



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE MEDICINA  
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN  
SECRETARÍA DE SALUD  
INSTITUTO NACIONAL DE PEDIATRÍA**

**“Reporte preliminar: Efecto de la suplementación nutricional oral y terapia de actividad física durante la sesión de hemodiálisis sobre el ángulo de fase, la composición corporal, perfil bioquímico y función física en niños con enfermedad renal crónica en hemodiálisis.”**

**TESIS**

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
ESPECIALISTA EN NEFROLOGÍA PEDIÁTRICA**

**PRESENTA:**

**DRA. AURORA ESTEFANÍA GUILLÉN GRAF**

**TUTOR:**

**DRA. ANA CECILIA NAVARRO RAMÍREZ**



CIUDAD DE MEXICO. 202



Universidad Nacional  
Autónoma de México



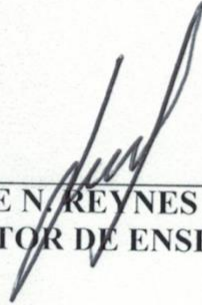
**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

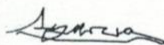
**Reporte preliminar: Efecto de la suplementación nutricional oral y terapia de actividad física durante la sesión de hemodiálisis sobre el ángulo de fase, la composición corporal, perfil bioquímico y función física en niños con enfermedad renal crónica en hemodiálisis.**



**DR. JOSE N. REYNES MANZUR**  
**DIRECTOR DE ENSEÑANZA**



**DR. MANUEL ENRIQUE FLORES LANDERO**  
**JEFE DEL DEPARTAMENTO DE PRE Y POSGRADO**



**DR. SILVESTRE GARCÍA DE LA PUENTE**  
**PROFESOR TITULAR DEL CURSO DE NEFROLOGÍA PEDIÁTRICA**



**TUTOR DE TESIS**  
**DRA. ANA CECILA NAVARRO RAMÍREZ**

## Resumen

**Antecedentes:** La enfermedad renal crónica en pacientes pediátricos resulta ser un problema grave en términos de salud pública, ya que estos pacientes suelen presentar una mayor morbimortalidad. Una de las estrategias a nivel mundial para reducir las complicaciones en los niños con ERC es el establecimiento de programas de ejercicio intradiálisis ya que se ha visto que incrementa los índices de resistencia del ejercicio y aporta múltiples beneficios a nivel fisiológico, bioquímico y psicológico. También se ha visto que incrementa la eficiencia de las sesiones de hemodiálisis.

**Objetivo general:** Medir el efecto de la suplementación nutricional oral en conjunto con una terapia de actividad física durante las sesiones de hemodiálisis en la composición corporal, en el ángulo de fase, en la evaluación funcional y el perfil bioquímico, en niños con enfermedad renal crónica en terapia de sustitución renal con hemodiálisis

**Material y métodos:** Se realizará un ensayo clínico de etiqueta abierta, no cegado, prospectivo y longitudinal, con duración de 13 semanas. Para fines de esta tesis, se hizo un estudio descriptivo de las valoraciones funcionales, bioquímicas, antropométricas y de ángulo de fase que se realizaron en la etapa de pre-visita.

**Análisis estadístico:** Se analizaron variables numéricas de la pre-visita mediante promedio y desviación estándar o mediana, mínimo y máximo dependiendo del tipo de distribución. Las variables categóricas se resumirán con frecuencias y porcentajes. Se hizo una correlación de Pearson para buscar asociación entre el ángulo de fase total y el IMC.

**Resultados:** Se analizaron 10 participantes en la fase de pre-visita con una edad promedio de 14.8 años de los cuales 50% pertenecían al sexo femenino y al masculino. De las valoraciones antropométricas, la mayoría de los pacientes tuvo afección de talla y peso, sin embargo, el 70% mantenían un estado nutricional normal según la z de IMC. Con relación a las hemodiálisis, sólo 20% tuvieron KTV en meta dentro de sus controles mensuales. En el perfil bioquímico pudimos observar que la mayoría tiene alteraciones en el metabolismo calcio/fósforo, y que ninguno tiene Hb sérica en metas para la edad. En cuanto a la impedanciometría, sólo 1 paciente presentó sobrecarga hídrica, y todos tuvieron adecuada masa muscular. En cuanto a la correlación del ángulo de fase y el IMC fue positiva. El 50% de los pacientes tienen una actividad “sedentaria”

y el resto son “activos” según los resultados del cuestionario de PAQ. El promedio de gasto energético en reposo fue de 954.9 calorías y el gasto energético total de 1309.5 calorías.

**Discusión y conclusiones:** A pesar de que la mayoría de los pacientes en este momento no tienen una desnutrición aguda, y se mantienen con IMC adecuado y perfil bioquímico nutricional normal, aún cuentan con múltiples factores de riesgo cardiovascular, por lo que es importante establecer medidas para disminuir los factores modificables. Actualmente, el protocolo se encuentra en el inicio de las intervenciones intradialíticas. Es importante realizar estrategias en nuestras unidades de hemodiálisis con el fin de poder mejorar las condiciones nutricionales y disminuir el riesgo cardiovascular que condiciona una alta mortalidad en estos pacientes.

## **Agradecimientos**

Termina esta etapa tan grandiosa de mi vida llamada residencia que fue una época de muchos retos, pero también de muchas gratificaciones.

Quiero agradecer a mi familia por apoyarme desde un inicio cuando tomé la decisión de estudiar medicina, y por siempre ser parte de todos mis sueños.

A mi futuro esposo que fue clave en mi residencia de pediatría y de subespecialidad quien fue mi motor y logró aguantarme en todos mis momentos de debilidad.

A mis amigas de Monterrey que, a pesar de la distancia, siempre han estado conmigo en alma.

A mis amigos de la residencia, en especial a Arturo y Cyntia que gracias a ellos nunca me faltó un día de risas.

A mis compañeras, amigas y futuras colegas que fuimos el mejor equipo que pudo haber existido y con quienes no sólo compartí el amor al chisme, si no la pasión por la nefrología.

A mis maestras y adscritas, a mi jefa la dra. Bojorquez y al Dr. García de la Puente que fueron clave en mi aprendizaje en estos dos años. Quiero agradecer a la dra. Ceci que desde que fue mi R3 en pediatría me enamoró de la nefrología, y hasta la fecha, disfruto cuando me comparte datos curiosos.

A los investigadores del proyecto, en especial a Isa y Adri que me ayudaron a terminar mis valoraciones.

Y por último, a la vida que me ha permitido disfrutarla mucho, y que hoy me permite cerrar un ciclo e iniciar una nueva aventura.

## ÍNDICE

<b>1. Pregunta de investigación.....</b>	<b>08</b>
<b>2. Introducción.....</b>	<b>08</b>
2.1 <i>Enfermedad renal crónica.....</i>	<i>08</i>
2.2 <i>Hemodiálisis.....</i>	<i>12</i>
2.3 <i>Estado de nutrición en niños con ERC.....</i>	<i>14</i>
2.4 <i>Actividad física en niños con ERC.....</i>	<i>16</i>
2.5 <i>Valoración de capacidad funcional.....</i>	<i>18</i>
2.6 <i>Suplementación nutricional.....</i>	<i>21</i>
2.7 <i>Composición corporal y ángulo de fase.....</i>	<i>22</i>
<b>3. Planteamiento del problema.....</b>	<b>23</b>
<b>4. Justificación.....</b>	<b>24</b>
<b>5. Objetivos.....</b>	<b>25</b>
5.1 <i>Objetivo general.....</i>	<i>25</i>
5.2 <i>Objetivos primarios.....</i>	<i>25</i>
5.3 <i>Objetivos secundarios.....</i>	<i>26</i>
<b>6. Hipótesis.....</b>	<b>26</b>
<b>7. Material y Métodos.....</b>	<b>26</b>
7.1 <i>Diseño del estudio.....</i>	<i>26</i>
7.2 <i>Población objetivo.....</i>	<i>26</i>
7.3 <i>Población Elegible.....</i>	<i>26</i>
7.4 <i>Criterios de Selección.....</i>	<i>27</i>
7.5 <i>Técnica de muestreo.....</i>	<i>27</i>
7.6 <i>Cuadro de variables.....</i>	<i>27</i>
7.7 <i>Descripción general del estudio.....</i>	<i>34</i>
7.8 <i>Tamaño de muestra.....</i>	<i>41</i>
7.9 <i>Análisis estadístico.....</i>	<i>41</i>
<b>8. Resultados.....</b>	<b>41</b>
<b>9. Discusión.....</b>	<b>46</b>
<b>10. Conclusiones.....</b>	<b>48</b>
<b>11. Bioseguridad.....</b>	<b>49</b>
<b>12. Aspectos éticos.....</b>	<b>50</b>
<b>13. Cronograma del estudio.....</b>	<b>52</b>
<b>14. Referencias.....</b>	<b>54</b>
<b>15. Anexos.....</b>	<b>57</b>

*Anexo 1 Cuestionario de actividad física para niños PAQ-C*

*Anexo 2 Cuestionario de actividad física para adolescentes PAQ-A*

*Anexo 3 Carta de Consentimiento Informado*

*Anexo 4 Carta de Asentimiento Informado para menores de 12 años*

*Anexo 5 Carta de Asentimiento Informado para mayores de 12 años*

*Anexo 6 Aviso de Privacidad*

*Anexo 7 Aviso de Privacidad para Testigos*

*Anexo 8 Hoja de Historia Clínica por Visita*

*Anexo 9 Hoja de control por sesión*

*Anexo 10 Diario de alimentación por semana*



## 1. Pregunta de Investigación

¿Cuál es el efecto de la suplementación nutricional oral en conjunto con una terapia de actividad física durante las sesiones de hemodiálisis en la composición corporal, en el ángulo de fase, en la evaluación funcional y el perfil bioquímico, en niños con enfermedad renal crónica en terapia de sustitución renal con hemodiálisis?

## 2. Introducción

### 2.1. Enfermedad renal crónica

La enfermedad renal crónica (ERC) es un problema de salud pública a nivel mundial que afecta tanto la calidad de vida e incrementa la morbimortalidad de los pacientes que la padecen representando un reto a los sistemas de salud. En la población pediátrica muy poco se conoce sobre su epidemiología. Una de las publicaciones más importantes sobre este tema fue el ItaliKid Project, un estudio prospectivo iniciado en 1990 basado en registros italianos donde se incluyeron a niños y pacientes menores de 20 años con filtrado glomerular (FG) menor a 75 ml/min/1.73m<sup>2</sup>, y reportaron una incidencia de 12,1 casos y prevalencia de 74.7 por millón en la población de la edad relacionada.<sup>1</sup> En nuestro país no se conocen estas cifras, ya que no existe un registro a nivel nacional, pero según Medeiros y Muñoz (2011) reportan en el boletín médico del Hospital Infantil de México que se puede estimar que existen de 3000 a 6000 casos en niños.<sup>2</sup>

En 2003, la Fundación Nacional del Riñón propuso una nueva definición de esta entidad que consistía en incluir a todos los pacientes en edad pediátrica que tuvieran daño funcional o estructural o disminución del **FG** menor a 60 ml/min/1.73m<sup>2</sup> por más de 3 meses.<sup>1</sup> El daño renal puede manifestarse por anormalidades en la sangre, orina, estudios de imagen o patología en la biopsia del riñón, y se definieron 5 estadios (Tabla 1).

Estadio	TFG (ml/min/173m <sup>2</sup> )
---------	---------------------------------

1	>o= 90 con daño estructural
2	60-89
3	30-59
4	15-29
5	<15

En el 2013, la KDIGO publicó una nueva definición y clasificación donde se definía a la enfermedad renal crónica como la presencia de anomalías en la función o estructura del riñón por más de tres meses que consistían en albuminuria, anomalías en el sedimento urinario, electrolitos o asociadas a desórdenes tubulares, anomalías detectadas en la histología, imagen o historia de trasplante renal; y se propone la siguiente clasificación (Tabla 2):

Estadio FG (ml/min/173m2)		
1	>o=90	Normal o alto
2	60-89	Descenso ligero

3a	45-59	Descenso ligero a moderado
3b	30-44	Descenso moderado a severo
4	15-29	Descenso severo
5	<15	Falla renal

Sin embargo, se deben tener varias consideraciones al usar esta definición. La primera es el tiempo de duración de tres meses, que no puede aplicarse en los pacientes menores de 3 meses de edad, y el criterio del filtrado glomerular no aplica en los menores de 2 años, ya que en estos pacientes se encuentra disminuida de manera fisiológica como parte del desarrollo, por lo que en este grupo de edad se deben considerar tablas específicas.<sup>1</sup>

Otra consideración es la estimación del FG, El método ideal de estimación es con la depuración de inulina, sin embargo, requiere de la infusión intravenosa constante de este marcador y la recolección seriada de orina a través de la cateterización vesical en pacientes pequeños, por lo que su realización resulta difícil. Las técnicas de iohexol y iodotalamato también resultan útiles, pero suelen ser costosas y difíciles de aplicar. Hay que recordar que el iohexol hasta la fecha, no está aprobado por la FDA como método de medición del filtrado glomerular. Durante los últimos años, se han desarrollado diferentes fórmulas que han sido probadas y han resultado ser específicas para la estimación del FG. La más reconocida y utilizada en niños es la fórmula de Schwartz que consiste en utilizar la talla en centímetro, la creatinina sérica y una constante que cambia según la edad del paciente (0.45 para lactantes, 0.55 para niños y adolescentes mujeres, y 0.7 para adolescentes varones) la cual deriva de la medición de creatinina sérica por medio del método de Jaffe que se basa en una reacción colorimétrica.<sup>1</sup>

### **FG: (Talla en cm X constante) / creatinina sérica**

Recientemente, los métodos de medición de creatinina han cambiado y se ha optado por el método enzimático, por lo que la nueva constante de la fórmula se estandarizó para los pacientes de 1 a 16 años en 0.413. Sin embargo, la creatinina aunque es un recurso económico y muy accesible, no es considerado un buen marcador, porque depende de muchos factores especialmente en la masa muscular del paciente.<sup>1</sup>

Una de las principales tareas del pediatra es identificar a los pacientes que se encuentran en riesgo, ya que lo ideal es detectar a los niños y adolescentes en estadios tempranos con el fin de que se puedan referir con el nefrólogo pediatra y que de manera conjunta se lleve un seguimiento para limitar la progresión a estadio final y evitar el desarrollo de las comorbilidades asociadas a los estadios finales. Dentro de los factores de riesgo que se han asociado al desarrollo de la enfermedad renal crónica son los pacientes con antecedente de prematurez y bajo peso al nacer, niños con anomalías estructurales renales, historia de haber presentado lesión renal aguda o pacientes con obesidad o hipertensión arterial.<sup>3</sup>

