerza muscular es un predictor importante del estado nutricional y los resultados clínicos. Los pacientes en HD tienen valores de fuerza inferiores al percentil 10 con respecto a las tablas de referencia, por lo que la HD afecta negativamente a la FPM.

La pérdida de fuerza muscular está mediada por factores que van más allá de inflamación, metabolismo y desgaste proteico energético. La toxicidad urémica impacta el sistema nervioso, reduciendo la fuerza muscular a través de la producción de radicales libres y el estrés oxidativo, neuropatía urémica y la muerte de las neuronas dopaminérgicas. A medida que aumentaba la fuerza muscular también lo hacían las variables de peso seco, la estatura y puntuaciones elevadas en el SARC-F, por el contrario, la fuerza disminuye cuando la edad incrementa. No se encontraron correlaciones estadísticamente significativas entre FPM y el tiempo en HD.

El deterioro físico es un desenlace común para estos pacientes debido a un conjunto de factores que van desde los efectos secundarios de la enfermedad renal hasta el sedentarismo y aislamiento social. Al inicio del tratamiento de diálisis, una gran parte de los pacientes ya ha experimentado una fragilidad significativa, lo que reduce su capacidad y motivación para realizar actividades físicas. Para mejorar la calidad de vida en la ERC, así como para aumentar las posibilidades de supervivencia, es importante la inclusión de actividad física desde su etapa temprana.

La evaluación de la FPM es una herramienta accesible, que puede ser un nuevo signo de pronóstico en la práctica clínica, pues como se evidenció, la baja FPM, se asocia a mayor índice de hospitalizaciones y a un aumento de la mortalidad.

Solo encontramos un estudio que se enfoca en pacientes de HD y FPM en población mexicana. A pesar de la relevancia del tema, es necesario realizar futuras investigaciones que aporten más datos en esta área.

Recomendaciones

Ya que la principal limitante fue que la población mexicana no cuenta con valores de referencia para la dinamometría, no los hay para adultos sanos ni mucho menos para personas con ERC. Elaborar tablas de referencia de la FPM por grupo de edad y sexo para mexicanos mejoraría la calidad de los resultados de cualquier investigación que use la dinamometría. Ya que al usar referencias extranjeras se debe tener cuidado en la interpretación porque hay una variabilidad causada por las diferencias de los sujetos de estudio con los que se construyen los valores de referencia como son: la etnia, el género, la edad, estado nutricional y la complexión física. Esta falta de valores estandarizados dificulta la obtención de evaluaciones más precisas. (Vaishya et al., 2024).

Asimismo, la muestra utilizada fue pequeña, lo que pudo llevar a obtener intervalos de confianza amplios al igual que solo fue tomada en un único centro de dializado. Se recalca la necesidad de estudiar a este tipo de pacientes a gran escala para comparar grupos.

Bibliografía

1. Francis, A., Harhay, M. N., Ong, A. C. M., Tummalapalli, S. L., Ortiz, A., Fogo, A. B., Fliser, D., Roy-Chaudhury, P., Fontana, M., Nangaku, M., Wanner, C., Malik, C., Hradsky, A., Adu, D., Bavanandan, S., Cusumano, A., Sola, L., Ulasi, I., Jha, V., American Society of Nephrology, ... International Society of Nephrology (2024). Chronic kidney disease and the global public health agenda: an international consensus. *Nature reviews. Nephrology*, 20(7), 473–485. <https://doi.org/10.1038/s41581-024-00820-6>
2. Cruz-Jentoft, A. J., Bahat, G., Bauer, J., Boirie, Y., Bruyère, O., Cederholm, T., Cooper, C., Landi, F., Rolland, Y., Sayer, A. A., Schneider, S. M., Sieber, C. C., Topinkova, E., Vandewoude, M., Visser, M., Zamboni, M., & Writing Group for the European Working Group on Sarcopenia in Older People 2 (EWGSOP2), and the Extended Group for EWGSOP2 (2019). Sarcopenia: revised European consensus on definition and diagnosis. *Age and ageing*, 48(4), 601. <https://doi.org/10.1093/ageing/afz046>
3. Seto, Y., Kimura, M., Matsunaga, T., Miyasita, E., & Kanno, Y. (2022). Long-term body composition changes in patients undergoing hemodialysis: a single-center retrospective study. *Renal Replacement Therapy*, 8(1), 57. <https://doi.org/10.1186/s41100-022-00448-x>
4. Sánchez, M. L., Miranda S., B., López G., A., Villoria G., S., Pereira G., M., Gracia I., C., González I., I., Ortiz A., A., Mas F., S., & González P., E. (2022). Sarcopenia and Mortality in Older Hemodialysis Patients. *Nutrients*, 14(11), 2354. <https://doi.org/10.3390/nu14112354>
5. Institute for Health Metrics and Evaluation (IHME). Global Burden of Disease 2021: Findings from the GBD 2021 Study. Seattle, WA: IHME, 2024.
6. Cáceres, A. R. Z., Du Pont, D. E. C., Mendoza, C. A. C., Vega, O. V., & Carrasco, Ó. R. (2018). Caquexia y sarcopenia en pacientes nefrópatas terminales en hemodiálisis. *An Med (Mex)*, 63(4), 266-272.

