

Universidad CEU Cardenal Herrera
Departamento de Fisioterapia



**Comparación de los efectos de un programa
de ejercicio intradiálisis frente a un
programa de ejercicio domiciliario**

TESIS DOCTORAL

Presentada por:

D. Francisco de Borja Pérez Domínguez

Dirigida por:

Dra. Dña. Eva Segura Ortí

Valencia

2016

A mis padres, Manuela y Nicolás;
Por ser los responsables de quien he sido, soy y seré en esta vida.

A los *Suris*;

Porque me motiváis a querer superarme, ser mejor cada día.

Agradecimientos

A la Dra. Eva Segura Ortí, directora de esta tesis, por haberme soportado durante estos años y descubrirme una parte de nuestra profesión prácticamente desconocida hasta el momento, la Investigación.

Al Dr. Rafael García Maset, Jefe del Servicio de Nefrología del Hospital de Manises, por abrirnos las puertas de la Unidad de Hemodiálisis y haber facilitado tanto las cosas.

A Alice, Andrea, Erika, Fran, Juan Carlos, Lucía, Rosa, Samir y Sara, que colaboraron en la realización de las pruebas funcionales, no quiero ni imaginarme lo que hubiese sido sin ellos.

A Ana Ibáñez, Andrea Andreu, Amanda Hernandis, Amelia López, Beatriz Muñoz, Carlos Corberán, Carmen Soler, Claudia Palero, Cristina Guerrero, David Soler, Elena Sáez, Gabriela Pérez, Jordi Climent, Laura Cubells, Laura Lahoz, Laura Navarro, Leticia Gutiérrez, Leticia Hilario, Lidón Lopezosa, Mar Alarcón, Noelia Abad, Sergio López, Sonia Fernández y Verónica Vercher. Todo un lujo de equipo, nunca os voy a poder estar lo suficientemente agradecido por todo lo que habéis hecho.

Al resto del personal de la Unidad de Hemodiálisis del Hospital de Manises; A Rafa Vicent, por tantas charlas futboleras y buenos ratos.

A todos los pacientes de la Unidad de Hemodiálisis del Hospital de Manises. A todos y cada uno de ellos. Aunque con algunos me haya costado sudor y lágrimas que hiciesen ejercicio, no saben la brutal experiencia que me he llevado, tanto profesional como personalmente

A Jose Antonio Gil Gómez, por haber desarrollado y proporcionado el *software* con el que se realizó el programa de ejercicio mediante Realidad Virtual.

Por último, pedir disculpas a todas las personas de las que me haya podido olvidar, aunque espero no haberme dejado a nadie. En resumen, muchas gracias a todos los que habéis hecho esto posible.

“En el campo de la investigación, la fortuna sólo favorece a las mentes preparadas”

Louis Pasteur

Índice General

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	18
1.1 SITUACIÓN ACTUAL DE LA ENFERMEDAD RENAL CRÓNICA (ERC)	19
1.2. DEFINICIÓN	19
1.3. CLASIFICACIÓN	20
1.4. EPIDEMIOLOGÍA	21
1.5. IMPACTO SOCIOECONÓMICO DE LA ENFERMEDAD RENAL CRÓNICA.....	22
1.6. TERAPIAS RENALES SUSTITUTIVAS (TRS)	23
1.6.1. Hemodiálisis	23
1.6.2. Diálisis Peritoneal	24
1.6.3. Trasplante Renal.....	24
1.6.4. Otras técnicas de diálisis	24
1.7. FACTORES DE RIESGO Y COMPLICACIONES.....	25
1.7.1. Factores de riesgo	25
1.7.2. Complicaciones.....	27
1.8. FACTORES RELACIONADOS CON LA SUPERVIVENCIA	30
1.8.1. Factores psicológicos	30
1.8.2. Actividad física y funcionalidad	31
1.8.3. Calidad de vida relacionada con la salud (HRQoL)	31
1.9. EJERCICIO FÍSICO EN PACIENTES CON ENFERMEDAD RENAL CRÓNICA.....	32
1.9.1. Evolución histórica y situación actual.....	32
1.9.2. Revisión de la literatura sobre el ejercicio físico en HD	33
1.10. EJERCICIO MEDIANTE REALIDAD VIRTUAL (RV)	35
CAPÍTULO 2. OBJETIVOS E HIPÓTESIS	59
2.1. OBJETIVOS.....	60
2.2. HIPÓTESIS.....	61
CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA.....	62
3.1 RESUMEN DE LA INVESTIGACIÓN	63
3.1.1. Estudio I.....	63
3.1.2 Estudio II.....	63
3.1.3. Estudio III.....	63
3.2. PARTICIPANTES	64
3.2.1 Criterios de inclusión y exclusión	64
3.2.3. Consentimiento informado	65