A diferencia de los adultos, donde las principales causas de enfermedad renal crónica son la nefropatía diabética y a la hipertensión arterial esencial, en los niños las malformaciones renales y del tracto urinario representan 2/3 de las etiologías. Según la NAPRTCS (North American Pediatric Renal Trials and Collaborative Studies) en el 2005 reportó que la uropatía obstructiva representaba el 22% de la etiología, y en segundo lugar la aplasia/hipoplasia/displasia renal con 18%. A diferencia del Italkid Project donde la principal causa fue la hipoplasia y la displasia con un 57.6%. La segunda gran causa son las glomerulopatías, y de estas se ha visto que ha habido un incremento en la incidencia de la glomeruloesclerosis focal y segmentaria del 23 al 50%.<sup>4</sup>

Las manifestaciones clínicas dependen de la etiología y del estadio en que se encuentra el paciente. Con respecto al balance de electrolitos y agua, los pacientes con etiología tubulointersticial las habilidades de concentración se van a encontrar alteradas, por lo que estos pacientes van a presentar poliuria e incremento de la pérdida de electrolitos urinarios. En los pacientes con enfermedad glomerular primaria vamos a encontrar oliguria, edema e hipertensión

arterial, por lo que en ellos lo esencial será limitar líquido y sodio. La regulación ácido-base también se encontrará afectada cuando el paciente tenga una pérdida de la función renal menor a un 50%, y será secundaria a la disminución en la reabsorción de bicarbonato, y a la disminución de la excreción renal de amonio y ácidos titulables. La meta es mantener un bicarbonato sérico mayor o igual a 22 mEq/L para mantener un crecimiento.<sup>4</sup>

En fases avanzadas, se presentan las alteraciones en el metabolismo de calcio y fósforo, donde habrá deficiencia de la activación de la vitamina D por la alfa hidroxilasa e hiperparatiroidismo lo que se va a traducir en talla baja en nuestros pacientes. Aunado a esto, estos niños y adolescentes desarrollarán otros problemas endocrinológicos como pubertad retardada que va a representar un problema tanto de salud física como emocional para ellos.<sup>4</sup> Puede presentarse anemia ya que se encuentra restringida la producción de eritropoyetina, y se presenta también deficiencia de los depósitos de hierro secundario a la desnutrición e hiporexia que desarrollan estos pacientes, por lo que es importante su evaluación y su suplementación.<sup>4</sup>

El síndrome urémico representa uno de los principales problemas en estos pacientes, ya que conforme disminuye el filtrado glomerular se va perdiendo el mecanismo de eliminación de solutos urémicos: sustancias como urea (la más estudiada y fácil de medir), beta 2-microglobulina, ácido guanidil succínico y fenoles, entre otros. Este síndrome se presenta en un amplio espectro clínico que va desde manifestaciones neurológicas como la encefalopatía urémica, alteraciones hematológicas, gastropatía urémica o alteraciones en la piel.<sup>4</sup>

Otra importante complicación de los pacientes nefrópatas es el riesgo cardiovascular, ya que existen múltiples factores por los cuales la estructura y función cardiaca se puede ver afectada. La primera es la hipertensión arterial. La fisiopatología de ésta corresponde a una compleja interacción de mecanismos donde el incremento del volumen vascular secundario a la oliguria o anuria, la retención de sodio, la resistencia del péptido natriurético atrial, la estimulación del sistema nervioso simpático; y el aumento de las resistencias vasculares periféricas principalmente por la activación del sistema renina-angiotensina-aldosterona, así como el aumento de factores vasoconstrictores como la endotelina, y la disminución de sustancias vasodilatadores contribuyen a la resistencia que tiene el tratamiento de esta entidad. La KDIGO recomienda basado en el estudio ESCAPE que la meta de control se encuentre por debajo de la

p50 para la edad, talla y sexo con el fin de disminuir la progresión a estadio terminal de la enfermedad renal crónica.<sup>4</sup>

Los pacientes con enfermedad renal crónica suelen ser pacientes desnutridos y con talla baja por los múltiples factores que se han ido mencionando, teniendo como principal causa la deficiencia en la ingesta de nutrientes que pudiera ser secundaria a la hiporexia relacionada a la uremia. Es por eso, que una vez corregido todos los factores asociados al déficit de crecimiento (acidosis metabólica, hiponatremia, hipocalcemia, etc.) también se dé un asesoramiento nutricional donde se busque una dieta equilibrada con las calorías suficientes para el requerimiento del paciente y una correcta repartición de macronutriente que puedan asegurar una adecuada nutrición.<sup>4</sup>

Una vez que el paciente llega al estadio 4, es importante que el nefrólogo pediatra sea más estricto y tengan un seguimiento más estrecho de sus pacientes, y que el principal objetivo en este estadio sea la preparación del niño o adolescente a una terapia de reemplazo. Dentro de las terapias de reemplazo disponibles tenemos la diálisis peritoneal, hemodiálisis y el trasplante renal. La decisión será con base en las características clínicas del paciente, y del entorno social, con el fin de que se tenga el mejor apego por parte de la familia y el niño. En un estudio europeo, los principales factores que priorizaron la decisión de la terapia fueron la edad del paciente, la decisión del familiar, la distancia a una unidad de hemodiálisis, la condición social y la disponibilidad del centro. Sin embargo, esto depende de cada país y centro.<sup>5</sup> Otro factor a considerar dentro de la decisión es el mantenimiento de la función renal residual, con lo que la diálisis peritoneal se ha asociado con menor riesgo de pérdida de ésta. Lo importante es que esta decisión sea tomada de manera conjunta con un equipo disciplinario tomando en cuenta el deseo del familiar y del paciente.<sup>6</sup>

## 2.2. *Hemodiálisis*

Se estima que la prevalencia global de los niños que requieren de una terapia de reemplazo renal es de 18 a 100 por millón de población relacionada con la edad. En México, no se tiene una estimación ni registro de los pacientes que se encuentran en esta situación.<sup>7</sup>

Como ya se habló anteriormente, lo ideal es ingresar a los pacientes en estadio 5 a programas donde se les inicie un protocolo de trasplante, sin embargo, muchas de las veces esto no suele

ser una opción a corto plazo, por lo que iniciar una terapia de reemplazo se convierte en una necesidad.<sup>7</sup>

La hemodiálisis es el proceso físico-químico mediante el cual se produce un intercambio entre dos soluciones separadas por una membrana semipermeable. En el caso de la hemodiálisis, estos compartimentos serán la sangre del paciente y el otro la solución dializante. Los mecanismos físicos principales serán la difusión que se refiere al movimiento de solutos de un gradiente de mayor concentración a uno de menor concentración a través de una membrana semipermeable, y la convección y ultrafiltración que van a referirse a la cantidad de agua y solutos que pasan a través de una membrana provocado por un gradiente de presión. La membrana del dializador permitirá el paso bidireccional de agua y partículas menores a 50,000 Dalton (consideradas como pequeño y mediano peso molecular). Tomando en cuenta esto, vamos a tener muchas modalidades como lo es la hemofiltración, hemodiálisis y la hemodiafiltración.<sup>8</sup>

La dialisancia o capacidad de difusión va a depender del producto de la permeabilidad y área de superficie de la membrana ( $K_{oa}$ ) y va a medir en ml/min. La ultrafiltración dependerá de los gradientes de presiones tanto hidrostáticas como coloidosmóticas, y de la permeabilidad hidráulica de la membrana o también conocido como coeficiente de ultrafiltración ( $K_{uf}$ ). Otro concepto importante para considerar es el aclaramiento de un soluto ( $K_d$ ) que corresponderá a la cantidad de sangre totalmente depurada de éste en una unidad de tiempo (ml/min), y el  $K_d$  va a depender del  $K_{oa}$  del dializador, el flujo sanguíneo y el flujo dializante.<sup>8</sup>

En la práctica clínica, el  $Kt/V$  ( $K$ : aclaramiento de urea para el dializador L/h,  $t$ : tiempo de duración de la sesión en horas, y  $V$ : volumen de distribución de urea en litros) corresponde a la dosis de diálisis (volumen de plasma aclarado de urea respecto al volumen total del plasma del organismo) donde un valor de 1 expresa una diálisis perfecta (aclaramiento de todo el volumen plasmático).<sup>8</sup>

Dentro de las contraindicaciones absolutas se encuentra la falta de acceso vascular, lactantes o niños pequeños por el volumen que requiere el equipo extracorpóreo o la intolerancia a cambios rápidos del volumen plasmático.<sup>8</sup>

La hemodiálisis por lo general se realiza en un centro especializado 3 veces a la semana de 3 a 5 horas por sesión. En cuanto al acceso vascular, la fístula arteriovenosa se prefiere sobre los accesos centrales ya que estas alcanzan un mayor flujo gracias a la inserción de agujas anchas, sin embargo, en niños pequeños esto suele ser un procedimiento traumático, por lo que en la mayoría de las unidades pediátricas los accesos centrales corresponden a la técnica más utilizada. Hay que tomar en cuenta que esta opción representa un mayor riesgo de infección y disfunción. La decisión del catéter y su colocación será conforme a las características clínicas del paciente y el tiempo del estipulado para que se realice el trasplante renal.<sup>7</sup>

En niños, la prescripción de hemodiálisis debe ser individualizada, y se debe priorizar la optimización del estado nutricional. Debido a que la diálisis per se no es capaz de corregir por completo las múltiples funciones del riñón que se pierden en la ERC, los medicamentos y las recomendaciones dietéticas son necesarias en los niños con hemodiálisis.<sup>6</sup>

### 2.3. *Estado de nutrición en niños con ERC*

Las consecuencias de la ERC afectan de manera dramática el estado nutricional y la velocidad de crecimiento durante la infancia. La falta de apetito, el aumento de la pérdida de energía proteica y los desbalances hormonales están asociados al aumento de morbilidad de los pacientes con ERC.<sup>8</sup> En el 2006 en el estudio NAPRTCS reportó que un tercio de un total de 5000 niños con ERC alcanzaron una talla final por debajo del percentila 3, o mostraban una estatura media por debajo de la DS -1.88.<sup>10</sup>

El impacto nutricional en el crecimiento es significativo en todos los niños, sin embargo, suele ser más profundo en los lactantes y niños menores. En los adolescentes, se puede observar una disminución en el pico de la velocidad de crecimiento y una talla menor que la talla esperada.

El factor más importante que contribuye a la talla baja y desnutrición en estos pacientes es por la pobre ingesta de calorías y macronutrientes, por lo que el mejorar la nutrición es la estrategia más efectiva para mantener y estimular la velocidad de crecimiento.<sup>9</sup> La talla baja en pacientes con ERC es multifactorial y está asociada a alteraciones en la hormona de crecimiento y del factor de crecimiento insulínico tipo 1, alteraciones electrolíticas, hiperparatiroidismo



secundario, déficit nutricional, acidosis metabólica, uremia, anemia y su estado inflamatorio crónico.<sup>10</sup>

La evaluación del estado nutricional y su tratamiento es esencial en el manejo integral del paciente con ERC. La KDOQI en el 2008 realizó una actualización en la guía de práctica clínica sobre la nutrición en pacientes pediátricos con ERC. En ella establece que los pacientes en estadio 2 a 5 deben ser evaluados periódicamente, por lo menos 2 veces más frecuente que cualquier otro niño sano de la misma edad con los siguientes parámetros: diario de ingesta, gráficas de percentilas o DS de talla o peso para la edad, gráficas de percentilas o DS de velocidad de crecimiento estimación de peso seco, índice de masa corporal, tasa de catabolismo proteico estándar (PCR) y normalizada (nPCR) en pacientes con hemodiálisis en estadio 5. Recomiendan que el manejo nutricional y la corrección de las alteraciones metabólicas sea agresivo en pacientes en estadios 2-5 con talla baja (definida como talla menor a la DS -1.88 o talla para la edad menor de la p3). La terapia con hormona de crecimiento recombinante debe de considerarse en pacientes con talla baja con potencial crecimiento lineal después de haber recibido tratamiento intensivo por tres meses.<sup>11</sup>

Otro de los índices que se debe de tomar en cuenta al momento de la evaluación nutricional en el paciente en hemodiálisis es la tasa de generación de urea que estará determinado por el aumento en el nivel de nitrógeno ureico en sangre (BUN) desde el final del primer tratamiento de HD hasta el comienzo del siguiente tratamiento.<sup>11</sup> La fórmula es la siguiente:

$$GU = \frac{(\text{peso pre 2da HD} * \text{BUN pre 2da HD}) - (\text{Peso post 1ra HD} * \text{BUN post 1ra HD})}{\text{tiempo interdialítico}}$$

La ingesta calórica inadecuada da como resultado el uso ineficiente de proteínas dietéticas como fuente de calorías, con una mayor generación de urea. En todas las condiciones, al menos el 50% de la ingesta de proteínas en la dieta debe ser de alto valor biológico para proteger las proteínas corporales y minimizar la generación de urea.<sup>11</sup>

Uno de los principales retos dentro de la evaluación nutricional es la determinación de los requerimientos calóricos que se requieren para optimizar el soporte nutricio con el fin de reducir

los efectos de la sobre o infra-alimentación. Esto se dificulta aún más en pacientes con condiciones crónicas, ya que presentan muchos factores que influyen en su gasto energético en reposo (GER). Este último término se define como el gasto energético de 24 horas que el cuerpo necesita para mantener funciones involuntarias como la respiración, gasto cardíaco y regulación de la temperatura. En adultos sanos sedentarios esto representa  $\frac{2}{3}$  del gasto energético total. La calorimetría indirecta es considerada como el estándar de oro para la medición del gasto energético en reposo y se realiza a partir de la medición del consumo de O<sub>2</sub> (VO<sub>2</sub>) y de la producción del dióxido de carbono (VCO<sub>2</sub>). Aparte del GER, otros parámetros se pueden derivar de este método como lo es la utilización de sustratos. El ratio de VCO<sub>2</sub>/VO<sub>2</sub> define el coeficiente respiratorio (RQ) que corresponde al uso del sustrato. La oxidación de glucosa genera un RQ de 1.<sup>12</sup>

La calorimetría indirecta se puede realizar tanto en pacientes intubados como en pacientes con respiración espontánea. En este último grupo, el sujeto se coloca debajo de un dosel transparente con un paño de plástico para evitar fugas de aire. El calorímetro recopila los intercambios respiratorios para el análisis de gases y permite el cálculo de GER utilizando la ecuación de Weir (GER (kcal/día) = (VO<sub>2</sub> × 3.941) + (VCO<sub>2</sub> × 1.11)).<sup>12</sup>