7. Sabatino A, Regolisti G, Karupaiah T, Sahathevan S, Sadu Singh BK, Khor BH, Salhab N, Karavetian M, Cupisti A, Fiaccadori E. (2017). Protein-energy wasting and nutritional supplementation in patients with end-stage renal disease on hemodialysis. *Clin Nutr*, 36(1), 663-71. 10.1016/j.clnu.2016.06.007
8. Clark B. C. (2023). Neural Mechanisms of Age-Related Loss of Muscle Performance and Physical Function. *The journals of gerontology. Series A, Biological sciences and medical sciences*, 78(Suppl 1), 8–13. <https://doi.org/10.1093/gerona/glad029>
9. Ziolkowski, S. L., Long, J., Baker, J. F., Chertow, G. M., & Leonard, M. B. (2019). Relative sarcopenia and mortality and the modifying effects of chronic kidney disease and adiposity. *Journal of cachexia, sarcopenia and muscle*, 10(2), 338–346. <https://doi.org/10.1002/jcsm.12396>
10. Bellafronte, N. T., Sizoto, G. R., Vega-Piris, L., Chiarello, P. G., & Cuadrado, G. B. (2020). Bed-side measures for diagnosis of low muscle mass, sarcopenia, obesity, and sarcopenic obesity in patients with chronic kidney disease under non-dialysis-dependent, dialysis dependent and kidney transplant therapy. *PloS one*, 15(11), e0242671. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0242671>
11. Sabatino, A., Cuppari, L., Stenvinkel, P. et al. Sarcopenia in chronic kidney disease: what have we learned so far?. *J Nephrol* 34, 1347–1372 (2021). <https://doi.org/10.1007/s40620-020-00840-y>
12. Clark, B. C., & Manini, T. M. (2012). What is dynapenia?. *Nutrition (Burbank, Los Angeles County, Calif.)*, 28(5), 495–503. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2011.12.002>
13. de la Revilla A. L., de Los Rios A. A., Prados Q. M. A., Rodríguez N. J. L., & Calvo T., P. (2020). Factores relacionados con la sobrecarga que intervienen sobre la salud, las actividades económicas, laborales y sociales de los cuidadores principales de pacientes crónicos [Factors related to work overload that affect health, financial, occupational, and social activities of the primary caregiver]. *Semergen*, 46(5), 297–305. <https://doi.org/10.1016/j.semerg.2020.03.009>
14. Kidney Disease: Improving Global Outcomes (KDIGO) CKD Work Group (2024). KDIGO 2024 Clinical Practice Guideline for the Evaluation and Management of Chronic Kidney Disease. *Kidney international*, 105(4S), S117–S314. <https://doi.org/10.1016/j.kint.2023.10.018>
15. The European Uremic Toxins (EUTox) Database: European Uremic Toxins Work Group (EUTox); Available from: www.uremic-toxins.org.
16. Noce A, Marrone G, Ottaviani E, Guerriero C, Di Daniele F, Pietroboni A & Di Daniele, N. (2021). Uremic Sarcopenia and Its Possible Nutritional Approach. *Nutrients*, 13(1), 147. <https://doi.org/10.3390/nu13010147>
17. Mohanasundaram S & Fernando E. (2022). Uremic Sarcopenia. *Indian journal of nephrology*, 32(5), 399–405. https://doi.org/10.4103/ijn.ijn_445_21
18. Alcalde E, Sosa P, Asenjo A, Plaza P, Olmos G, Naves M, Rodríguez D, López S & Ruiz M. (2021). Uraemic toxins impair skeletal muscle regeneration by inhibiting myoblast proliferation, reducing myogenic differentiation, and promoting muscular fibrosis. *Scientific reports*, 11(1), 512. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-79186-1>
19. Hung K, Yao W, Liu Y, Yang H, Liao M, Chong K, Peng C, & Lu K. (2023). The Potential Influence of Uremic Toxins on the Homeostasis of Bones and