3.2.2. Aprobación del Comité Ético.....	65
3.3. CRONOLOGÍA DE LOS ESTUDIOS Y LAS MEDICIONES.....	65
3.4. MEDIDAS Y CUESTIONARIOS	66
3.4.1. Historia Clínica.....	66
3.4.2. Pruebas Funcionales	66
3.4.3. Cuestionarios.....	82
3.4.4. Dinamometría para la fuerza muscular	84
3.5. DESCRIPCIÓN DE LOS PROGRAMAS DE EJERCICIO FÍSICO.....	86
3.5.1. Descripción del programa intradiálisis	87
3.5.2. Descripción del programa de ejercicio con Realidad Virtual	91
3.5.3. Descripción del programa de ejercicio domiciliario	94
3.6 ANÁLISIS ESTADÍSTICO	104
CAPÍTULO 4. RESULTADOS	106
4.1. SUJETOS.....	107
4.2. ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS	109
4.2.1. Edad	109
4.2.2. Género.....	109
4.2.3. Peso.....	109
4.2.4. Altura	110
4.2.5. Índice de masa corporal (IMC).....	110
4.2.6. Datos analíticos	110
4.2.7. Diagnóstico enfermedad renal crónica (ERC).....	110
4.2.8. Diabetes.....	111
4.2.9. Fumador	111
4.2.10. Tipo de dializador.....	111
4.2.11. Índice de comorbilidad de Charlson.....	111
4.3. FIABILIDAD TEST-RETEST	116
4.4. RESULTADOS EXPERIMENTALES ANOVA MIXTO. COMPARACIÓN PROGRAMA DE EJERCICIO INTRADIÁLISIS FRENTE A PROGRAMA DOMICILIARIO (ESTUDIO II).....	118
4.4.1. Pruebas Funcionales	118
4.4.2. Nivel de actividad física	128
4.4.3. Calidad de vida relacionada con la salud.....	130

4.5. RESULTADOS EXPERIMENTALES ANOVA MIXTO. COMPARACIÓN PROGRAMA DE EJERCICIO DE MUSCULACIÓN Y ENTRENAMIENTO AERÓBICO FRENTE A UN PROGRAMA DE EJERCICIO REALIZADO CON REALIDAD VIRTUAL (ESTUDIO III)	146
4.5.1. Pruebas Funcionales	146
4.6. ADHERENCIA A LOS PROGRAMAS DE EJERCICIO	158
4.6.1 Adherencia a los programas de ejercicio intradiálisis y domiciliario.....	158
4.6.2 Adherencia a los programas de ejercicio convencional y Realidad Virtual	159
CAPÍTULO 5. DISCUSIÓN	160
5.1. INTRODUCCIÓN	161
5.2. FIABILIDAD MEDICIÓN MUSCULAR CON DINAMÓMETRO HANDHELD (ESTUDIO I)	165
5.3. COMPARACIÓN DE LOS EFECTOS DE UN PROGRAMA DE EJERCICIO INTRADIÁLISIS FRENTE A OTRO DOMICILIARIO (ESTUDIO II).....	169
5.3.1. Pruebas Funcionales	170
5.4. CUESTIONARIOS	183
5.4.1. <i>Physical Activity Scale for the Elderly (PASE)</i> y <i>Human Activity Profile Adjusted Activity Score (HAP AAS)</i>	183
5.4.2. Calidad de vida relacionada con la salud (SF-36).....	184
5.5. COMPARACIÓN DE UN PROGRAMA DE EJERCICIO CONVENCIONAL CON OTRO DE REALIDAD VIRTUAL (ESTUDIO III).....	187
5.6. ADHERENCIA A LOS PROGRAMAS DE EJERCICIO	191
5.7. LIMITACIONES DE LOS ESTUDIOS	193
CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES	194
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	196
ANEXOS	225
ANEXO 1. ESCALA DE ESFUERZO PERCIBIDO (ESCALA DE BORG)	226

Índice de Tablas y Figuras

Tablas

Tabla 1. Clasificación de la enfermedad renal crónica acorde a la tasa de filtrado glomerular.....	20
Tabla 2. Descripción de los estudios controlados aleatorios con intervención de ejercicio físico en hemodiálisis.....	36
Tabla 3. Resumen de la puntuación de cada prueba de equilibrio del SPPB	69
Tabla 4. Resumen de la puntuación de la prueba de velocidad de la marcha	70
Tabla 5. Resumen de la puntuación de la prueba STS-5.....	72
Tabla 6. Características antropométricas y valores analíticos de los sujetos.....	112
Tabla 7. Características iniciales de los sujetos para las pruebas funcionales	113
Tabla 8. Características iniciales de los sujetos para el nivel de actividad.....	114
Tabla 9. Características iniciales de los sujetos para la calidad de vida relacionada con la salud.....	115
Tabla 10. Test-Retest variables de la fuerza	117
Tabla 11. prueba de efectos inter-sujetos en las pruebas funcionales. Estudio ejercicio intradiálisis vs. domiciliario	140
Tabla 12. Prueba de efectos inter-sujetos en el nivel de actividad física. Estudio ejercicio intradiálisis vs. domiciliario	140
Tabla 13. Prueba de efectos inter-sujetos para la calidad de vida relacionada con la salud. Estudio ejercicio intradiálisis vs. domiciliario	141