#### 2.4. *Actividad física en niños con ERC*

El sedentarismo que generalmente se encuentra en los pacientes con ERC contribuye a una reducción en la calidad de vida y en las actividades de la vida diaria. Recientemente se ha visto que incrementar la actividad física puede desacelerar la progresión de la ERC en pacientes en estadios 3 y 4. La KDIGO recomienda que los pacientes con ERC realicen actividad física por lo menos 30 minutos al día por 5 días a la semana.<sup>13-19</sup>

En los pacientes pediátricos, se han descrito algunas limitaciones en la prescripción del ejercicio, las cuales se definirán más adelante. El conocer estas limitaciones, nos permiten crear programas motivacionales y dirigidos a romper con este tipo de barreras.<sup>20</sup>

No existen cuestionarios especializados para niños con enfermedad renal que valoren la actividad física. Sin embargo, uno de los cuestionarios más utilizados para valorar la actividad física que realizan niños y adolescentes es el Cuestionario de Actividad Física (*Physical Activity Questionnaire*) diseñado en la Universidad de Saskatchewan, Canadá. Ha sido validado en población pediátrica general dividido en dos grupo etáreos: niños de 8 a 13 años en el Cuestionario de Actividad Física para niños (*Physical Activity Questionnaire for Children PAQ-C*) y Cuestionario de Actividad Física para Adolescentes (*Physical Activity Questionnaire PAQ-A*). Una de las limitantes de este cuestionario es que no discrimina entre las distintas intensidades de la actividad física, en otras palabras no clasifica en actividad leve, moderada o vigorosa al niño, únicamente otorga un puntaje de actividad.<sup>21</sup>

#### 2.4.1. *Parámetros fisiológicos*

El flujo sanguíneo renal reducido es directamente proporcional a la actividad física, y podría ser considerado un obstáculo en la prescripción del ejercicio en niños con ERC. Durante el ejercicio, el flujo sanguíneo es direccionado al músculo esquelético, y aunque al inicio la filtración glomerular aumenta, disminuye a medida que la intensidad del ejercicio aumenta.<sup>20</sup>

#### 2.4.2. *Intolerancia al ejercicio*

Los pacientes con ERC tienen un menor consumo máximo de oxígeno (VO<sub>2</sub>max), un índice de aptitud o resistencia cardiorrespiratoria, comparado con la población en general. Esto se debe a múltiples factores como lo son la anemia, falla cardíaca, debilidad muscular e inactividad física, por lo que la tolerancia es menor en estos pacientes. Sin embargo, en estudios se ha visto que un entrenamiento aeróbico regular mejora los índices de resistencia cardiorrespiratoria y el VO<sub>2</sub>mx tanto en niños como en adultos con ERC.<sup>20</sup> El ejercicio aeróbico eleva la capacidad de trabajo, sobre la base del incremento del consumo de oxígeno hasta nivel celular, y aumenta el número de mitocondrias.<sup>22</sup>

#### 2.4.3. *Factores psicosociales*

Algunos factores como la situación económica, el apoyo social y la disponibilidad de facilidades afectan el nivel de actividad física en niños con ERC. Se ha visto que el impulsar y educar a los padres sobre este tema mejora los niveles de ejercicio en estos pacientes. Otra medida es hacer

de la actividad física un momento en el que puedan disfrutar y divertirse, por lo que las sesiones en grupo podrían ser una opción.<sup>20</sup>

Los beneficios del ejercicio en estos pacientes son múltiples entre los más importantes son el reducir los eventos vasculares coronarios y cerebrales, menor riesgo de obesidad, aumenta la fuerza muscular, mejora la tolerancia al ejercicio, se ha visto mejoría en la osteodistrofia renal y talla baja, efectos antiinflamatorios y efectos positivos en la calidad de vida y emocional.<sup>23-25</sup>

### *2.5 Valoración de la capacidad funcional*

Se ha utilizado la prueba de caminata de 6 minutos en diversos estudios para la valoración de la capacidad funcional en pacientes con ERC. Ésta consiste en evaluar la respuesta de los sistemas respiratorio, cardiovascular, metabólico, musculoesquelético y neurosensorial del paciente durante el ejercicio.<sup>26</sup> Es una herramienta segura para los pacientes con enfermedad renal crónica, de fácil aplicación y de bajo costo.<sup>26,27</sup>

El propósito de la prueba es medir la distancia máxima que un individuo puede recorrer durante un periodo de 6 minutos tan rápido como le sea posible. De acuerdo con la velocidad a la que camina se determinarán los metros recorridos. Esta prueba se lleva a cabo en un corredor de superficie plana de 20 a 30 metros de longitud, de preferencia en interiores y evitando el tránsito de personas ajenas a la prueba. Se mide el número de metros caminados o bien, el porcentaje del predicho de los metros caminados especificando la ecuación de referencia utilizada. El objetivo es comparar los resultados de la prueba pre y post tratamiento.<sup>26</sup>

La actividad física en los pacientes con ERC resulta esencial en el tratamiento integral de estos pacientes, ya que contribuye a mejorar el riesgo cardiovascular, el consumo muscular, la talla final en los niños y la calidad de vida, por lo que en los últimos años ha sido objeto de estudio. Con respecto a los pacientes en hemodiálisis, la capacidad de ejercicio es mucho menor que en los niños sanos. El test de caminata de los 6 minutos, la capacidad vital forzada, el test de levantarse de la silla por 1 minuto y la fuerza muscular de las extremidades inferiores están comprometidas en los pacientes con hemodiálisis crónica y se correlaciona con la pérdida energética proteica y la inflamación crónica.<sup>20</sup>

La actividad física terapéutica en pacientes con ERC , debe estar dirigida a influir sobre los factores de progresión y a minimizar los cambios en la homeostasis, a la vez que se incrementa la masa corporal y la resistencia a las modificaciones del medio interno; así como soportar mejor la hemodiálisis, disminuyendo la morbilidad y generando un estado adecuado para la espera y el momento del trasplante.<sup>28</sup>

Existen varios programas de ejercicio aeróbico, ejercicio de resistencia y combinados que han sido probados en pacientes en hemodiálisis. Ya que este tipo de sustitución renal es demandante en tiempo para el paciente y su familia, se han llevado a cabo programas durante la hemodiálisis para aprovechar este al máximo, asegurar el beneficio y preservar el bienestar del paciente durante la rutina de ejercicio.

El primer protocolo de ejercicio intradialítico en adultos se llevó a cabo en 1968 en el Hospital Metodista de Wisconsin donde Painter y colaboradores prescribieron rutina de 30 minutos en la sesión de diálisis y observaron un aumento en el VO<sub>2</sub>max después de tres meses, sin reportarse efectos adversos ni complicaciones durante la rutina.. Este estudio fue el parteaguas de múltiples ensayos, ya que representó una investigación factible, segura y fácil de reproducir con resultados prometedores.<sup>29</sup>

El primer piloto en pediatría se realizó en el 2009 que tuvo sede en el Hospital de Niños de Texas el cual consistía en un programa trimestral con sesiones de 1 hora dos veces a la semana de bicicleta estática, ejercicios isométricos con bola medicinal y Theraband donde se inscribieron 21 pacientes, de los cuales sólo diez pacientes completaron el estudio. Una vez más, no se reportaron efectos adversos y se observó beneficios fisiológicos ya que hubo mejoría en el test de caminata de seis minutos, en el test de levantarse de la silla, en la fuerza de las extremidades inferiores y en el perfil bioquímico que consistía en medir albúmina, creatinina y proteínas totales pre y post-hemodiálisis, así como un aumento en la ingesta calórica, tasa de catabolismo proteico (nPCR) y circunferencia de brazo. Lo que llamó la atención fue que los pacientes tuvieron mejor percepción de la sesión, ya que declararon que el tiempo pasó más rápido, y que deseaban permanecer en el programa. Por lo que una rutina de por lo menos 30 minutos por sesión de dos a tres veces por semana de bicicleta estática resulta de un ejercicio

seguro y con buenos resultados.<sup>30,31</sup> En otro estudio, también se reportó mejoría en la eficiencia de la diálisis tomando en cuenta la medición del KT/v, y mejoría en la calidad de vida.<sup>32</sup>

Se ha descrito que el uso de bicicleta estática presenta varias ventajas como lo es la facilidad del pedaleo en la posición de sedestación durante el tratamiento, menor costo, menor personal entrenado en fisioterapia, permite la autonomía del paciente y es factible, porque no importa el tipo de acceso vascular que tiene el paciente.<sup>31,32</sup> Una de las desventajas es que sólo se ejercita cierto grupos de músculos, isquemia gástrica por redistribución del flujo sanguíneo y lesiones músculo-esqueléticas. Sin embargo, todo esto puede ser prevenido con un calentamiento previo a la sesión.<sup>31,33,34</sup>

Hay varios programas de acuerdo a la frecuencia, intensidad y duración del ejercicio, sin embargo, la mayor parte de ellos involucra realizar la rutina de 2 a 3 veces a la semana (de acuerdo al calendario de sesiones de hemodiálisis requerido), con actividad moderada a vigorosa por 30 minutos o más, de acuerdo a la tolerancia del paciente, en tiempos de 8 a 12 semanas. Al utilizar rutinas aeróbicas, se recomienda monitorizar la intensidad de la actividad con la reserva de frecuencia cardiaca, o con el test subjetivo de esfuerzo (prueba de Borg). A pesar de ser un examen subjetivo, la puntuación general es un estimado de la frecuencia cardiaca y la intensidad del ejercicio.<sup>35</sup>

El puntaje del examen de Borg es numérico simple, va de 6 a 20 puntos, y se pregunta al paciente durante la actividad física. El objetivo de esta prueba es medir la percepción del esfuerzo que realiza un individuo durante el ejercicio. Cada puntaje da una indicación de la intensidad de la actividad que permite al participante acelerar o ralentizar los movimientos. (Tabla 3.)<sup>36</sup>

<b>Puntaje</b>	<b>Nivel de esfuerzo físico</b>
6	Sin esfuerzo
7	Extremo ligero
8-9	Muy ligero

10-11	Ligero
12-13	Algo pesado
14-15	Pesado
16-17	Muy pesado
18-19	Extremadamente pesado
20	Máximo esfuerzo

La escala inusual que va de "6" a "20" tiene una alta correlación entre el puntaje y la frecuencia cardíaca . Por lo tanto, una escala de Borg de 6 corresponde a una frecuencia cardíaca de 60 latidos por minuto en un adulto sano.<sup>36</sup>

Dentro de la experiencia en el Instituto Nacional de Pediatría, se llevó a cabo un estudio piloto a finales del año 2019 en donde se probó seguro el ejercicio intradialítico con bicicleta estática en niños con enfermedad renal crónica en la unidad de Hemodiálisis. En este estudio se contó con la participación de 13 niños, con seguimiento de 8 de ellos, media de edad de  $14.9 \pm 1.2$  años de edad, con el objetivo de evaluar parámetros bioquímicos, hemodinámicos y composición corporal. Se observó tras 12 semanas de ejercicio intradialítico mejoría en la parámetros de composición corporal a través del ángulo de fase en tronco y segmento inferior, así como en masa magra, masa libre de grasa, masa músculo esquelética, y agua corporal total. Los efectos adversos presentados en este grupo de pacientes fue menor que lo reportado en la literatura, comprobando la seguridad del ejercicio durante la sesión de hemodiálisis.<sup>37</sup>

### *2.6 Suplementación nutricional en el paciente con ERC*

El crecimiento en los pacientes pediátricos con ERC es importante, ya que esto repercute principalmente en la talla final y en la función cognitiva. Sin embargo, como se ha ido mencionando, en estos pacientes existen múltiples barreras que impiden una nutrición adecuada para optimizar el crecimiento. Cuando la ingesta en los niños con ERC en estadios 2-5 no es suficiente para lograr los requerimientos energéticos necesarios para alcanzar una ganancia ponderal o un crecimiento adecuado para su edad, la KDOQI recomienda considerar la

suplementación nutricional, inclusive recomienda el uso de alimentación por sonda cuando no se optimizan los requerimientos calóricos por la vía oral.<sup>11</sup>

Existen múltiples opciones de fórmulas que pueden utilizarse, sin embargo, cada una tiene sus especificaciones, las cuales deben ajustarse a las necesidades de cada niño. También existen moduladores que se pueden agregar a las fórmulas o la comida para suplementar calorías, proteínas y grasas. Dentro de los cuales están Polycose® de Abbott Nutrition, Beneprotein®, Microlipid® y MCT oil® de Nestlé, y Duocal® de Nutricia. Debido a la complejidad para elegir el mejor suplemento y tomando en cuenta las características propias de cada paciente, por lo que es importante la asesoría de un nutriólogo con experiencia en niños en ERC.<sup>38</sup>

### *2.6 Composición corporal y ángulo de fase*

El índice de masa corporal (IMC) que se obtiene dividiendo el peso del paciente entre la talla al cuadrado de un individuo ha sido una herramienta útil para el análisis de la masa corporal. Con este parámetro podemos utilizarlo para clasificar a los pacientes en peso bajo, peso normal, sobrepeso y obesidad. Sin embargo, a pesar de sus ventajas, no permite diferenciar entre la masa grasa y la masa libre de grasa, por lo que la bioimpedancia eléctrica resulta una gran estrategia para medir la composición corporal en los pacientes con ERC. Se ha visto que, aparte de ser un método barato, sencillo y no invasivo, permite estimar el agua intracelular, extracelular y total, además de la masa grasa y masa libre de grasa.<sup>39</sup>

La bioimpedancia eléctrica se basa en la conductividad de corrientes eléctricas a través del cuerpo que se cuantifica como el diferencial del potencial eléctrico (resistencia o reactancia). La resistencia se definirá como la oposición que ofrece el cuerpo para el flujo de corriente eléctrica altera y se va a relacionar inversamente con el contenido de agua y electrolitos de los tejidos. La reactancia estará relacionada con la capacitancia de las membranas celulares. Tomando en cuenta estos parámetros podremos obtener el ángulo de fase que podrá utilizar como factor pronóstico. En el 2019, Topete et al realizaron un estudio en donde incluyeron a 99 pacientes en hemodiálisis y concluyeron que la composición corporal evaluada por bioimpedancia es mejor que la valoración únicamente con el IMC.<sup>39</sup>



Recientemente se ha utilizado la bioimpedancia como método para la valoración del estado hídrico en pacientes con hemodiálisis, sin embargo, los estudios reportados en edad pediátrica son muy raros. Existe un estudio reportado en el 2017 en Corea donde observaron que 60% de los pacientes que tuvieron sobrecarga hídrica con el método de bioimpedancia manifestaron síntomas como hipertensión y edema.<sup>40</sup>

El ángulo de fase se determina por la interacción entre los dos vectores de la bioimpedancia que son la resistencia y la reactancia. Se asocia positivamente a la reactancia y negativamente a la resistencia. Para Topete et al (2019), este parámetro representa un marcador pronóstico en pacientes con ERC, porque determina los cambios en la integridad de las membranas celulares y alteración del balance hídrico.<sup>39</sup>

En el 2000, Nagano y colaboradores, publicaron un estudio en donde buscaban validar el ángulo de fase para la evaluación nutricional en niños, y analizaron a 81 participantes de los cuales 71 eran pacientes con adecuado estado nutricional y 10 cumplían con criterios de desnutrición. Los resultados que encontraron fueron una correlación del ángulo de fase con el peso ( $R = 0.818$ ) y circunferencia del brazo ( $R = 0.901$ ) en pacientes sin desnutrición. Y en los pacientes desnutridos, encontraron un ángulo de fase menor que los pacientes del otro grupo, por lo que concluyen que este parámetro es válido para la evaluación nutricional en pacientes pediátricos.<sup>41</sup>

### **3. Planteamiento del problema**

La enfermedad renal crónica es un problema de salud pública a nivel nacional debido a las múltiples comorbilidades posibles las cuales impactan de manera directa en la calidad de vida. Entre ellas, los pacientes en últimos estadios de la enfermedad, especialmente en aquellos que han iniciado con terapia de hemodiálisis o diálisis peritoneal, presentan modificaciones en la composición corporal y reducción de masa muscular lo cual lleva a disminución de actividad física, afectando el crecimiento y desarrollo de pacientes pediátricos.