- Muscles in Chronic Kidney Disease. *Biomedicines*, 11(7), 2076. <https://doi.org/10.3390/biomedicines11072076>
20. Bataille S, Chauveau P, Fouque D, Aparicio M, & Koppe L. (2021). Myostatin and muscle atrophy during chronic kidney disease. *Nephrology, dialysis, transplantation : official publication of the European Dialysis and Transplant Association - European Renal Association*, 36(11), 1986–1993. <https://doi.org/10.1093/ndt/gfaa129>
 21. Bataille S, Dou L, Bartoli M, Sallée M, Aniot J, Ferkak B, Chermiti R, McKay N, Da Silva N, Burtsey S & Poitevin S. (2022). Mechanisms of myostatin and activin A accumulation in chronic kidney disease. *Nephrology, dialysis, transplantation : official publication of the European Dialysis and Transplant Association - European Renal Association*, 37(7), 1249–1260. <https://doi.org/10.1093/ndt/gfac136>
 22. Clark B, & Carson R. (2021). Sarcopenia and Neuroscience: Learning to Communicate. *The journals of gerontology. Series A, Biological sciences and medical sciences*, 76(10), 1882–1890. <https://doi.org/10.1093/gerona/glab098>
 23. Ralph J & Aminoff M. (2021). *Neuromuscular Complications of General Medical Disorders* En Aminoff M. J. & Josephson A. S. (Ed.) Aminoff's Neurology and General Medicine. Academic Press.
 24. Bhuta K, Cordova A, Soipe A, Mobeen H, & Devkota K. (2022). Peritoneal Dialysis and Inflammatory Demyelinating Polyneuropathy: A Correlation or Co-Incidence?. *Cureus*, 14(7), e27095. <https://doi.org/10.7759/cureus.27095>
 25. Camargo, C. R. de ., Schoueri, J. H. M., Alves, B. da C. A., Veiga, G. R. L. da ., Fonseca F, & Bacci M. (2019). Uremic neuropathy: an overview of the current literature. *Revista Da Associação Médica Brasileira*, 65(2), 281–286. <https://doi.org/10.1590/1806-9282.65.2.281>
 26. Olano C, Akram S, & Bhatt H. (2023). Uremic Encephalopathy. In *StatPearls*. StatPearls Publishing.
 27. de Donato A, Buonincontri V, Borriello G, Martinelli G, & Mone P. (2022). The Dopamine System: Insights between Kidney and Brain. *Kidney & blood pressure research*, 47(8), 493–505. <https://doi.org/10.1159/000522132>
 28. Yamamoto S, Matsuzawa R, Harada M, Watanabe T, Shimoda T, Suzuki Y, Kamiya K, Osada S, Yoshida A & Matsunaga A. SARC-F questionnaire: Rapid and easy tool for identifying physical limitations in hemodialysis patients. *JCSM Clin. Rep.* 2019;4:1–12. <https://doi.org/10.17987/jcsm-cr.v4i1.74>
 29. Delanaye P, Quinonez K, Buckinx F, Krzesinski J, & Bruyère O. (2018). Hand grip strength measurement in haemodialysis patients: before or after the session?. *Clinical kidney journal*, 11(4), 555–558. <https://doi.org/10.1093/ckj/sfx139>
 30. Schlüssel M., dos Anjos L., de Vasconcellos M., & Kac G. (2008). Reference values of handgrip dynamometry of healthy adults: a population-based study. *Clinical nutrition (Edinburgh, Scotland)*, 27(4), 601–607. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2008.04.004>
 31. Argaiz E, Morales L, Razo C, Ong L, Rafferty Q, Rincón R, & Gamba G. (2023). La carga de enfermedad renal crónica en México. Análisis de datos basado en el estudio Global Burden of Disease 2021. *Gaceta médica de México*, 159(6), 501-508. <https://doi.org/10.24875/gmm.23000393>
 32. WHO. (1995) Physical status: the use and interpretation of anthropometry. Report of a WHO Expert Committee. World Health Organization technical report series, 854, 1–452.