Tabla 14. Significación del ANOVA en las pruebas funcionales. Estudio intradiálisis vs. domiciliario	142
Tabla 15. Significación del ANOVA en el nivel de actividad física. Estudio intradiálisis vs. domiciliario.....	143
Tabla 16. Significación del ANOVA en la calidad de vida relacionada con la salud. Estudio ejercicio intradiálisis vs. domiciliario.....	144
Tabla 17. Características iniciales de los sujetos para las pruebas funcionales. Estudio ejercicio convencional vs. Realidad Virtual	145
Tabla 18. Prueba de efectos inter-sujetos en las pruebas funcionales. Estudio ejercicio intradiálisis vs. Realidad Virtual	156
Tabla 19. Significación del ANOVA en las pruebas funcionales. Estudio ejercicio convencional vs. Realidad Virtual	157
Tabla 20. Síntesis de resultados obtenidos en la tesis. Estudio I.....	162
Tabla 21. Síntesis de resultados obtenidos en la tesis. Estudio II.....	163
Tabla 22. Síntesis de resultados obtenidos en la tesis. Estudio III.....	164

Figuras

Figura 1. Esquema del posicionamiento de miembros inferiores en las pruebas de equilibrio del SPPB	68
Figura 9. Realización de la dinamometría del agarre manual	78
Figura 11. Cicloergómetro Motomed Letto	90
Figura 24. Diagnóstico clínico de enfermedad renal crónica de los sujetos	110
Figura 25. Resultados del SPPB en diferentes periodos. Ejercicio intradiálisis vs. ejercicio domiciliario.....	118
Figura 26. Resultados del equilibrio monopodal en diferentes periodos. Ejercicio intradiálisis vs. ejercicio domiciliario	119
Figura 27. Resultados del TUG en diferentes periodos. Ejercicio intradiálisis vs. ejercicio domiciliario.....	120
Figura 28. Resultados del STS-10 en diferentes periodos. Ejercicio intradiálisis vs. ejercicio domiciliario.....	121
Figura 29. Resultados del STS-60 en diferentes periodos. Ejercicio intradiálisis vs. ejercicio domiciliario.....	122
Figura 30. Resultados de la dinamometría del agarre manual derecho en diferentes periodos. Ejercicio intradiálisis vs. ejercicio domiciliario	123
Figura 31. Dinamometría de la fuerza del agarre manual izquierdo. Ejercicio intradiálisis vs. ejercicio domiciliario	124
Figura 32. Resultados de la fuerza del tríceps sural derecho en diferentes periodos. Ejercicio intradiálisis vs. ejercicio domiciliario	125
Figura 33. Resultados de la fuerza del tríceps sural izquierdo en diferentes periodos. Ejercicio intradiálisis vs. ejercicio domiciliario	126
Figura 34. Resultados del 6MWT en diferentes periodos. Ejercicio intradiálisis vs. ejercicio domiciliario.....	127

Figura 35. Resultados del PASE en diferentes periodos. Ejercicio intradiálisis vs. ejercicio domiciliario.....	128
Figura 36. Resultados del HAP AAS en diferentes periodos. Ejercicio intradiálisis vs. ejercicio domiciliario	129
Figura 37. Resultados de la subescala <i>Physical Functioning</i> en diferentes periodos. Ejercicio intradiálisis vs. ejercicio domiciliario	130
Figura 38. Resultados de la subescala <i>Role Physical Functioning</i> en diferentes periodos. Ejercicio intradiálisis vs. ejercicio domiciliario	131
Figura 39. Resultados de la subescala <i>Bodily Pain</i> en diferente periodos. Ejercicio intradiálisis vs. ejercicio domiciliario.....	132
Figura 40. Resultados de la subescala <i>General Health</i> en diferentes periodos. Ejercicio intradiálisis vs. ejercicio domiciliario	133
Figura 41. Resultados de la subescala <i>Vitality</i> en diferentes periodos. Ejercicio intradiálisis vs. ejercicio domiciliario	134
Figura 42. Resultados de la subescala <i>Social Functioning</i> en diferentes periodos. Ejercicio intradiálisis vs. ejercicio domiciliario	135
Figura 43. Resultados de la subescala <i>Role Emotional</i> en diferentes periodos. Ejercicio intradiálisis vs. ejercicio domiciliario	136
Figura 44. Resultados de la subescala <i>Mental Health</i> en diferentes periodos. Ejercicio intradiálisis vs. ejercicio domiciliario	137
Figura 45. Resultados del <i>Physical Component Scale</i> en diferentes periodos. Ejercicio intradiálisis vs. ejercicio domiciliario	138
Figura 46. Resultados del <i>Mental Component Scale</i> en diferentes periodos. Ejercicio intradiálisis vs. ejercicio domiciliario	139
Figura 47. Resultados del SPPB en diferentes periodos. Ejercicio convencional vs. Realidad Virtual	146