Una de las estrategias a nivel mundial para mejorar la actividad física en este grupo de pacientes es la implementación de programas de ejercicio intradiálisis que resultan en una mejora a nivel físico, bioquímico y psicosocial, con los beneficios de monitorización y vigilancia médica

durante las sesiones de hemodiálisis. El uso de bicicleta estática se considera el ejercicio óptimo porque permite autonomía a los pacientes, se realiza en sedestación y permite funcionamiento adecuado del acceso vascular, además de ser una estrategia de bajo costo para las unidades de hemodiálisis.

Actualmente existe un programa de ejercicio intradialítico en la Unidad de Hemodiálisis del Instituto Nacional de Pediatría el cual probó la seguridad de sus participantes y beneficios en composición corporal de segmento inferior y tronco tras 12 semanas de implementación. Así como en otros estudios en la literatura, el programa demostró aumento del catabolismo proteico en relación a la síntesis de proteínas, evidenciado por aumento de los valores de generación de urea y del índice de catabolismo proteico, enfatizando la necesidad de suplementar aporte proteico para lograr mejores resultados y evitar la degradación proteica en los pacientes.

Con este estudio, planteamos analizar los efectos de implementar suplementación nutricional aunado al programa de ejercicio aeróbico intradialítico en la composición corporal, el ángulo de fase, la evaluación funcional y el perfil bioquímico, en niños con enfermedad renal crónica en terapia de sustitución renal con hemodiálisis.

#### **4. Justificación**

En México no se cuenta con un registro a nivel nacional sobre la prevalencia ni incidencia de la ERC en pacientes pediátricos, sin embargo en los últimos años ha aumentado el número de pacientes que llegan a etapas tardías de la ERC, requiriendo iniciar terapias de sustitución renal con hemodiálisis o diálisis peritoneal previo a recibir un trasplante renal. El aumentar el número de pacientes pediátricos en listas de espera para trasplante renal ha prolongado la estancia en las unidades de hemodiálisis, aumentando las co-morbilidades y complicaciones de la enfermedad renal. El objetivo del tratamiento integral de los niños en hemodiálisis es disminuir estas complicaciones, y lograr las mejores condiciones clínicas para el momento del trasplante.

Una estrategia para lograr estas metas clínicas pre-trasplante en varios centros hospitalarios pediátricos así como en nuestro Instituto, ha sido mejorar la actividad física implementando

programas de ejercicio intradialítico y aprovechando los beneficios del ejercicio en parámetros bioquímicos, de composición corporal, nutricional y psicosocial. En nuestra población, por la alta prevalencia de desnutrición observada en el estudio piloto se concluyó la necesidad de suplementar el aporte proteico para optimizar los resultados del ejercicio intradialítico.

Si se logra resultados favorables, los niños en hemodiálisis se beneficiarán en múltiples aspectos clínicos, disminuirá co-morbilidades y lograrán una mejor transición al trasplante renal, además de generar nuevo conocimiento en población mexicana el cual podría ser parteaguas para estudios con un mayor alcance, y convertirse en una estrategia de salud pública a nivel nacional en las unidades de hemodiálisis.

## **5. Objetivos**

### *Objetivo general*

Analizar la efectividad de la suplementación nutricional oral en conjunto con una terapia de actividad física durante las sesiones de hemodiálisis en la composición corporal, en el ángulo de fase, en la evaluación funcional y el perfil bioquímico, en niños con enfermedad renal crónica en terapia de sustitución renal con hemodiálisis.

### *Objetivos primarios*

En niños con enfermedad renal crónica durante las sesiones de hemodiálisis, analizar la efectividad de la suplementación nutricional oral en conjunto con una terapia de actividad física en:

1. Composición corporal (masa magra y masa grasa)
2. Ángulo de fase
3. Evaluación funcional medida por la prueba de caminata.
4. Perfil bioquímico (creatinina, nitrógeno ureico, ácido úrico, GU, PCR, nPCR, gasometría venosa, potasio, sodio, calcio, fósforo, fosfatasa alcalina, PTH, proteínas totales, albúmina,

prealbúmina, colesterol, triglicéridos, HDL, LDL, hemoglobina, ferritina, hierro sérico, % de saturación, transferrina y proteína C reactiva)

### *6.3 Objetivos secundarios*

Analizar la eficacia de la suplementación nutricional oral en conjunto con una terapia de actividad física durante las sesiones de hemodiálisis en la percepción de fatiga (test de Borg) en niños con enfermedad renal crónica en terapia de sustitución renal con hemodiálisis.

## **6. Hipótesis**

La suplementación nutricional oral en conjunto con una terapia de actividad física durante las sesiones de hemodiálisis:

- Mejorará la masa magra y la masa grasa
- Mejorará el ángulo de fase
- Mejorará la evaluación funcional medida por la prueba de caminata de 6 metros
- Mejorará los electrolitos séricos, parámetros nutricionales, perfil de lípidos, perfil de hierro, PCR y nPCR
- Mejorará la percepción de fatiga

## **7. Material y Métodos**

### *7.1 Diseño del estudio*

Ensayo clínico cuasiexperimental, de etiqueta abierta, prospectivo, longitudinal, analítico, de antes y después, cegado en el análisis.

### *7.2 Población objetivo*

Niños con insuficiencia renal crónica con hemodiálisis ambulatoria.

### *7.3 Población elegible*

Tratados en la Unidad de Hemodiálisis del Departamento de Nefrología del Instituto Nacional de Pediatría durante 2021 a 2023.

#### *7.4 Criterios de selección*

##### Criterios de inclusión

- Pacientes que tengan entre 6 y 18 años.
- Hombres o mujeres
- Pacientes que se encuentren en la unidad de hemodiálisis del Instituto Nacional de Pediatría
- Pacientes cuyos padres o tutores firmen el consentimiento informado y los niños mayores de 8 años la carta de asentimiento de manera voluntaria.

##### Criterios de exclusión

- Pacientes que tengan limitaciones, discapacidad física y/o contraindicaciones médicas para la práctica de ejercicio o activación física.
- Pacientes que se encuentren hospitalizados.
- En forma transitoria, pacientes con Hb menor de 7g/dL.

##### Criterios de eliminación

- Pacientes que ya no quieran continuar participando en el estudio.
- Pacientes a los que se les contraindique por cuestiones físicas, una vez iniciado el estudio, el ejercicio o la activación física.
- Pacientes que cambien su modalidad de tratamiento sustitutivo (trasplante renal o diálisis peritoneal) durante su participación en el estudio.

\*Para los pacientes eliminados se considerará la causa de la eliminación y se analizarán los datos hasta el momento de la eliminación del estudio.

#### *7.5 Técnica de muestreo*

Todos los pacientes que acuden a la Unidad de Hemodiálisis del Servicio de Nefrología del Instituto Nacional de Pediatría en el periodo de estudio y que cumplan con los criterios de inclusión y que no cuenten con ningún criterio de exclusión.

#### *7.6 Cuadro de Variables*

Nombre de la variable	Definición conceptual	Definición operativa	Tipo de variable	Unidad/Categoría
<b>Características de la población</b>				
<b>Edad</b>	Tiempo transcurrido desde su nacimiento hasta el momento.	Se preguntará fecha de nacimiento	Cuantitativa continua	Años-meses
<b>Sexo</b>	Condición anatómica que distingue al hombre de la mujer.	Observación clínica	Cualitativa Nominal Dicotómico	0: Masculino 1: Femenino
<b>Tiempo de hemodiálisis</b>	Tiempo transcurrido desde el inicio de la hemodiálisis hasta la intervención.	Fecha del inicio de la intervención menos fecha de inicio del estudio	Cuantitativa continua	Meses
<b>Peso</b>	La medida de la masa corporal.	La medición se realiza sin zapatos ni prendas pesadas. El sujeto se coloca en el centro de la báscula y se mantiene inmóvil, sin recargarse ni flexionar las piernas. Se registra el peso cuando éste se estabiliza en la báscula. Se medirá en cada sesión de hemodiálisis	Cuantitativa continua	Kg
<b>Talla</b>	La altura de un individuo en posición vertical desde el punto más alto de la cabeza hasta los talones	La medición se toma descalzo y de pie con los talones unidos, piernas rectas y hombros relajados. Los talones, cadera, escápulas y parte trasera de la cabeza se pegan al estadímetro. La cabeza se coloca en el plano horizontal de Frankfort. El individuo debe inhalar profundamente y contener el aire mientras la base móvil del estadímetro se lleva al punto máximo de la cabeza comprimiendo el cabello. Se medirá al inicio y cada mes	Cuantitativa continua	cm
<b>Variables nutricionales</b>				
<b>Estado de nutrición</b>	Condición resultante de la ingestión de alimentos y la utilización biológica de los mismos por el organismo.	Se va a clasificar como: obesidad, sobrepeso, normal, desnutrición y desnutrición severa.  <b>Peso para la talla:</b> >3: obesidad >2: sobrepeso >1: posible riesgo de sobrepeso <-2: emaciación <-3: emaciación severa  <b>Talla para la edad:</b> <-2: baja talla <-3: baja talla severa	Cualitativa ordinal Policotómica	Z score/ 0: obesidad, 1: sobrepeso, 2: Normal, 3: Emaciación, 4: emaciación severa

		<p><b>IMC para la edad:</b>  &gt;3: obesidad  &gt;2: sobrepeso  &gt;1: posible riesgo de sobrepeso  &lt;-2: emaciación  &lt;-3: emaciación severa</p>		
<b>Gasto energético en reposo</b>	Costo mínimo de energía que el cuerpo utiliza para que las funciones vitales de mantenimiento no se detengan.	Se toma por medio calorimetría indirecta, donde el paciente se sienta en un sillón cómodo, le es colocada la boquilla para las mediciones de volumen de O <sub>2</sub> y CO <sub>2</sub> y se le hacen las mediciones de los gases por 10 minutos	Cuantitativa continua	Kcal/ día
<b>AMB (área muscular de brazo)</b>	Cantidad de masa muscular en las extremidades superiores.	$AM = \frac{(CB - \pi PT r)^2}{4\pi}$	Cuantitativa continua	cm <sup>2</sup>
<b>PB (perímetro braquial)</b>	La medida de la circunferencia del brazo.	Medir con el sujeto de pie, erecto y con los brazos a los lados del cuerpo, con las palmas hacia el tronco. El área de medición debe estar descubierta. 1) Flexionar el brazo a 90° con la palma hacia arriba, 2) Medir la distancia entre la punta lateral del acromion y la cabeza del radio en su punto lateral y externo. 3) Dejar de flexionar el brazo para medir el perímetro en el punto medio.	Cuantitativa continua	cm
<b>PP (perímetro pierna)</b>	La medida de la circunferencia de la pierna.	Medir con el sujeto de pie, erecto y con los brazos a los lados del cuerpo, con las palmas hacia el tronco. El área de medición debe estar descubierta.	Cuantitativa continua	cm
<b>PM (perímetro muslo)</b>	La medida de la circunferencia del muslo medio, medial y anterior.	Medir con el sujeto de pie, erecto y con los brazos a los lados del cuerpo, con las palmas hacia el tronco. El área de medición debe estar descubierta.	Cuantitativa continua	cm
<b>PC (perímetro cintura)</b>	La medida de la circunferencia de la cintura.	Medir con el sujeto de pie, erecto y con los brazos a los lados del cuerpo, con las palmas hacia el tronco. El área de medición debe estar descubierta.	Cuantitativa continua	cm