33. Malmstrom T & Morley J. (2013). SARC-F: a simple questionnaire to rapidly diagnose sarcopenia. *Journal of the American Medical Directors Association*, 14(8), 531–532. <https://doi.org/10.1016/j.jamda.2013.05.018>
34. Hernández D, González T, Méndez del Villar M, Pazarín L, Yanowsky F, Topete J & Hernández S. (2021). Loss of muscle strength in patients under hemodialysis evaluated by dynamometry in the Mexican population. *Nutrición Hospitalaria*, 37(5), 964-969. <https://dx.doi.org/10.20960/nh.03076>
35. Nigam, S. K., & Bush, K. T. (2019). Uraemic syndrome of chronic kidney disease: altered remote sensing and signalling. *Nature reviews. Nephrology*, 15(5), 301–316. <https://doi.org/10.1038/s41581-019-0111-1>
36. Leal VO, Stockler-Pinto MB, Farage NE, Aranha LN, Fouque D, Anjos LA, et al. Handgrip strength and its dialysis determinants in hemodialysis patients. *Nutrition* 2011;27:1125-9. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.nut.2010.12.012>
37. Pinto, A. P., Ramos, C. I., Meireles, M. S., Kamimura, M. A., & Cuppari, L.. (2015). Impacto da sessão de hemodiálise na força de preensão manual. *Brazilian Journal of Nephrology*, 37(4), 451–457. <https://doi.org/10.5935/0101-2800.20150072>
38. Shirai N, Yamamoto S, Osawa Y, Tsubaki A, Morishita S, Igarashi K, Narita I. Comparison of muscle strength between hemodialysis patients and non-dialysis patients with chronic kidney disease. *J Phys Ther Sci*. 2021 Oct;33(10):742-747. doi: 10.1589/jpts.33.742. Epub 2021 Oct 13. PMID: 34658517; PMCID: PMC8516613.
39. Ángel B. I. C., Apolinar J. L. Y., Campos R. A., Vásquez M. M. G., & Patiño P. B. E. (2024). Fuerza de prensión manual y biomarcadores en pacientes con enfermedad renal crónica en hemodiálisis. *Revista Colombiana De Nefrología* , 11 (1). <https://doi.org/10.22265/acnef.11.1.699>
40. Dilloway, T., Ashby, D. R., Hickson, M., Temple, A., & Johansson, L. R. (2023). Handgrip Strength Index: A Novel Parameter Which Quantifies Clinical Weakness in People on Haemodialysis. *Journal of renal nutrition : the official journal of the Council on Renal Nutrition of the National Kidney Foundation*, 33(3), 456–464. <https://doi.org/10.1053/j.jrn.2022.08.002>
41. Birajdar, N., Anandh, U., Premalatha, S., & Rajeshwari, G. (2019). Hand Grip Strength in Patients on Maintenance Hemodialysis: An Observational Cohort Study from India. *Indian journal of nephrology*, 29(6), 393–397. https://doi.org/10.4103/ijn.IJN_251_18
42. Vennu V. (2023). Biological ageing and the risk of decreased handgrip strength among community-dwelling older adult Indians: a cross-sectional study. *BMC geriatrics*, 23(1), 782. <https://doi.org/10.1186/s12877-023-04498-6>
43. Kuh, D., Hardy, R., Blodgett, J. M., & Cooper, R. (2019). Developmental factors associated with decline in grip strength from midlife to old age: a British birth cohort study. *BMJ open*, 9(5), e025755. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2018-025755>
44. Hajek, A., & König, H. H. (2024). Factors Leading to a Decrease in Grip Strength Among the Oldest Old: A Large, Representative, Longitudinal Survey. *Journal of the American Medical Directors Association*, 25(4), 672–675. <https://doi.org/10.1016/j.jamda.2023.08.021>
45. Ling, C. H. Y., Gussekloo, J., Trompet, S., Meskers, C. G. M., & Maier, A. B. (2021). Clinical determinants of low handgrip strength and its decline in the oldest old: the Leiden 85-plus Study. *Aging clinical and experimental research*, 33(5), 1307–1313. <https://doi.org/10.1007/s40520-020-01639-4>