Figura 48. Resultados del equilibrio monopodal en diferentes periodos. Ejercicio convencional vs. Realidad Virtual	147
Figura 49. Resultados del TUG en diferentes periodos. Ejercicio convencional vs. Realidad Virtual	148
Figura 50. Resultados del STS-10 en diferentes periodos. Ejercicio convencional vs. Realidad Virtual	149
Figura 51. Resultados del STS-60 en diferentes periodos. Ejercicio convencional vs. Realidad Virtual	150
Figura 52. Resultados de la dinamometría del agarre de la mano derecha en diferente periodos. Ejercicio convencional vs. Realidad Virtual	151
Figura 53. Resultados de la dinamometría del agarre manual izquierdo en diferentes periodos. Ejercicio convencional vs. Realidad Virtual	152
Figura 54. Resultados de la fuerza del tríceps sural derecho en diferentes periodos. Ejercicio convencional vs. Realidad Virtual.....	153
Figura 55. Resultados de la fuerza del tríceps sural izquierdo en diferentes periodos. Ejercicio convencional vs. Realidad Virtual	154
Figura 56. Resultados del 6MWT en diferentes periodos. Ejercicio convencional vs. Realidad Virtual	155

Glosario de abreviaturas

AAS: *Adjusted Activity Scale*

ACV: Accidente Cerebro-Vascular

BDI: *Beck Depression Inventory*

CVRD: Calidad de Vida Relacionada con la Salud

DP: Diálisis Peritoneal

ECV: Enfermedad Cardio-Vascular

EEP: Escala de Esfuerzo Percibido

EPO: Eritropoyetina

ERC: Enfermedad Renal Crónica

EVA: Escala Visual Analógica

FAV: Fístula Arterio-Venosa

GFR: *Glomerular Filtration Rate*

HADS: *Hospital Anxiety and Depression Scale*

HAP: *Human Activity Profile*

HB: Hemoglobina

HD: Hemodiálisis

HDL: Lipoproteínas de Alta Densidad

HRQoL: *Health Related Quality of Life*

HTA: Hipertensión Arterial

ICC: Índice de Correlación Intraclase

IL-6: Interleukina-6

IMC: Índice de Masa Corporal

KDQoL: *Kidney Disease Quality of Life*

LDL: Lipoproteínas de Baja Densidad

LSI: *Life Satisfaction Index*

MAS: *Maximum Activity Score*

MCS: *Mental Component Scale*

MDC: *Minimal Detectable Change*

MRNA: *Messenger Ribonucleic Acid*

NMES: *Neuro-Muscular Electrical Stimulation*

NSA: *Number of Steps Achieved*

OLHR: *One-Leg Heel-Rise*

OLST: *One-Leg Standing Test*

PASE: *Physical Activity Scale for the Elderly*

PCS: *Physical Component Scale*

PMI: Presión Máxima Inspiratoria

QLI: *Quality of Life Index*

RM: Repetición Máxima

RV: Realidad Virtual

SD: *Standard Deviation*

SEQ: *Suitability Evaluation Questionnaire*

SF-36: *Short Form Survey-36*

SPPB: *Short Performance Physical Battery*

STS: *Sit to stand to sit*

TFG: Tasa Filtrado Glomerular

TR: Trasplante Renal

TRS: Terapia Renal Sustitutiva

TUG: *Timed Up and Go*

6MWT: *6 Minute Walk Test*

Capítulo 1. Introducción

1.1 Situación actual de la Enfermedad Renal Crónica (ERC)

La enfermedad renal crónica (ERC) supone un problema público común y progresivo, y su prevalencia aumenta con la edad. Gran parte de la población padece ERC debido a que, entre sus causas principales, se encuentren trastornos de alta prevalencia como el envejecimiento, la hipertensión arterial, la diabetes y la enfermedad vascular ([Hernando-Avedaño et al. 2008](#)).

Los sujetos que padecen ERC son mayoritariamente sedentarios, tienen altas comorbilidades y un alto riesgo de mortalidad ([Painter. 2005](#)), por lo que el deterioro de la fuerza muscular es evidente, y la necesidad de desarrollar métodos para poder evaluarla es vital.