<b>PCT (pliegue cutáneo tricípital)</b>	La medida del grosor del pliegue de la piel de la cara posterior del brazo a nivel del tríceps.	Se mide en la línea media del tríceps a 1 cm del punto medio del brazo. El pliegue se forma de manera paralela al eje longitudinal y el plicómetro se coloca perpendicular al pliegue. La medición se efectúa con el brazo relajado.	Cuantitativa continua	mm
<b>PCB (pliegue cutáneo bicipital)</b>	La medida del grosor del pliegue de la piel de la cara posterior del brazo a nivel del bíceps.	Se mide en la línea media del bíceps, directamente opuesto al PCT. El pliegue se forma de manera paralela al eje longitudinal y el plicómetro se coloca perpendicular al pliegue. La medición se efectúa con el brazo relajado.	Cuantitativa continua	mm
<b>Porcentaje de grasa Slaughter</b>	Determinación del porcentaje de grasa de acuerdo a la ecuación de Slaughter	$\%GC = 1.33 (\text{tricípital} + \text{subescapular}) - 0.013 (\text{tricípital} + \text{subescapular})^2 - 2.5$	Cuantitativa continua	%
<b>Porcentaje de grasa Westrate y Deurenberg</b>	Determinación del porcentaje de grasa de acuerdo a la ecuación de Westrate y Deurenberg	Hombres $\%GC = [562 \cdot 1.1 (\text{edad} - 2) * D - [525 - 4.7 (\text{edad} - 2)]$  Mujeres $\%GC = [562 \cdot 1.1 (\text{edad} - 2) * D - [525 - 1.4 (\text{edad} - 10)]$	Cuantitativa continua	%
<b>Masa grasa</b>	La reserva energética disponible del organismo como tejido adiposo .	Se tomará por método segmental directo de impedancia bioeléctrica de multi-frecuencia con el InBody S-10	Cuantitativa continua	% / kg
<b>Masa magra</b>	Es la masa del cuerpo compuesta de músculos esqueléticos (aproximadamente 80%) y químicamente se compone de proteínas, agua y hueso.	Se tomará por método segmental directo de impedancia bioeléctrica de multi-frecuencia con el InBody S-10	Cuantitativa continua	% / kg
<b>Ángulo de fase</b>	Indicador que evalúa la integridad de la membrana asociada al pronóstico.	Ángulo de fase = $(\text{reactancia/reactividad}) * (180/P)$	Cuantitativa continua	°
<b>Calorimetría indirecta</b>	Método estándar de oro para evaluar el gasto energético en reposo.	Fórmula de <i>1.44</i> $(3.94 VO_2 + 1.11 VCO_2)$ <i>Tasa metabólica</i>	Cuantitativa continua	Kcal/día
<b>Variables bioquímicas</b>				
<b>Creatinina</b>	Molécula que funciona como amortiguador de fosfatos y que mantiene constante la producción de ATP para la contracción en el	Cantidad de creatinina existente en suero	Cuantitativa continua	mg/dL



	músculo; es el resultado de la pérdida del fosfato de la creatina.			
<b>Nitrógeno ureico en sangr (BUN)</b>	El nitrógeno ureico es el producto de desecho que se genera a partir del catabolismo proteico.	Medición en sangre	Cuantitativa continua	mg/dL
<b>Potasio</b>	Ion positivo se encuentra en los tejidos y fluidos corporales.	Medición de la concentración de potasio en la sangre	Cuantitativa continua	mmol/L
<b>Sodio</b>	Ión positivo que se encuentra principalmente, fuera de las células, en los fluidos extracelulares, la concentración de sodio en la sangre es el resultado entre la entrada del mismo por la dieta y su salida a través del filtrado del riñón y su salida por la orina.	Medición de sodio sérica en sangre.	Cuantitativa continua	mmol/L
<b>Calcio</b>	Metal alcalino presente en los huesos, los dientes y fluidos corporales.	Medición en calcio en sangre por método colorimétrico	Cuantitativa continua	mg/dL
<b>Fósforo</b>	Forma parte de los huesos, los músculos y el tejido nervioso, fundamental en la transferencia de energía y el metabolismo celular.	Medición de concentraciones de fósforo en sangre	Cuantitativa continua	mg/dL
<b>Hemoglobina</b>	Pigmento rojo contenido en los hematíes de la sangre de los vertebrados, cuya función consiste en captar el oxígeno de los alvéolos pulmonares y comunicarlo a los tejidos, y en tomar el dióxido de carbono de estos y transportarlo de nuevo a los pulmones para expulsarlo.	Medición de la concentración de hemoglobina en sangre	Cuantitativa continua	g/dL
<b>Hierro</b>	Metal del grupo de los elementos de transición, se extrae principalmente de la hematites.	Medición de las concentraciones de hierro en sangre	Cuantitativa continua	g/dL
<b>Ferritina</b>	Proteína dentro de las células que almacena hierro.	Medición de la concentración de ferritina en sangre	Cuantitativa continua	ng/mL
<b>Fosfatasa alcalina</b>	Enzima hidrolasa responsable de eliminar grupos de fosfatos de varios tipos de moléculas como nucleótidos, proteínas y otros compuestos fosforilados.	Medición de la concentración de fosfatasa alcalina en sangre	Cuantitativa continua	IU/L
<b>Transferrina</b>	Proteína transportadora específica del hierro en el plasma de humanos y mamíferos.	Medición de transferrina en sangre	Cuantitativa continua	mg/dL

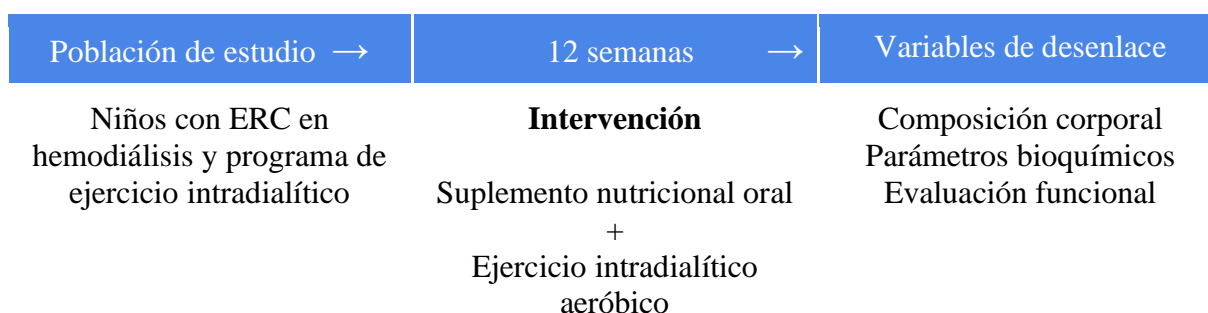
<b>Proteínas totales</b>	Cantidad total de dos clases de proteínas encontradas en la porción líquida de la sangre: albúmina y globulina	Medición de proteínas totales en sangre	Cuantitativa continua	g/dL
<b>Albúmina</b>	Proteína transportadora que mantiene la presión oncótica del plasma <sup>40</sup>	Medición de la albúmina en Suero por medio de método colorimétrico.	Cuantitativa continua	g/dL
<b>Prealbúmina</b>	Proteína producida en el hígado, ayuda a transportar las hormonas tiroideas y vitamina A por el torrente sanguíneo.	Medición de la Prealbúmina en Suero por medio de método colorimétrico.	Cuantitativa continua	mg/dL
<b>GU</b>	Generación de urea	$GU = (\text{peso pre 2da HD} * \text{BUN pre 2da HD}) - (\text{Peso post 1ra HD} * \text{BUN post 1ra HD}) / \text{tiempo interdialítico}$	Cuantitativa continua	mg/min
<b>PCR</b>	Tasa de catabolismo proteico, por sus siglas en inglés ( <i>Protein catabolism rate</i> ), es un método indirecto para la estimación de la ingesta proteica.	$PCR = \frac{(GU * 1.44) + 1.7}{0.154}$	Cuantitativa continua	g/día
<b>nPCR</b>	Tasa de catabolismo proteico estandarizada, por sus siglas en inglés ( <i>Normalized protein catabolism rate</i> ), es un método indirecto para la estimación de la ingesta proteica.	$nPCR = PCR / \text{Peso postHD 1ra}$	Cuantitativa continua	g/kg/día
<b>Colesterol</b>	Alcohol esteroídico, blanco e insoluble en agua. Participa en la estructura de algunas lipoproteínas plasmáticas y a su presencia en exceso se atribuye la génesis de la aterosclerosis	Medición de colesterol en sangre	Cuantitativa continua	mg/dL
<b>Triglicéridos</b>	Compuesto químico, éster de la glicerina o de los ácidos grasos, que se halla en la naturaleza	Medición de triglicéridos en sangre	Cuantitativa continua	mg/dL
<b>Proteína C reactiva</b>	Reactante de fase aguda	Medición de proteína C reactiva en sangre	Cuantitativa continua	mg/L
<b>Paratohormona</b>	Hormona producida por las glándulas paratiroides que participa en el metabolismo de calcio y fósforo.	Medición de PTH en sangre	Cuantitativa continua	pg/ml
<b>Kt/V</b>	Es un indicador de la depuración de urea. Significa cuánto logra	Fórmula de Daugirdas II: $Kt/V = -\ln((\text{BUNPost}/\text{BUNPre}) - (0.008 * \text{horas})) + (4 -$	Cuantitativa continua	Valor

	desecharse en una unidad de tiempo por cierto volumen de plasma. <sup>44</sup>	$(3.5 * \text{BUNPost} / \text{BUNPre}) * \text{Vol de UF/PesoPost}$ <sup>45</sup>		
<b>Variables de intervención</b>				
<b>Ejercicio físico</b>	Bicicleta intradialítica estática adaptada para sillón de hemodiálisis	Tiempo de bicicleta bicicleta intradialítica estática adaptada para sillón de hemodiálisis durante la sesión de hemodiálisis	Cuantitativa continua	minutos
<b>SNO</b>	Suplemento nutricional oral Abbott	Suplemento nutricional de la marca Abbott	Cuantitativa continua	ml
<b>Orientación de alimentación</b>	Programa donde se establecen los alimentos necesarios en calidad y cantidad tomando en cuenta las necesidades del paciente. Ya establecido por el servicio de Nutrición.	Programa basado en los requerimiento calóricos de cada participante con base a sus controles mensuales, uremis residual y características propias del sujeto	Cualitativa nominal dicotómica	Valor
<b>Apego a la intervención Ejercicio</b>	Frecuencia y duración de las sesiones de ejercicio durante la hemodiálisis	Porcentaje de ejercicio realizado durante el protocolo	Cuantitativa continua	%
<b>Apego al SNO</b>	Frecuencia de toma del suplemento oral durante la hemodiálisis	Porcentaje de toma de suplemento nutricional durante el protocolo	Cualitativa continua	%
<b>Eventos adversos</b>	Aparición o empeoramiento de un signo, síntoma o condición médica indeseable que ocurre en un paciente después de iniciar un estudio de investigación	Aparición de algún síntoma: mareos, calambres, dolor de cabeza, hipotensión o vómito que le impide seguir con la sesión de ejercicio durante la hemodiálisis.	Cualitativa nominal Dicotómico	0:Ausencia 1: Presencia
<b>Tipo de evento adverso</b>	Se especifica el signo, síntoma o condición indeseable que aparezca durante el estudio.	Mareos, calambres, dolor de cabeza, hipotensión o vómito	Cualitativa nominal policotómica	0:mareos 1:calambre 2:cefalea 3:hipotensión 4:vómito 5:mialgias 6.artralgias 7.otro
<b>Momento de aparición</b>	Se especifica el momento en el que aparece el efecto adverso.	Interdiálisis o intradiálisis	Cualitativa nominal Dicotómico	0:Interdiálisis 1:Intradiálisis
<b>Otras</b>				
<b>Caminata de 6 minutos</b>	Evalúa de forma integrada la respuesta de los sistemas respiratorio, cardiovascular, metabólico, músculo esquelético y neurosensorial al estrés impuesto por el ejercicio.	Caminata de 6 minutos	Cuantitativa	metros
<b>Escala de Borg</b>	Molestia ocasionada por un esfuerzo más o menos prolongado o por otras causas, y que en ocasiones produce alteraciones físicas.	Escala subjetiva de Borg	Cuasidimensional	Valor

<b>Actividad física</b>	Cantidad de ejercicio que realiza normalmente en su vida diaria, antes y durante la intervención.	Se tomará a través de los cuestionarios PAQ-C y PAQ-A, los cuales arrojan un puntaje de 1 a 5: 1-2: sedentario 2-3: actividad baja 3-4: activo 4-5: muy activo	Cualitativa categórica	1=Sedentario, 2=actividad baja, 3=activo, 4=muy activo
-------------------------	---	--	------------------------	---

## 7.7 Descripción general del estudio

### 7.7.1. Diagrama de la intervención



### 7.7.2 Descripción de las actividades en cada visita.

Se realizarán durante 13 semanas, una pre-visita y posteriormente seguimiento por 12 semanas, con mediciones en tres bloques de cuatro semanas.

### Reclutamiento de pacientes

Se identificó pacientes que cumplieron con criterios de selección para realizarles invitación a ellos y a sus padres/tutores para participar en el estudio.

### Pre-visita

Durante la primera semana del protocolo, las actividades a realizar fueron:

1. Firma de consentimiento y asentimiento informado por pacientes y padres o tutores. Se explicará el protocolo y se resolverán dudas en caso de presentarlas. Si deciden aceptar participar en el estudio, se recabarán las firmas de consentimiento y asentimiento informado de pacientes y padres/tutores.

## 2. Orientación alimentaria

Se reforzará la dieta indicada al paciente como parte del tratamiento de enfermedad renal crónica con una sesión de orientación alimentaria la dieta necesaria en enfermedad renal crónica, restricciones de sodio, potasio y fósforo.

## 3. Valoraciones basales

- Valoración de rehabilitación
- Valoración nutricional
- Valoración bioquímica
- Valoración funcional (Caminata de los 6 minutos)
- Cuestionario de actividad física

### Visita 1, 2 y final

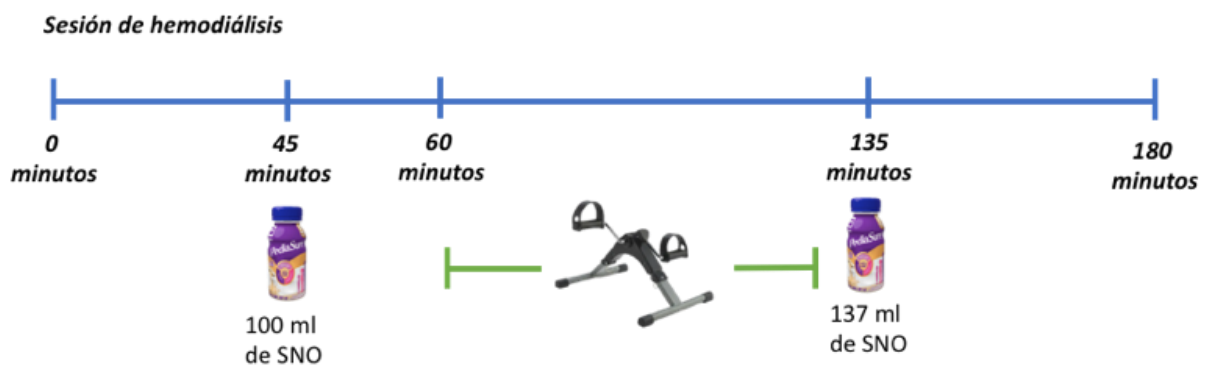
Tras cada bloque de 4 semanas, se realizará valoración nutricional y bioquímica.

#### Diagrama de flujo del diseño experimental

Pre-visita →	Visita 1 →	Visita 2 →	Visita final
<b>Semana 1</b>	<b>Semana 6</b>	<b>Semana 10</b>	<b>Al concluir semana 14</b>
<b>Ejercicio intradialítico + suplemento nutricional</b>			
Firma consentimiento y asentimiento informado  Orientación alimentaria  Valoraciones basales <ul style="list-style-type: none"> <li>- Rehabilitación</li> <li>- Nutricional</li> <li>- Bioquímica</li> <li>- Funcional</li> </ul> Cuestionario de actividad física  Calorimetría indirecta	Valoraciones <ul style="list-style-type: none"> <li>- Nutricional</li> <li>- Bioquímica</li> </ul>	Valoraciones <ul style="list-style-type: none"> <li>- Nutricional</li> <li>- Bioquímica</li> </ul>	Valoraciones finales <ul style="list-style-type: none"> <li>- Rehabilitación</li> <li>- Nutricional</li> <li>- Bioquímica</li> <li>- Funcional</li> </ul> Cuestionario de actividad física

### *Intervención suplemento alimenticio y ejercicio en conjunto*

Durante la sesión de hemodiálisis que tiene una duración de 3 horas, los pacientes recibirán dos porciones de SNO en recipientes de plástico con tapa y pajita; la primera porción será de 100 mL y se recibirá en el minuto 45 de la sesión, y la segunda porción será de 137 mL y se recibirá 45 minutos antes del final de su sesión; en relación a la actividad física esta se realizará dentro del minuto 60 al 135 de la sesión.