46. Alexandre, T. D. S., Duarte, Y. A. O., Santos, J. L. F., & Lebrão, M. L. (2019). Prevalence and associated factors of sarcopenia, dynapenia, and sarcodynepenia in community-dwelling elderly in São Paulo - SABE Study. Prevalência e fatores associados à sarcopenia, dinapenia e sarcodinapenia em idosos residentes no Município de São Paulo - Estudo SABE. *Revista brasileira de epidemiologia = Brazilian journal of epidemiology*, 21(Suppl 02)(Suppl 02), e180009. <https://doi.org/10.1590/1980-549720180009.supl.2>
47. Feitosa, R. S., Marini, A. C. B., & Pimentel, G. D. (2022). Association of Fat Mass with SARC-F in Older Patients Undergoing Haemodialysis. *The journal of nutrition, health & aging*, 26(2), 183–186. <https://doi.org/10.1007/s12603-022-1737-4>
48. Duarte, M., Ribeiro, H. S., Almeida, L. S., Baião, V. M., Inda-Filho, A., Avesani, C. M., Ferreira, A. P., & Lima, R. M. (2022). SARC-F and SARC-CalF are associated with sarcopenia traits in hemodialysis patients. *Nutrition in clinical practice : official publication of the American Society for Parenteral and Enteral Nutrition*, 37(6), 1356–1365. <https://doi.org/10.1002/ncp.10819>
49. Lin, Y. L., Hou, J. S., Lai, Y. H., Wang, C. H., Kuo, C. H., Liou, H. H., & Hsu, B. G. (2020). Association of SARC-F Questionnaire and Mortality in Prevalent Hemodialysis Patients. *Diagnostics (Basel, Switzerland)*, 10(11), 890. <https://doi.org/10.3390/diagnostics10110890>
50. Wang, Y., Meng, T., Yang, W., Yan, M., Su, X., Wang, X., Chen, L., & Ren, Y. (2023). Association of grip strength and comorbidities with all-cause mortality in the older hypertensive adults. *Frontiers in public health*, 11, 1162425. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2023.1162425>
51. Kim J. (2021). Handgrip Strength to Predict the Risk of All-Cause and Premature Mortality in Korean Adults: A 10-Year Cohort Study. *International journal of environmental research and public health*, 19(1), 39. <https://doi.org/10.3390/ijerph19010039>
52. López B. R., Andersen, L. L., Koyanagi, A., Núñez-Cortés, R., Calatayud, J., Casaña, J., & Del Pozo Cruz, B. (2022). Thresholds of handgrip strength for all-cause, cancer, and cardiovascular mortality: A systematic review with dose-response meta-analysis. *Ageing research reviews*, 82, 101778. <https://doi.org/10.1016/j.arr.2022.101778>
53. Jeong, W., Moon, J. Y., & Kim, J. H. (2023). Association of absolute and relative hand grip strength with all-cause mortality among middle-aged and old-aged people. *BMC geriatrics*, 23(1), 321. <https://doi.org/10.1186/s12877-023-04008-8>
54. Hsu, N. W., Lin, C. H., Yang, N. P., Chen, H. C., & Chou, P. (2023). Handgrip strength is associated with mortality in community-dwelling older adults: the Yilan cohort study, Taiwan. *BMC public health*, 23(1), 2194. <https://doi.org/10.1186/s12889-023-17058-9>
55. Laukkanen, J. A., Voutilainen, A., Kurl, S., Araujo, C. G. S., Jae, S. Y., & Kunutsor, S. K. (2020). Handgrip strength is inversely associated with fatal cardiovascular and all-cause mortality events. *Annals of medicine*, 52(3-4), 109–119. <https://doi.org/10.1080/07853890.2020.1748220>
56. Esteban C. I., Ho, F. K., Petermann R. F., Lyall, D. M., Martinez G. D., Cabanas S. V., Ortega, F. B., Hillman, C. H., Gill, J. M. R., Quinn, T. J., Sattar, N., Pell, J. P., Gray, S. R., & Celis-Morales, C. (2022). Handgrip strength and all-cause dementia incidence and mortality: findings from the UK Biobank