1.2. Definición

El riñón es el órgano más irrigado del cuerpo (alrededor de 1.200mL/min) ([Hernando-Avedaño et al. 2008](#)). Sus funciones principales incluyen el control del volumen de fluido extracelular, la regulación de la osmolaridad plasmática, el equilibrio electrolítico ácido-base, la secreción de hormonas y la excreción de sustancias urémicas tóxicas ([Painter. 1993](#)). La función renal viene dada por la Tasa de Filtrado Glomerular (TFG), o *Glomerular Filtration Rate* (GFR), que supone la cantidad de filtrado de la sangre a la cápsula de Bowman generada en los capilares glomerulares de la nefrona. Esta tasa puede calcularse mediante fórmulas matemáticas, como la de Cockcroft-Gault o MDRD ([Hernando-Avedaño et al. 2008](#)). Cuando baja la tasa de filtrado, la capacidad de concentración de solutos en la orina se ve afectada, el riñón pierde su capacidad de excreción, lo que provoca una acumulación de fluidos y una acidosis metabólica.

La enfermedad renal crónica viene definida por uno de dos factores: (1) Daño renal por un tiempo igual o superior a 3 meses con posibles anomalías estructurales o funcionales del riñón y (2) Una tasa de filtrado glomerular inferior a 60mL/min/1.73m² por un tiempo igual o superior a 3 meses, con o sin daño del riñón ([KDOQI Guidelines. 2000](#)).

1.3. Clasificación

La ERC es una condición progresiva, y los pacientes son clasificados según su grado de fallo renal, y por *ende* según la gravedad de la enfermedad. Para ello, se mide su tasa de filtrado glomerular. Esta indica cómo de rápido y eficiente están limpiando los riñones la sangre, y se presenta en mililitros por minuto (mL/min). Se considera una tasa de filtrado glomerular “normal” aquella igual o superior a 90mL/min.

En 2003, la *National Kidney Foundation* estableció un sistema de clasificación estandarizado en base a la tasa del filtrado glomerular, encaminado a la actuación uniforme de los profesionales, e introdujo el término “Enfermedad Renal Crónica” en lugar de “Insuficiencia Renal” (López-Gómez et al. 2006). En la siguiente Tabla (*Tabla 1*) se describe la clasificación de la enfermedad renal crónica según la tasa de filtrado glomerular.

Tabla 1. Clasificación de la enfermedad renal crónica acorde a la tasa de filtrado glomerular

Estadio	Descripción	Tasa de filtrado glomerular
0	Función renal “normal” o sana	≥ 90 mL/min
1	Daño renal sin alteración en la tasa de filtrado glomerular	≥ 90 mL/min
2	Daño renal con disminución discreta de la tasa de filtrado glomerular	60-89 mL/min
3	Daño renal con disminución moderada de la tasa de filtrado glomerular	30-59 mL/min
4	Daño renal con disminución severa de la tasa de filtrado glomerular	15-29 mL/min
5	Insuficiencia Renal	≤ 15 mL/min

En el Estadio 1 existe lesión renal pero la tasa de filtrado glomerular es normal. Se establece la enfermedad por alteraciones histológicas en la biopsia renal o por marcadores indirectos, como la proteinuria, alteraciones en el sedimento urinario o alteraciones en los estudios de imagen ([Hernando-Avedaño et al. 2008](#)). Si se identifica la enfermedad renal crónica en esta fase, con mediación y una vida saludable se puede controlar la progresión, e incluso revertir la enfermedad dependiendo de la causa inicial. En el Estadio 2 existen alteraciones renales acompañadas por una ligera reducción en la tasa de filtrado.

En el Estadio 3 existe un mayor riesgo de progresión de la enfermedad renal y de la aparición de complicaciones cardiovasculares como la anemia o alteraciones en el metabolismo calcio-fósforo. Presenta también una reducción moderada de la tasa de filtrado glomerular ([Hernando-Avedaño et al. 2008](#)).

Cuando la enfermedad alcanza el Estadio 4 es cuando se plantea el tratamiento sustitutivo, se prepara al paciente o para comenzar con la terapia renal sustitutiva (diálisis o trasplante renal). Se le otorga información y educación para que tanto el paciente como su familia conozcan la enfermedad y descubran las diferentes modalidades de tratamiento.

1.4. Epidemiología

El número de pacientes que ha entrado en tratamiento renal sustitutivo en las últimas décadas ha aumentado de manera alarmante, asociado a un incremento de la edad media de los pacientes que comienzan diálisis, aunque en los últimos años el incremento de la incidencia en algunos países está comenzando a reducirse debido a la detección precoz de la enfermedad ([Hernando-Avedaño et al. 2008](#)).

La tercera edición del estudio NHANES (*National Health And Nutrition Examination Survey*) realizado en EEUU establece que de forma global un 11% de la población sufre insuficiencia renal crónica, lo que supone más de 19 millones de habitantes con esta enfermedad ([López-Gómez et al. 2006](#)).

En España, según los resultados del estudio EPRICE (Epidemiología de la Insuficiencia Renal Crónica en España), cerca de 4 millones de personas padecen algún grado de ERC, 50.909 estaban en tratamiento renal sustitutivo, y más de 22.000 en un programa de HD (Otero et al. 2010). La edad media de inicio de diálisis ha pasado de 49 a 55 años y sigue actualmente en continuo crecimiento. Los mayores de 65 años suponen ya el 40% de los que inician el tratamiento renal sustitutivo (Hernando-Avedaño et al. 2008).