### *7.7.3 Técnicas y aparatos utilizados en las mediciones de las variables*

#### *Plan de alimentación y suplemento nutricional oral*

A todos los participantes y a sus padres o tutores, se les dará por parte del servicio de Nutrición del Instituto una sesión de orientación alimentaria reforzando los conceptos básicos de nutrición y enfermedad renal. Y durante las 12 semanas de intervención se reforzarán las recomendaciones de la dieta.

El suplemento nutricional se calcula dar una lata de suplemento alimenticio (marca Abbott PediaSure®) durante la sesión de hemodiálisis en el desayuno o en la comida de acuerdo al horario de sesión del paciente, o el equivalente en presentación de polvo con dilución en agua.

## Pediasure Líquido

Fórmula para alimentación enteral especializada en presentación líquida en botellas de 237 ml de sabores fresa, vainilla o chocolate. Cada lata aporta 238 kcal, 7.1 gramos de proteína (ver tabla de nutrimentos).

## *Pediasure® en polvo*

Fórmula para alimentación enteral especializada en presentación de polvo de sabores fresa, vainilla o chocolate. El equivalente a la lata es una porción de 225 mililitros y se prepara con 50 gramos de polvo Pediasure® agregando 190 mililitros de agua a temperatura ambiente o 5 medidas incluidas en el empaque. Cada porción aporta 225 kcal, 6.9 gramos de proteína (ver tabla de nutrimentos)

	<i>Pediasure® Líquido</i>	<i>Pediasure® polvo</i>
Medida	Lata 237 ml	Polvo 50gr
Contenido energético (kcal)	238	225
Hidratos de carbono (g)	31.4	29.7
Lípidos (g)	9.32	8.84
Proteínas (g)	7.11	6.75
Potasio (mg)	310	295
Cloruro (mg)	240	227
Calcio (mg)	228	216
Fósforo (mg)	197	187
Sodio (mg)	90	86

El suplemento nutricional se dará durante la sesión de hemodiálisis para asegurar adherencia a éste.

## Ejercicio físico

En la Unidad de Hemodiálisis existe el programa de ejercicio intradialítico con bicicleta estática adaptada para sillón de hemodiálisis marca BR FISIK el cual se probó seguro y eficaz para niños sin contraindicación para practicar ejercicio.

El programa consiste en realizar mínimo 30 minutos de pedaleo en una resistencia que el paciente se sienta cómodo y que sienta que esté realizando cierto esfuerzo físico medido por la escala de esfuerzo físico de Borg. Se va incrementando el tiempo y la resistencia de acuerdo a la tolerancia del paciente, pero sin sentir fatiga, náusea, mareo o que exista hipotensión. El ejercicio va precedido de una rutina individualizada y supervisada de calentamiento y estiramiento de extremidades superiores e inferiores.

### *Evaluación de parámetros bioquímicos*

La medición inicial, y las de seguimiento coincidirán con los controles mensuales rutinarios de los pacientes en tratamiento de hemodiálisis. Fueron procesados en el laboratorio del Instituto Nacional de Pediatría con base a sus reglamentos de bioseguridad.

La valoración bioquímica incluye los siguientes parámetros:

- Creatinina, nitrógeno ureico, ácido úrico, GU, PCR, nPCR, gasometría venosa, potasio, sodio, calcio, fósforo, fosfatasa alcalina, PTH, proteínas totales, albúmina, prealbúmina, colesterol, triglicéridos, HDL, LDL, hemoglobina, ferritina, hierro sérico, % de saturación, transferrina y proteína C reactiva)

### *Evaluación de parámetros nutricionales*

#### *1. Composición corporal y ángulo de fase*

Estas mediciones se realizaron posterior a la sesión de hemodiálisis y en peso seco. La composición corporal (masa grasa, masa libre de grasa y masa muscular) y ángulo de fase fueron determinados con un equipo analizador de impedancia bioeléctrica de multi-frecuencias Inbody s10, el cual realiza 30 mediciones de impedancia mediante el uso de 6 frecuencias diferentes (1kHz, 5kHz, 50kHz, 250kHz, 500kHz, 1MHz) y 15 de reactancia y ángulo de fase mediante el uso de 3 frecuencias (5kHz, 50kHz, 250kHz), en los 5 segmentos (Brazo Derecho, Brazo Izquierdo, Tronco, Pierna Derecha, Pierna



Izquierda). Se pidió a los sujetos estar descalzos y usar ropa ligera, sin accesorios o artículos que pudieran alterar la medición del peso corporal o interactuar con el análisis de bioimpedancia (metales, llaves, monedas), los participantes fueron posicionados en bipedestación durante la medición, mediante la aplicación de electrodos táctiles o adhesivos en pies y manos.

## 2. *Calorimetría indirecta*

Se estimó el Gasto Energético en reposo a través de calorimetría Indirecta (Calorímetro ReeVue), el participante realizó ayuno mínimo de 4 horas, y un día antes y el día de la prueba no consumió café, nicotina, chocolate, ni realizó actividades físicas fuera de las habituales.

Al llegar a la habitación donde se realizó la calorimetría, se le colocó la boquilla del calorímetro al paciente y se midió su consumo de oxígeno ( $VO_2$ ) y producción de dióxido de carbono ( $VCO_2$ ) durante 10 minutos, mientras permaneció sentado. Es importante recalcar que no se dejó dormir al paciente durante este periodo. Estas mediciones se utilizarán para estimar el gasto energético en reposo a través de la fórmula de Weir:

$$GER = 3.9 (VO_2) + 1.1 (VCO_2) \times 1.44$$

## 3. *Estado de Nutrición ( Antropometría)*

La valoración antropométrica incluyó peso (kg), talla (cm), perímetros de brazo relajado y pliegue cutáneo tricipital. El estado de nutrición fue evaluado por los índices Talla para la edad (T/E), Peso para la talla (P/T), Índice de Masa Corporal (IMC), perímetro braquial (PB). Talla para la Edad (T/E) y Peso para la Talla (P/T), se clasificó de acuerdo a los valores establecidos en la NOM-008-SSA2-1993 Control de la nutrición,

crecimiento y desarrollo del niño y del adolescente. Criterios y procedimientos para la prestación del servicio. Los puntos de corte de acuerdo al puntaje Z, son los siguientes:

<i>Talla en relación con la Edad</i>	<i>Peso en relación con la Talla</i>	<i>Perímetro braquial</i>	<i>Puntaje Z de Índice de Masa Corporal</i>
(+2 a +3) Ligeramente alta	(+2 a +3) Obesidad	(> +3) Obesidad	(2-2.99) Sobrepeso/Obesidad
	(+1 a +1.9) Sobrepeso	(+2 a +3) Obesidad Leve	
(+1.99 a - 1.99) Estatura normal	(±1) Peso normal	(+1 a +2) Sobrepeso	(-0.99-1.99) Normal
	(-1 a - 1.99) Desnutrición leve	(-1 a + 1) Normal	
	(-2 a - 2.99) Desnutrición moderada	(-1 a 1.9) Desnutrición leve	
(-2 a -3) Talla Baja	(-3 y menos ) Desnutrición grave	(-2 a -2.9) Desnutrición moderada (-3) Desnutrición severa	(-1, -1.99) Desnutrición

#### *Evaluación funcional (Caminata de 6 minutos)*

Se solicitó a los pacientes caminar en un corredor marcado, a paso normal durante 6 minutos continuos. Se realizó medición de presión arterial (TA), saturación de oxígeno con oximetría de pulso (SatO<sub>2</sub>) y frecuencia cardiaca (FC) al inicio, a los 2, 4 y 6 minutos utilizando un monitor y la escala de Borg para el grado subjetivo de disnea. Se realiza en terreno plano 30 minutos de distancia recorriendo ida y vuelta hasta completar 6 minutos. Cada 2 minutos se toman signos vitales antes mencionados. Se detiene la prueba si el paciente presenta sat <90% o puntuación mayor a 16.

#### *Apego a la intervención*

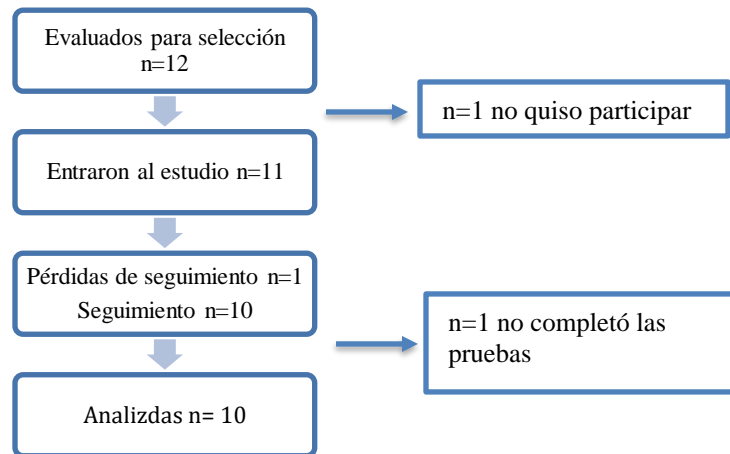
El paciente dentro del estudio tendrá que cumplir con el 80% o más de las sesiones del programa de ejercicios con un mínimo de tiempo por sesión de 30 min, y cumplimiento del 80% de las dosis establecidas del suplemento. Se valorará con un diario nutricional el apego al orientación alimenticia a solicitar por semana en cada mes de valoración nutricional.

#### *Cuestionario de actividad física*

Está formado por 9 preguntas que valoran distintos aspectos de la actividad física realizada en los últimos 7 días por el niño o adolescente mediante una escala de 5 puntos, si bien sólo se utilizan 8 preguntas para calcular la puntuación final. La puntuación final se obtiene mediante la media aritmética de las puntuaciones obtenidas en estas 8 preguntas. La pregunta 9 permite conocer si existió alguna circunstancia que le impidió realizar actividad física esa semana. Este cuestionario puede ser administrado en aproximadamente 10-15 minutos.

### 7.8 Tamaño de la muestra

Se utilizó una técnica de muestreo no probabilístico a conveniencia dentro de los pacientes que se encuentran activos en la Unidad de Nefrología del Instituto Nacional de Pediatría. De 22 pacientes activos en la unidad, 12 cumplían con los criterios de selección. Sin embargo, se eliminaron a 2 pacientes, 1 por no querer ingresar al estudio y el otro por no completar las pruebas de función física.



### 7.9 Análisis estadístico

Para fines del reporte preliminar, se analizaron las variables numéricas de la previsita mediante promedio y desviación estándar o mediana, mínimo y máximo dependiendo del tipo de distribución. Las variables categóricas se resumirán con frecuencias y porcentajes. Se hizo una correlación de Pearson para buscar asociación entre el ángulo de fase total y el IMC.

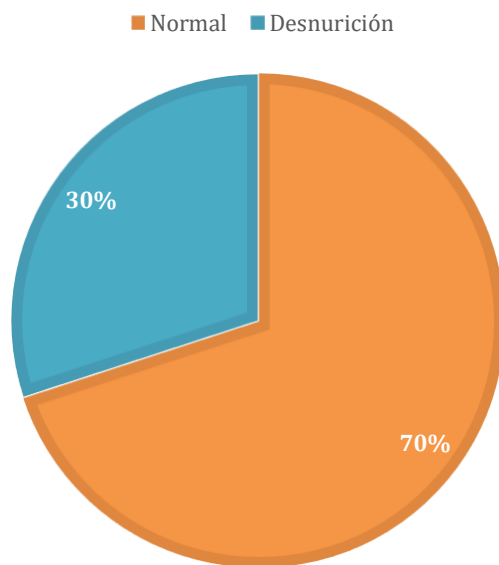
Al final del estudio, el cambio en la composición corporal, ángulo de fase, prueba de caminata y valores bioquímicos, se analizarán por ANOVA para muestras repetidas o prueba de Friedman dependiendo de la distribución de las variables. Para evaluar el cambio en las variables categóricas, utilizaremos prueba de Friedman si son ordinales o Q de Cochran si son nominales. Se considerará una significancia menor de 0.05. Se analizará por intención a tratar y por protocolo aquellos cumplan con el 80% del apego de las intervenciones. En el análisis estadístico se controlarán variables confusoras, como la frecuencia de sesiones de ejercicio, el sexo, la edad, Kt/V, nPCR, el apego al tratamiento y el nivel de actividad física.

## 8 Resultados

De los 10 participantes que se analizaron en la fase de pre-visita, 50% eran del sexo femenino y el otro 50% del sexo masculino. La edad media de los participantes fue de 14.8 años. En cuanto a las medidas antropométricas basales, el peso promedio fue de 37.4 kg, talla 149 cm y el IMC de 16.7 kg/m<sup>2</sup> (Cuadro 1.). En cuanto al estado nutricional, el 70% se encontraban en rangos normales y el 30% en desnutrición (Figura. 1).

<b>Cuadro 1. Características basales de los participantes</b>		
	<b>Media</b>	<b>DS</b>
<b>Edad, años</b>	14.8	1.8
<b>Peso, kg</b>	37.4	7.5
<b>Talla, cm</b>	149.0	11.5
<b>IMC, kg/m<sup>2</sup></b>	16.7	1.5
<b>Perímetro braquial, cm</b>	20.9	3.3
<b>Pliegue cutáneo tricipital, mm</b>	9.14	3.7
<b>Perímetro de cintura, cm</b>	65.4	4.4

**Figura 1. Estado Nutricional Basal**



Con respecto a las sesiones de hemodiálisis, 8 de los participantes acuden 3 veces por semana y el resto 2 veces por semana. El promedio de KTV fue de 1 con una TRU promedio de 63%. El

El 50% tuvieron TRU mayor a 65%. Sólo 2 participantes alcanzaron KTV meta en el control mensual. En nPCR promedio fue de 1.3 gkgdía (Cuadro 2).