- prospective cohort study. *Journal of cachexia, sarcopenia and muscle*, 13(3), 1514–1525. <https://doi.org/10.1002/jcsm.12857>
57. Lee, Y. H., Kim, J. S., Jung, S. W., Hwang, H. S., Moon, J. Y., Jeong, K. H., Lee, S. H., Lee, S. Y., Ko, G. J., Lee, D. Y., Lee, H. J., & Kim, Y. G. (2020). Gait speed and handgrip strength as predictors of all-cause mortality and cardiovascular events in hemodialysis patients. *BMC nephrology*, 21(1), 166. <https://doi.org/10.1186/s12882-020-01831-8>
 58. Vaishya, R., Misra, A., Vaish, A., Ursino, N., & D'Ambrosi, R. (2024). Hand grip strength as a proposed new vital sign of health: a narrative review of evidences. *Journal of health, population, and nutrition*, 43(1), 7. <https://doi.org/10.1186/s41043-024-00500-y>
 59. Shirai N, Tsubaki A, Morishita S, et al.: La asociación entre el tiempo dedicado a la actividad física y la función física en pacientes ambulatorios con diabetes tipo 2 que pueden tener neuropatía diabética. *Diabetes Metab Syndr*, 2020, 14: 2111–2116.
 60. Dzik KP, Kaczor JJ: Mechanisms of vitamin D on skeletal muscle function: oxidative stress, energy metabolism and anabolic state. *Eur J Appl Physiol*, 2019, 119: 825–839.
 61. Harada T, Obokata M, Kurosawa K, et al.: Relationships of high cardiac output with ventricular morphology, myocardial energetics, and energy costs in hemodialysis patients with preserved ejection fraction. *Int J Cardiovasc Imaging*, 2019, 35: 469–479.
 62. Bhat P, Urooj A, Nalloor S. Changes in body composition in relation to estimated glomerular filtration rate and physical activity in predialysis chronic kidney disease. *Chronic Dis Transl Med*. 2022 Sep 17;8(4):305-313. doi: 10.1002/cdt3.45. PMID: 36420172; PMCID: PMC9676115.
 63. Zhang L, Wang Y, Xiong L, Luo Y, Huang Z, Yi B. Exercise therapy improves eGFR, and reduces blood pressure and BMI in non-dialysis CKD patients: evidence from a meta-analysis. *BMC Nephrol*. 2019;20(1):398. 10.1186/s12882-019-1586-5
 64. Villanego F, Naranjo J, Vigara LA, et al. Impact of physical exercise in patients with chronic kidney disease: systematic review and meta-analysis. *Nefrología*. 2020;40(3):237-252. 10.1016/j.nefro.2020.06.012
 65. Lai S., Muscaritoli M., Andreozzi P., Sgreccia A., De Leo S., Mazzaferro S., et al. Sarcopenia and cardiovascular risk indices in patients with chronic kidney disease on conservative and replacement therapy. *Nutrition*. 2019;62:108–114.
 66. Chalupsky M., Goodson D.A., Gamboa J.L., Roshanravan B. New insights into muscle function in chronic kidney disease and metabolic acidosis. *Curr Opin Nephrol Hypertens*. 2021;30:369–376.
 67. Chen S.C., Chung W.S., Wu P.Y., Huang J.C., Chiu Y.W., Chang J.M., et al. Associations among geriatric nutrition risk index, bone mineral density, body composition and handgrip strength in patients receiving hemodialysis. *Nutrition*. 2019;65:6–12
 68. Thome T, Kumar RA, Burke SK, Khattri RB, Salyers ZR, Kelley RC, et al. Impaired muscle mitochondrial energetics is associated with uremic metabolite accumulation in chronic kidney disease. *JCI Insight*. 2021;6:1:1–20. <http://doi.org/10.1172/jci.insight.139826>.