1.5. Impacto Socioeconómico de la Enfermedad Renal Crónica

El tratamiento renal sustitutivo es motivo de debate constante por sus implicaciones éticas y su impacto económico. En los países del Primer Mundo se estima que un 2.5% del presupuesto sanitario se emplea en tratamientos renales sustitutivos. En España, salvo algún caso particular, existe una situación privilegiada con respecto a otros países, ya que todos los pacientes que llegan a la fase de ERC pueden ser incluidos en un programa de diálisis. Sin embargo, la carga económica de esta enfermedad es insostenible en muchos países, donde choca el dato de que solamente un 9% de los pacientes con ERC reciben tratamiento de diálisis (Hernando-Avedaño et al. 2008).

1.6. Terapias Renales Sustitutivas (TRS)

1.6.1. Hemodiálisis

La hemodiálisis (HD) es la terapia renal sustitutiva más común (casi un 90% de los pacientes) (Hernando-Avedaño et al. 2008). Es un proceso que reemplaza la función excretora del riñón utilizando un dializador con un filtro semipermeable que separa un soluto y la sangre para filtrar sustancias de desecho. La HD permite también gestionar el equilibrio electrolítico (García-García et al. 1995). La HD se administra en hospitales, en centros satélites o en los domicilios de los pacientes (modalidad escasamente difundida en España).

La HD requiere de un acceso vascular, siendo el más común, cuando la tasa de filtrado glomerular es inferior a $20\text{mL}/\text{min}/1.73^2$, la fístula arteriovenosa (FAV) autóloga o con prótesis, por anastomosis de la arteria y vena radiales del antebrazo, ya que es la más duradera y la que menos complicaciones ofrece. Se realiza este acceso con dos o tres meses de antelación (llegando a cuatro en pacientes diabéticos) para permitir el adecuado desarrollo venoso. El objetivo es encontrar una vía de acceso amplia con un flujo sanguíneo de alrededor de $200\text{mL}/\text{min}$ (García-García et al. 1995). Los pacientes reciben el tratamiento durante 3-5 horas, en una o varias sesiones semanales, dependiendo de la función renal residual y su perfil clínico. Si por cualquier motivo no pudiese implantarse la FAV o una prótesis vascular sustitutiva, puede considerarse un catéter venoso central como última medida, aunque esté asociado a una mayor morbilidad y mortalidad (Hernando-Avedaño et al. 2008).

El método más común para calcular la cantidad de HD que debe recibir un paciente es según el cálculo del "Kt/V", que debe girar en torno a 1.2. "K" supone el aclaramiento de la urea, "t" es la duración de la sesión de HD y "V" es el nivel de líquido corporal del paciente (García-García et al. 1995)

1.6.2. Diálisis Peritoneal

En la Diálisis Peritoneal (DP), el peritoneo actúa como el filtro semipermeable que separa la sangre de un fluido renovado periódicamente con un catéter intraabdominal. En comparación a la HD, con la DP se consigue una mayor extracción de las moléculas de tamaño medio y una menor extracción de las moléculas de menor tamaño.

1.6.3. Trasplante Renal

El Trasplante Renal (TR) de cadáver o de un donante vivo supone la elección más conveniente para el tratamiento de la ERC. Alrededor de un 40% de pacientes con ERC son tratados con TR, y este porcentaje es aún mayor en niños. A pesar de ser el método ideal de elección, los pacientes están expuestos a un riesgo de rechazo del riñón, infecciones debido al tratamiento inmunodepresor, cáncer, hipertensión arterial, complicaciones cardiovasculares, hiperparatiroidismo, nefropatía y otras complicaciones. La supervivencia tras el TR es de un 90% en el primer año, pero se reduce a un 20% los siguientes 20 años, siendo la nefropatía crónica del nuevo riñón la causa principal de la muerte ([Farreras-Valentí et al. 1995](#)).

1.6.4. Otras técnicas de diálisis

Existen otras técnicas de diálisis más eficientes como la hemodiálisis de alta eficacia o la hemodiafiltración, pero estas técnicas son más costosas y su empleo está limitado.

1.7. Factores de riesgo y complicaciones

1.7.1. Factores de riesgo

1.7.1.1. Comorbilidades

Muchos de los pacientes con ERC sufren de una o varias comorbilidades, una enfermedad o condición que coexiste con la enfermedad renal. Las más comunes que podemos encontrar son la diabetes y la hipertensión, pero también se incluyen enfermedades cardiovasculares, insuficiencia cardíaca congestiva, enfermedad vascular periférica, enfermedad pulmonar, problemas neurológicos y malnutrición.