<b>Cuadro 2. Características basales de las sesiones de hemodiálisis</b>		
	<b>Media</b>	<b>DS</b>
<b>Generación de urea</b>	3.8	0.6
<b>nPCR, g/kg/día</b>	1.3	0.3
<b>Tasa de reducción de urea (TRU), %</b>	63%	8.2
<b>KTV</b>	1.0	0.2

En cuanto a los parámetros bioquímicos, el 80% de los pacientes presentaron acidosis metabólica, y el pH promedio fue de 7.3 con HCO<sub>3</sub> en 17.9 mmol/L. En los controles hematopoyéticos, ningún paciente estuvo en metas de Hb para la edad y sexo, y ningún paciente tuvo deficiencia de hierro. La Hb basal promedio de los participantes fue de 8.5 g/dL. El calcio y el fósforo promedio fueron de 4.2 mmol/L y 5.3 mg/dL respectivamente. El 80% tenía PTH por arriba de lo esperado, y ningún participante se encontraba con deficiencia de vitamina D en la valoración basal. Con relación a la albúmina y prealbúmina, éstas fueron normales en todos los pacientes. No hubo alteraciones en cuanto al colesterol y a los triglicéridos.

<b>Cuadro 3. Parámetros bioquímicos basales de los participantes</b>		
	<b>Media</b>	<b>DS</b>
<b>*Hemoglobina, g/dL</b>	8.5	1.2
<b>Hierro, g/dL</b>	103.7	45.6
<b>*Saturación, %</b>	42.5	17.2
<b>Ferritina, ng/mL</b>	831.8	516.3
<b>Calcio ionizado mmol/L</b>	4.2	0.3
<b>Fósforo, mg/dL</b>	5.3	1.3
<b>Fosfatasa alcalina, UI/L</b>	455.4	324.6
<b>Hormona Paratiroidea, pg/mL</b>	468.4	245.8
<b>Vitamina D, ng/mL</b>	32.7	17.7
<b>Sodio, mmol/L</b>	135,6	1.8

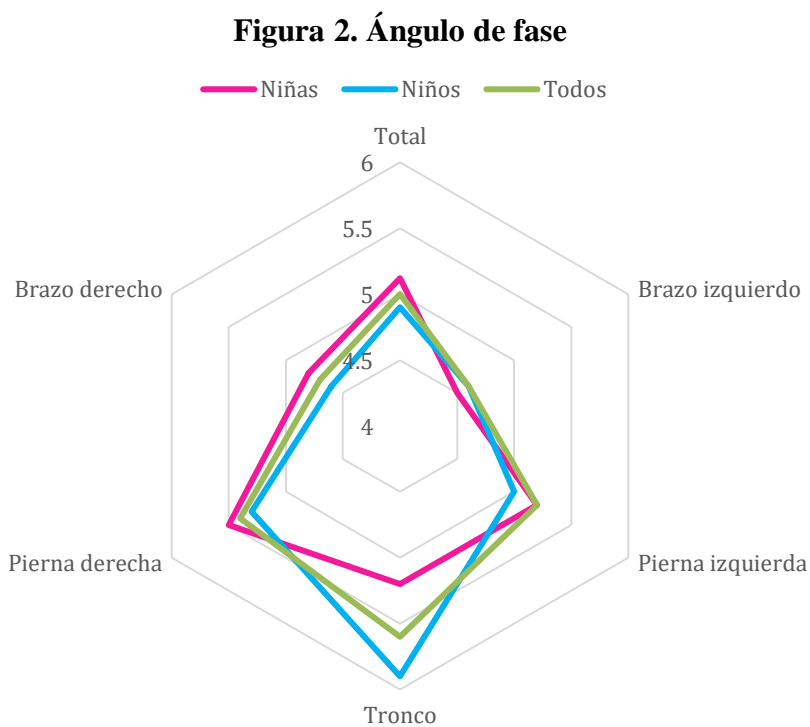
<b>Potasio, mmol/L</b>	5.4	0.6
<b>Albúmina, g/dL</b>	4.3	0.2
<b>Pre albúmina, mg/dL</b>	32.9	5.4
<b>Triglicéridos, mg/dL</b>	110.4	36.7
<b>Colesterol Total, mg/dL</b>	123.1	17.1
<b>Proteínas totales, g/dL</b>	6.7	0.7
<b>pH</b>	7.3	0.05
<b>HCO<sub>3</sub>, mmol/L</b>	17.8	3.0

Con respecto a su composición corporal, el promedio de masa grasa corporal fue de 16.2 kg y el de masa libre de grasa 31.7 kg. En cuanto al agua corporal, el promedio en litros fue de 23.2. El ángulo de fase total fue de 5. Se encontró una correlación positiva de 0.301 entre el ángulo de fase total y el IMC.

**Cuadro 4. Ángulo de fase y composición corporal basal de los participantes  
n=10**

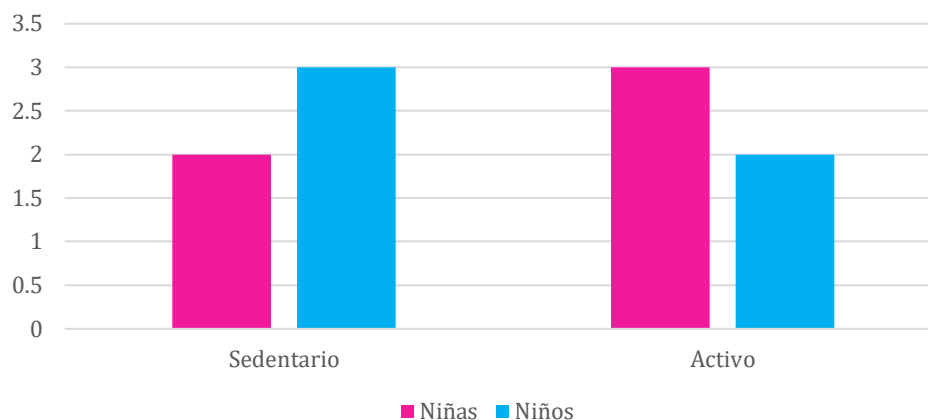
<b>Variables</b>	
<b>Agua corporal total, L</b>	23.2 ± 4.5
<b>Ángulo de fase, °</b>	5 ± 0.5
<b>Masa magra, kg</b>	16.2 ± 3.6
<b>Masa libre de grasa, kg</b>	31.7 ± 6.0
<b>Minerales,</b>	1.9 ± 0.3
<b>Masa Grasa Corporal, kg</b>	5.7 ± 2.8
<b>Índice de masa esquelética,</b>	5.0 ± 0.8
<b>Grasa corporal, %</b>	14.8 ± 6.5
<b>Agua Intracelular, L</b>	14.2 ± 2.7
<b>Agua extracelular, L</b>	9 ± 1.8
<b>Masa celular corporal, °</b>	20.4 ± 3.9

<b>Cuadro 5. Características de la prueba de caminata de 6 minutos basal</b>		
	<b>Media</b>	<b>DS</b>
<b>Caminata lenta, <i>m</i></b>	397.8	53.0
<b>Caminata rápida, <i>m</i></b>	485.5	39.0



En la prueba de caminata de 6 minutos, el promedio de metros en la caminata lenta y rápida fueron de 397.8 m y 485.5 metros respectivamente. El 50% de los pacientes salieron con actividad física “activa” y el otro 50% como “sedentarios”. Las niñas fueron más activas que los niños.

**Figura 3. Actividad física por PAQ**



Por último, con respecto a los resultados de las calorimetrías, el promedio del gasto energético total fue de 1309.5 calorías. Las medias del VO<sub>2</sub> y el VCO<sub>2</sub> fueron 138.8 ml/min y 102.1 ml/min, respectivamente (Cuadro 6).

**Cuadro 6. Características de las calorimetrías basales**

	<b>Media</b>	<b>DS</b>
<b>Gasto energético en reposo, calorías</b>	954.9	291.5
<b>Gasto energético total, calorías</b>	1309.5	402.2
<b>VO<sub>2</sub>, ml/min</b>	138.8	41.9
<b>VCO<sub>2</sub>, ml/min</b>	102.1	32.3

## 9 Discusión

La enfermedad renal crónica es una patología que representa un gran reto para los sistemas de salud, por la alta morbilidad y mortalidad que representa. En niños, se ha visto que es gran determinante para su desarrollo y crecimiento, ya que afecta directamente al estado nutricional de manera multifactorial. Con relación a los pacientes que se encuentran en estadio terminal, a pesar de que el trasplante es la terapia de reemplazo a que todo nefrólogo aspira, en nuestro país se encuentra limitada esta práctica, por lo que la diálisis peritoneal y la hemodiálisis siguen siendo comunes. Una de las consecuencias importantes en los pacientes en hemodiálisis es el



alto riesgo cardiovascular que aunado a factores modificables como la dieta, la hipertensión arterial, el sedentarismo, la anemia crónica, etc. es una de las principales causas de muerte en estos pacientes. Una de las estrategias para disminuir el riesgo cardiovascular en estos pacientes es el establecimiento de programas de actividad física intradiálisis.

Para fines de esta tesis, se realizó análisis descriptivo de la fase de pre-visita del estudio que, actualmente, cuenta con 10 participantes activos. Con relación a las características de los participantes, no hay diferencias significativas en cuanto a la edad, peso y talla. Sobre las sesiones de hemodiálisis, 2 de 10 participantes tienen KTV en metas para considerar eficaz la sesión dentro de sus controles mensuales. Si bien no se consideró en el estudio el volumen de orina residual ni el KTV renal, sería importante considerarlo ya que esto podría infraestimar los KTV mensuales. El 60% de los pacientes tienen un nPCR en meta.

La mayoría de los participantes a la valoración nutricional tienen afección del peso y talla, sin embargo, llama la atención que el 70% se encuentra en estado nutricional normal tomando en cuenta la clasificación por la z del IMC. Al realizar una correlación con el ángulo de fase total con el IMC, se vio que ésta era positiva, por lo que dentro de la valoración de la bioimpedancia esta medida puede hablarnos del estado nutricional del paciente con ERC estadio 5. Sin embargo, aún no se tiene claro cual es el corte normal en estos pacientes. En cuanto a la composición corporal, de los 10 participantes sólo 1 tuvo sobrecarga hídrica a la evaluación, y la mayoría tenía una adecuada masa magra.

En los controles bioquímicos basales, llamó la atención que la mayoría de los pacientes tenían alteraciones del estado ácido-base, pero se debe de considerar que la toma de la gasometría fue previa a la sesión. En lo hematopoyético, ningún paciente se encuentra en metas para la edad y talla, sin embargo, ninguno mostró deficiencia de hierro en sus ferrocínéticas. Con relación al metabolismo calcio y fósforo, la mayoría mantuvo niveles séricos normales, sin embargo, hay una alta prevalencia de hiperparatiroidismo secundario. Ningún paciente está con deficiencia de vitamina D al momento de las valoraciones basales. Los marcadores nutricionales, albúmina y prealbúmina, estuvieron normales en todos los pacientes, por lo que esto corresponde a lo encontrado en el estado nutricional.

La actividad física se valoró por el cuestionario de PAQ en donde se encontró que de las 4 clasificaciones, 50% de los niños son “sedentarios” y 50% son “activos”. Las niñas fueron más activas que los niños. Esto corresponde con la literatura, ya que la mayoría de los pacientes pierden gran parte de su tiempo en traslados y en el hospital. Hay que tomar en cuenta que el cuestionario PAQ tiene una última pregunta que toma en cuenta el estado de salud de los entrevistados en los últimos 7 días que si se responde que “sí” no se puede evaluar el cuestionario, sin embargo, este cuestionario se ha utilizado en pacientes con enfermedades crónicas en diferentes estudios, y en nuestros pacientes se les explicó que esa pregunta correspondía a un cambio en relación a su estado basal de la enfermedad. Las calorimetrías se realizaron con el fin de compararlas con la medición final después de la intervención.

A pesar de que la mayoría de los pacientes que participan en el protocolo no tienen afectado el estado nutricional tomando en cuenta el IMC y los parámetros bioquímicos (albúmina, prealbúmina y transferrina) al momento de la medición basal, aún cuentan con múltiples factores de riesgo cardiovascular como la alteración del metabolismo calcio y fósforo, la anemia crónica, el sedentarismo, etc. A su vez, la mayoría de los pacientes no se encuentran en metas de KTV, por lo que esto incrementa aún más su morbi-mortalidad. Se espera que todas estas variables mejoren con la intervención del suplemento alimenticio y el programa de ejercicio intradialítico.

## **10 Conclusiones**

La enfermedad renal crónica es una patología que engloba múltiples complicaciones que condicionan un alto riesgo de morbi-mortalidad en los pacientes, por lo que es necesario establecer registros nacionales para conocer la epidemiología de esta enfermedad. Uno de los grandes retos en la población pediátrica es el inicio de la terapia de sustitución renal. Aunque se aspira al trasplante renal, en muchas ocasiones, no se logra llevar a cabo por múltiples factores, por lo que la hemodiálisis y la diálisis peritoneal siguen siendo las primeras opciones.

Otra aspecto a considerar en estos pacientes es la desnutrición que desarrollan por las complicaciones de la pérdida de la función renal. Se ha visto que esto representa un factor de alta mortalidad si no se realiza una corrección. Las guías KDIGO recomiendan iniciar suplementos alimenticios para asegurar el aporte calórico. La valoración nutricional representa un reto, ya que es difícil considerar las medidas antropométricas que se suele usar en pediatría, porque la composición de estos pacientes es diferente.

Una estrategia es la medición por impedanciometría. Como se realizó en este estudio.

Es importante que en los pacientes con ERC en estadio terminal en hemodiálisis se establezca el riesgo cardiovascular, y se identifiquen los factores de riesgos que puedan ser modificables, porque la patología cardíaca es la principal causa de muerte. Uno de los factores de riesgo en estos pacientes es el sedentarismo que es derivado a la falta de tiempo, por lo que en muchos países se ha establecido el programa de ejercicios intradialítico. En la unidad de hemodiálisis del INP se cuenta con el programa de bicicleta estacionaria, que en un estudio previo que se realizó en el 2019 se vió beneficios en los aspectos funcionales y antropométricos . Sin embargo, una de las consecuencias fue que incrementó el catabolismo proteico, por lo que en esta ocasión se decidió agregar un suplemento alimenticio.

Actualmente, el estudio terminó con la fase de pre-visita donde se vio que aunque la mayoría de los pacientes tiene comprometida la talla y el peso con respecto a su edad y sexo, esto no afectó en su clasificación del estado nutricional por el IMC, lo cual correlacionó con el ángulo de fase total de la impedanciometría. Otro aspecto importante es que el 50% de los participantes llevan una actividad sedentaria según el cuestionario de PAQ. Y otro aspecto a recalcar, es que la mayoría de los paciente no se encuentran en metas bioquímicas como la hemoglobina, por lo que podemos asumir que estos pacientes tienen un alto riesgo cardiovascular.

Se iniciará la etapa de intervenciones en los participantes, y se analizarán los controles basales con los finales con el fin de determinar cuál fue el efecto sobre el ángulo de fase, la composición corporal, perfil bioquímico y función física. Se espera que los resultados sean satisfactorios,

La importancia de reportar nuestro estudio permitirá implementar como estrategia de salud pública el establecimiento de programas de ejercicio intradialíticos para mejorar la morbi-mortalidad en estos pacientes.