69. Ghafourifard M, Mehrizade B, Hassankhani H, Heidari M. Hemodialysis patients perceived exercise benefits and barriers: the association with health-related quality of life. *BMC Nephrol.* 2021;22:94
70. Ribeiro HS, Cunha VA, Baiao VM, Almeida LS, Dourado GÍ, Carvalho HL, et al. Intradialytic isometric handgrip exercise does not cause hemodynamic instability: a randomized, crossover, pilot study. *Ther Apher Dial.* 2020;25:282–9. <https://doi.org/10.1111/1744-9987.13581>
71. Lee YL, Jin H, Lim JY, Lee SY. Relationship between low handgrip strength and chronic kidney disease: KNHANES 2014-2017. *J Ren Nutr.* 2021;31:57–63.
72. Wilkinson TJ, Miksza J, Yates T, Lightfoot CJ, Baker LA, Watson EL, Zaccardi F, Smith AC. Association of sarcopenia with mortality and end-stage renal disease in those with chronic kidney disease: a UK Biobank study. *J Cachexia Sarcopenia Muscle.* 2021 Jun;12(3):586-598. doi: 10.1002/jcsm.12705. Epub 2021 May 5. PMID: 33949807; PMCID: PMC8200422.
73. Bennett, P. N., Thompson, S., & Wilund, K. R. (2019). An introduction to Exercise and Physical Activity in Dialysis Patients : Preventing the unacceptable journey to physical dysfunction. *Semin Dial*, 32(4), 281–282. doi:10.1111/sdi.12816
74. Viana JL, Martins P, Parker K, et al. Sustained exercise programs for hemodialysis patients: The characteristics of successful approaches in Portugal, Canada, Mexico, and Germany. *Semin Dial.* 2019;32:320–330. <https://doi.org/10.1111/sdi.12814>
75. Hwang, S.-H., Lee, D. H., Min, J., & Jeon, J. Y. (2019). Handgrip Strength as a Predictor of All-Cause Mortality in Patients With Chronic Kidney Disease Undergoing Dialysis: A Meta-Analysis of Prospective Cohort Studies. *Journal of Renal Nutrition.* doi:10.1053/j.jrn.2019.01.002
76. Zhang, F., Wang, H., Bai, Y. et al. Handgrip strength and all-cause mortality in patients with chronic kidney disease: an updated systematic review and meta-analysis of cohort studies. *Int Urol Nephrol* 55, 2857–2865 (2023). <https://doi.org/10.1007/s11255-023-03603-3>
77. Kim, J.-K., Kim, S. G., Oh, J.-E., Lee, Y.-K., Noh, J.-W., Kim, H. J., & Song, Y. R. (2019). Impact of sarcopenia on long-term mortality and cardiovascular events in patients undergoing hemodialysis. *The Korean Journal of Internal Medicine*, 34(3), 599–607. doi:10.3904/kjim.2017.083
78. Tian, Lu & Cha, Yan & Li, Qian & Yuan, Jing. (2019). Handgrip Strength and Mortality in Maintenance Hemodialysis Patients. *Iranian Red Crescent Medical Journal.* In Press. 10.5812/ircmj.97860.
79. Troutman AD, Arroyo E, Lim K, Moorthi RN, Avin KG. Skeletal Muscle Complications in Chronic Kidney Disease. *Curr Osteoporos Rep.* 2022 Dec;20(6):410-421. doi: 10.1007/s11914-022-00751-w. Epub 2022 Sep 23. PMID: 36149594; PMCID: PMC10064704.
80. Correa HL, Moura SRG, Neves RVP, Tzanno-Martins C, Souza MK, Haro AS, et al. Resistance training improves sleep quality, redox balance and inflammatory profile in maintenance hemodialysis patients: a randomized controlled trial. *Sci Rep.* 2020;10(1): 11708. [PubMed: 32678132]
81. Ekramzadeh M, Santoro D, Kopple JD. The Effect of Nutrition and Exercise on Body Composition, Exercise Capacity, and Physical Functioning in Advanced CKD Patients. *Nutrients.* 2022 May 20;14(10):2129. doi: 10.3390/nu14102129. PMID: 35631270; PMCID: PMC9143955.