1.7.1.2. Edad

La edad supone un factor de riesgo considerable en pacientes con ERC (la mortalidad de los pacientes de >65 años es un 7% mayor que en pacientes de mediana edad) ([Hernando-Avedaño et al. 2008](#)). El envejecimiento guarda una relación histológica con la progresión de la enfermedad renal. La mayoría de los ancianos experimentan una disminución de la masa renal, un aumento del porcentaje de glomérulos esclerosados y lesiones vasculares como la arterioesclerosis, principales causantes de la pérdida de función renal en el anciano ([Hernando-Avedaño et al. 2008](#)).

1.7.1.3. Enfermedad cardiovascular (ECV)

Supone la causa de muerte número uno en la ERC. Está presente en el 63% de los pacientes con enfermedad renal crónica avanzada, en comparación con el 5.8% de población sin enfermedad renal crónica ([URDS, 2009 Annual Report](#)). Los pacientes con ERC tienen más probabilidades de morir por un evento cardiovascular que de progresar en su enfermedad, y los eventos cardiovasculares suponen un 45% de las muertes de pacientes en diálisis ([Shastri et al. 2010](#)).

1.7.1.4. Hipertensión arterial (HTA)

La prevalencia de la hipertensión arterial en pacientes con enfermedad renal crónica avanzada es de un 84%, comparados con un 23% de población sana ([URDS, 2009 Annual Report](#)). La hipertensión se asocia con la aceleración de la progresión de la ERC y con el desarrollo y empeoramiento de la enfermedad cardiovascular. La activación mantenida del sistema nervioso simpático controla la HTA en pacientes con insuficiencia renal crónica, y contribuye a la aparición de problemas cardiovasculares y daño en el riñón ([Augustyniak et al. 2002](#)).

1.7.1.5. Diabetes

La diabetes mellitus aumenta el riesgo de la aparición de la ERC y de enfermedades cardiovasculares, y triplica la mortalidad con respecto a los pacientes no diabéticos ([Hernando-Avedaño et al. 2008](#)). El riesgo de hipoglucemia (bajos niveles de glucosa en sangre) es mayor en los estadios 3-5, debido a un peor aclaramiento de la medicación y a una gluconeogénesis renal alterada ([KDOQI Guidelines. 2007](#)).

1.7.1.6. Hiperpotasemia

Los niveles normales de potasio son de 3.5-5.0 mmol/L. En pacientes con ERC es común encontrar unos niveles elevados de potasio (>5.5 mmol/L), debido a la progresión de la propia enfermedad, al consumo de grandes cantidades de potasio en la dieta, acidosis o hiperglucemias en pacientes diabéticos.

1.7.1.7. Anemia

La anemia es más común en estadios avanzados de la ERC ([USRD. 2009 Annual Report](#)). Puede aparecer por un déficit en hierro o vitamina B₁₂, además de unos niveles bajos de eritropoyetina en sangre. Sin embargo, no supone un factor de riesgo que empeore o progrese, y puede controlarse y tratarse con la medicación adecuada.

1.7.2. Complicaciones

Las complicaciones que aparecen en el tratamiento renal sustitutivo pueden clasificarse según la rapidez con que desencadenan los síntomas en agudas o crónicas. Las complicaciones agudas aparecen durante la sesión de hemodiálisis o en las horas posteriores, son provocadas por el propio intercambio físico-químico entre el dializador y el paciente, y tienen una elevada incidencia ([López-Gómez et al. 2006](#)).

1.7.2.1. Complicaciones cardiovasculares

Estas complicaciones son las principales causantes de muerte en pacientes en HD, con tasas de mortalidad del 30.4-56% ([Sietsema et al. 2004](#)) ([Liu et al. 2004](#)) ([López-Revuelta et al. 2004](#)). La hipertrofia ventricular izquierda y la enfermedad vascular coronaria están presentes en el 30-70% de los pacientes en HD ([Deligiannis et al. 1999](#)) ([Hayano et al. 1999](#)) ([Stenvinkel et al. 2000](#)). Los factores de riesgo que aceleran estos procesos incluyen: Hipertensión arterial (puede aparecer en un 16-46% de las sesiones) ([López-Gómez et al. 2006](#)), arritmias, inestabilidad hemodinámica, anemia, niveles reducidos de lipoproteínas de alta densidad (HDL), colesterol, hipertrigliceridemia, diabetes mellitus y una vida sedentaria.

1.7.2.2. Complicaciones musculoesqueléticas

La debilidad, fatiga, calambres (pueden llegar a aparecer en un 6-11% de las sesiones) (López-Gómez et al. 2006) y la falta de energía son comunes en pacientes con ERC, y son considerados los factores más limitantes de la capacidad funcional (Deligiannis et al. 1999) (Stenvinkel et al. 2000). Entre las alteraciones morfológicas en pacientes con ERC encontramos una reducción de la sección transversal muscular (Johansen et al. 2003) (Moore et al. 1993), que afecta predominantemente a las fibras anaeróbicas tipo II (Clyne. 1996). En cuanto a las alteraciones degenerativas, podemos encontrar pérdida de miofilamentos y capilares y cambios mitocondriales (Kouidi et al. 1998) (Deligiannis et al. 2004) (Diesel et al. 1993).