## **11 Bioseguridad**

Para el presente estudio no se requirió ni se requerirá muestras biológicas o resguardo de material biológico. Se utilizaron y se utilizará algunos de los resultados de laboratorio mensual o trimestral solicitados de manera rutinaria en la Unidad de Hemodiálisis como control del paciente en hemodiálisis estipulados en las guías internacionales de tratamiento de enfermedad renal crónica.

## **12 Aspectos éticos**

El protocolo de investigación se llevará a cabo anteponiendo siempre el bienestar del sujeto de estudio por encima del interés personal o profesional del investigador. Prevalecerá siempre el criterio de respeto a la dignidad del paciente y a la protección de sus derechos, así como los principios de beneficencia, no-maleficencia, justicia y autonomía.

Así mismo, tal como se especifica en el Código de Nüremberg y la Declaración de Helsinki respecto a la protección de los individuos que participen en proyectos de investigación médica, el reclutamiento de pacientes para esta investigación se hará de forma estrictamente voluntaria, con la capacidad de libre elección y sin ningún tipo de coacción. Antes de iniciar el estudio, algún padre o tutor del niño involucrado en el estudio firmó la carta de consentimiento para demostrar su anuencia voluntaria de participación en la investigación, y el paciente una carta de asentimiento (ver Anexos). Así mismo, se les hizo saber todos los procedimientos y riesgos implicados en el estudio y se resolvieron todas las dudas que tengan al respecto para que puedan tomarlos en cuenta en su decisión. No representa ningún costo extra al paciente y tutor, ya que el suplemento nutricional será otorgado por parte del servicio de nefrología calculado como parte del menú de desayuno o comida dentro de la Unidad de Hemodiálisis, y en caso de tener algún efecto gastrointestinal no deseado, se valorará y otorgará tratamiento dentro del Instituto por igual.

Durante todo el periodo que dure la investigación, los sujetos tendrán la posibilidad de abandonar el estudio si así lo desean, sin tener que dar alguna explicación o justificación al respecto.

Los datos necesarios serán obtenidos a través de procedimientos típicos de exámenes físicos o tratamientos médicos rutinarios (medición de estatura, circunferencias, peso y pliegues cutáneos). Finalmente, el investigador estará pendiente de cualquier riesgo o daño que se pueda generar en la salud del sujeto a causa del estudio y procederá a la suspensión de este si se diera el caso.

## *12.2 Aviso de privacidad*

El Instituto Nacional de Pediatría, a través del Departamento de Gestión Financiera por Prestación de Servicios de Salud, con domicilio en Insurgentes Sur No. 3700-C, Colonia Insurgentes Cuicuilco, Alc. Coyoacán, Ciudad de México, CP. 04530, Ciudad de México, México, es el responsable del tratamiento de los datos personales que nos proporcione, los cuales serán protegidos conforme a lo dispuesto por la Ley General de Protección de Datos Personales en Posesión de Sujetos Obligados, y demás normatividad que resulte aplicable.

Los datos personales que solicitamos los utilizamos con la siguiente finalidad:

- a. Incorporar sus datos a nuestra base de datos del servicio de hemodiálisis
- b. Integrar su expediente clínico
- a. Ocupar sus datos para fines estadísticos, académicos o investigación, para lo cual se tendrá el cuidado de que Usted no podrá ser identificado, se utilizará un número de identificación.

Los datos que recabaremos de manera directa, serán entre otros:

- 1) Historia Clínica completa.
- 2) Resultados de laboratorios de control rutinario del servicio de Hemodiálisis.
- 3) Mediciones de composición corporal mensual

Toda la información recabada será confidencial, únicamente accesible al equipo de investigación y resguardada por la Dra. Ana Cecilia Navarro Ramírez como investigadora principal, junto con la Dra. Aurora Guillén Graf y el Dr. José Manuel Rodríguez Toledo. Se le permitirá acceso a sus datos a monitor(es), auditor(es), al comité de Ética en Investigación internos y/o externos y a la(s) autoridad(es) regulatoria(s) a los registros médicos originales del sujeto, para verificación de los procedimientos y/o datos del estudio clínico, sin violar la confidencialidad del sujeto hasta donde lo permitan las leyes y regulaciones aplicables

### 13 Cronograma

	Sep 20	Abril 21	Mayo 21	Junio 21	Julio 21	Ago 21
Elaboración de protocolo	X					
Sometimiento a los comités Institucionales de revisión de protocolos		X				
Aceptación del estudio			X			
Elección de Participantes			X			
Previsita				X		
Visita 2				X		
Visita 3					X	

**Visita final**

**X**

**Análisis de resultados  
parciales**

**X**

## 14 Referencias

1. Pirojsakul K, Mathews N, Mouin G. Chronic kidney disease in children: recent update. *Open Urol Nephrol J* 2015; 8(Suppl 3):117–123
2. Medeiros M., Muñoz Arizpe R., Arizpe RM. Enfermedad renal en niños. Un problema de salud pública. *Bol Med Hosp Infant Mex.* 2011;68(4):259–61. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1007/s13524-016-0538-y>.
3. Ahn SY, Moxey-Mims M. CKD in children: the importance of a national epidemiologic study. *Am J Kidney Dis.* 2018;72(5):628–630. doi:10.1053/j.ajkd.2018.07.005
4. Kher KK, Makker SP: *Clinical Pediatric Nephrology*. 3er ed. Washington, DC: McGraw-Hill; 2017.
5. Watson AR, Thurlby D, Schröder C, Fischbach M, Schaefer F, Edefonti A, Stefanidis CJ, Rönnholm K, Zurowska A. Choice of end stage renal failure therapy in eight European centres. *Pediatr Nephrol* 2000;6(5):38
6. Fischbach M, Edefonti A, Schroder C, Watson A. Hemodialysis in children: general practical guidelines. *Pediatr Nephrol.* 2005;20(8):1054-66.
7. Rees L, Schaefer F, Schmitt CP, Shroff R, Warady BA. Chronic dialysis in children and adolescents: Challenges and outcomes. *Lancet Child Adolesc Health.* 2017;1:68–77.
8. Melgar A, Fijo J. Hemodiálisis pediátrica. *Protoc diagn ter pediatr (AEP).* 2014;1:403-20.
9. Apostolou A, Printza N, Karagiozoglou-Lampoudi T, Dotis J, Papachristou F. Nutrition assessment of children with advanced stages of chronic kidney disease-A single center study. *Hippokratia.* 2014;18(3):212-16.
10. Silverstein DM. Growth and Nutrition in Pediatric Chronic Kidney Disease. *Front Pediatr.* 2018;6:205. doi:10.3389/fped.2018.00205.
11. KDOQI Work Group. KDOQI clinical practice guideline for nutrition in children with CKD: 2008 update. Executive summary. *Amer J Kidney Dis.* (2009) 53(3 Suppl. 2):S11–104. 10.1053/j.ajkd.2008.11.017.
12. M. Delsoglio, N. Achamrah, M.M. Berger, C. Pichard. Indirect calorimetry in clinical practice. *J Clin Med.* 2019; 8(9):1387
13. Delgado C, Johansen KL. Deficient counseling on physical activity among nephrologists. *Nephron Clin Pract.* 2010;116:c330-36.
14. Howden EJ, Coombes JS, Strand H, et al. Exercise training in CKD: efficacy, adherence, and safety. *Am J Kidney Dis.* 2015;65:583-91.
15. Hiraki K, Yasuda T, Hotta C, et al. Decreased physical functioning pre-dialysis patients with chronic kidney disease. *Clin Exp Nephrol.* 2013;17:225-31.
16. Chan M, Cheema BS, Fiatarone Singh MA. Progressive resistance training and nutrition in renal failure. *J Ren Nutr.* 2007;17:84-7.
17. Greenwood SA, Koufaki P, Mercer TH, et al. Effect of exercise training on estimated GFR, vascular health, and cardiorespiratory fitness in patients with CKD: a pilot randomized controlled trial. *Am J Kidney Dis.* 2015;65:425-34.
18. Castaneda C, Gordon PL, Uhlin KL, et al. Resistance training to counteract the catabolism of a low-protein in patients with chronic kidney disease. *Ann Intern Med.* 2001;135:965-76.
19. KDIGO 2012 Clinical Practice Guideline for the Evaluation and Management of Chronic Kidney Disease. *Kidney Int Suppl.* 2013;3:79-80.



20. Nejati P, Sobouti B, Angoorani H. Exercise Prescription for Children with Chronic Kidney Disease, *Asian J Sports Med.* Online ahead of Print. 2019; 10(1):1-6. doi: 10.5812/asjasm.82358.
21. Janz KF, Lutuchy EM, Wenthe P, Levy SM. Measuring activity in children and adolescents using self-report: PAQ-C and PAQ-A. *Med Sci Sports Exerc.* 2008;40(4):767-72. doi:10.1249/MSS.0b013e3181620ed1
22. S. Fayad Saeta REL y GFT. El ejercicio físico en el tratamiento del enfermo con insuficiencia renal crónica. *Cuad Psicol del Deport.* 2005; 5(16):1-2.
23. Troib A, Guterman M, Rabkin R, Landau D, Segev Y. Endurance exercise and growth hormone improve bone formation in young and growth-retarded chronic kidney disease rats. *Nephrol Dial Transplant.* 2016;31(8):1270-9. doi: 10.1093/ndt/gfv373. [PubMed: 26560811].
24. Lau KK, Obeid J, Breithaupt P, Belostotsky V, Arora S, Nguyen T, et al. Effects of acute exercise on markers of inflammation in pediatric chronic kidney disease: A pilot study. *Pediatr Nephrol.* 2015;30(4):615-21. doi: 10.1007/s00467-014-2971-8. [PubMed: 25301024].
25. Koufaki P, Greenwood SA, Macdougall IC, Mercer TH. Exercise therapy in individuals with chronic kidney disease: A systematic review and synthesis of the research evidence. *Annu Rev Nurs Res.* 2013;31:235-75. doi: 10.1891/0739-6686.31.235. [PubMed: 24894142].
26. Gochicoa-rangel L, Mora-romero U, Guerrero-zúñiga S, Silva-cerón M, Cid-juárez S, Velázquez-uncal M, et al. Prueba de caminata de 6 minutos: recomendaciones y procedimientos. *Neumol Cir Torax.* 2015;74(2):127–36.
27. Watanabe FT, Koch VH, Juliani RC, Cunha MT. Six-minute walk test in children and adolescents with renal diseases: tolerance, reproducibility and comparison with healthy subjects. *Clinics.* 2016;71(1):22-27
28. E. Segura-Ortí VR-A y JFL. Fisioterapia durante la hemodiálisis : resultados de un programa de fuerza-resistencia. *Órgano De la Soc Española Nefrol.* 2008;28(1):67-72.
29. Painter PL., Nelson-Worel JN., Hill MM., Thornbert DR., Shelp WR., Harrington AR., et al. Effects of Exercise Training during Hemodialysis. *Nephron.* 1986;43:87–92.
30. Deschamps T. Let's programme exercise during haemodialysis (intradialytic exercise) into the care plan for patients, regardless of age. *Br J Sports Med.* 2016;50(22):1357–8. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-096356>.
31. Paglialonga F., Lopopolo A., Scarfia RV., Consolo S., Galli MA., Salera S., et al. Intradialytic cycling in children and young adults on chronic hemodialysis. *Pediatr Nephrol.* 2014;29:431–8. <https://doi.org/10.1007/s00467-013-2675-5>.
32. Paluchamy T., Vaidyanathan R. Effectiveness of Intradialytic Exercise on Dialysis Adequacy, Physiological Parameters, Biochemical Markers and Quality of Life – A Pilot Study. *Saudi J Kidney Dis Transpl.* 2018;29(4):902–10.
33. Stride M. Exercise and the patient with chronic kidney disease. *Br J Hosp Med.* 2011;72(4):200–4. <https://doi.org/10.12968/hmed.2011.72.4.200>.
34. Mcguire S., Horton EJ., Renshaw D., Jimenez A., Krishnan N., Mcgregor G. Hemodynamic Instability during Dialysis: The Potential Role of Intradialytic Exercise. *Biomed Res Int.* 2018;2018. <https://doi.org/10.1155/2018/8276912>.
35. Jung Tae-Du, Park Sun-Hee. Intradialytic Exercise Programs for Hemodialysis Patients. *Chonnam Med J* 2011;47:61-65

36. Williams, Nerys. The Borg Rating of Perceived Exertion (RPE) scale. *Occupational Medicine* 2017;67:404–405
37. Navarro-Ramirez, A. C., & Huante Anaya, A. (2020). Cambios en la composición corporal, perfil bioquímico, parámetros hemodinámicos con la implementación de ejercicio (bicicleta estática) durante la sesión de hemodiálisis en niños con enfermedad renal crónica (Especialista en Nefrología Pediátrica). Universidad Nacional Autónoma de México.
38. Foster, B.J., McCauley, L. & Mak, R.H. Nutrition in infants and very young children with chronic kidney disease. *Pediatr Nephrol* 2012;27, 1427–39.
39. Topete-Reyes JF, López-Lozano CA, López-Báez SL, Barbarín-Vázquez AV, Cervantes-Villalobos ML, Navarro-Rodríguez J, Parra-Michel R, Pazarín-Villaseñor HL, Meza-Guillén D, Torres-Tamayo M, Medina-Urrutia AX, Juárez-Rojas JG. Determinación del estado nutricional mediante el ángulo de fase en pacientes en hemodiálisis. *Gac Med Mex.* 2019;155(3):229-35. doi: 10.24875/GMM.19004434. PMID: 31219459.
40. Yang EM, Park E, Ahn YH, Choi HJ, Kang HG, Cheong HI, Ha IS. Measurement of Fluid Status Using Bioimpedance Methods in Korean Pediatric Patients on Hemodialysis. *J Korean Med Sci.* 2017;32(11):1828-34. doi: 10.3346/jkms.2017.32.11.1828. PMID: 28960036; PMCID: PMC5639064.
41. Nagano, M., Suita, S., & Yamanouchi, T. The validity of bioelectrical impedance phase angle for nutritional assessment in children. *Journal of Pediatric Surgery* 2000;35(7): 1035–39.
42. Suverza A., Haua K., Gómez Simon MI., Guerra Montemayor A., Inda Icaza P., Villegas Sepúlveda CJ. El ABCD de la evaluación del estado de nutrición. 1ra ed. Distrito Federal: McGraw-Hill Interamericana Editores, S.A. de C.V.; 2010. 332 p.
43. Merck. Kt/V Dialysis Dose Formulae MultiCalc. (fórmula de KtV Daugirdas II)