El término “desgaste proteico energético” se refiere a las alteraciones nutricionales y catabólicas que ocurren en la ERC, provocadas por factores como la pérdida de apetito, las restricciones en la dieta, la alteración de la síntesis proteica, la vida sedentaria y el catabolismo asociado a la propia HD. (Fried et al. 2006). En sus casos más severos, el desgaste proteico energético se conoce como “caquexia”. Ambos están normalmente asociados a la atrofia del sistema musculoesquelético presente en pacientes con enfermedad renal crónica.

1.7.2.3. Complicaciones hematológicas

Los pacientes con ERC presentan un hematocrito reducido un 27% con respecto a sus homólogos sanos (Deligiannis. 2004). La anemia se debe principalmente al déficit en la producción de eritropoyetina (EPO) por las células endoteliales, pero también viene dado por la destrucción de hematíes secundaria al entorno urémico (Fishbane. 2007). Supone un importante factor de riesgo que afecta a la capacidad máxima de ejercicio, ya que influye directamente en el consumo pico de oxígeno (Clyne. 1996). En esta cohorte también encontramos una actividad de linfocitos reducida, lo que guarda una relación directa con el déficit inmunitario, aumentando el riesgo de complicaciones como la tuberculosis, el herpes zóster o la hepatitis B (Farreras-Valentí et al. 1995) (Winearls. 2003).

1.7.2.4. Complicaciones neurológicas

La uremia viene acompañada por una alteración del sistema nervioso central y periférico. Suele aparecer cuando la tasa de filtrado glomerular desciende más de un 10% de los valores normales, y asociarse con fatiga, confusión, estados alterados de la consciencia, dificultad para la concentración, letargo, espasmos mioclónicos y, en ocasiones, coma (Nicholls et al. 2007). La alteración del sueño es la más común que refieren los pacientes con ERC, llegando a objetivarse mediante polisomnografía hasta en un 50% de los casos (Nicholls et al. 2007). El insomnio, la apnea del sueño o el síndrome de las piernas inquietas son otras de las alteraciones frecuentes.

1.7.2.5. Complicaciones metabólicas

Debido al síndrome urémico, se reduce la glicólisis y aumenta el contenido intramuscular de glucosa, más predominante en la fibras de tipo II. También se reduce el catabolismo de lipoproteínas, lo que conduce a altas concentraciones de lipoproteínas de baja densidad (LDL) y triglicéridos, y un descenso de lipoproteínas de alta densidad (HDL). Finalmente, la acidosis metabólica acaba provocando una proteólisis que reduce la cantidad total de albúmina y otras proteínas corporales (Farreras-Valentí et al. 1995) (Goldberg et al. 1986) (Levy et al. 2004) (Guarneri et al. 1987) (Woodrow et al. 1996).

1.7.2.6. Complicaciones hormonales

Tanto las hormonas intrarrenales como extrarrenales se ven alteradas por la ERC (Farreras-Valentí et al. 1995) (Kettner et al. 1984) (Winearls. 2003) (Flanigan et al. 2007). La vitamina D y la eritropoyetina se reducen, pero pueden encontrarse altas concentraciones de otras hormonas debido a una reducida degradación, un fallo en la excreción y la segregación de hormonas reguladoras del metabolismo, como la paratohormona (Farreras-Valentí et al. 1995) (Winearls. 2003) (Flanigan et al. 2007).

1.7.2.7. Complicaciones gastrointestinales

La anorexia y náusea (pueden aparecer en un 3-9% de las sesiones) (López-Gómez et al. 2006) se asocian con la diálisis inadecuada y los cuadros de hipotensión, y son consecuencia directa de un consumo proteico reducido y malnutrición. El estreñimiento también es común, asociado con la limitación en la ingesta de líquidos, la reducción en los niveles de fibra por la restricción en el consumo de verduras o la vida sedentaria en pacientes con ERC (Winearls. 2003) (Lew et al. 2007).

1.7.2.8. Complicaciones en el metabolismo mineral óseo (Osteodistrofia)

El hiperparatiroidismo (que reduce los niveles óseos de calcio), la reducción en el metabolismo de la vitamina D (responsable del enlace proteico del calcio) y la hiperfosfatemia pueden llegar a conducir a la patología renal ósea, o la osteodistrofia (Winearls. 2003) (Floyd et al. 1974) (Levy et al. 2004) (Coyne et al. 2007).

1.8. Factores relacionados con la supervivencia

1.8.1. Factores psicológicos

La depresión y la ansiedad son los principales factores psicológicos relacionados con la supervivencia de pacientes con ERC. En la literatura podemos observar que la depresión está presente hasta en un 66% de los pacientes en HD, y es la principal causa de la aparición de fatiga. La ansiedad puede encontrarse en un 20-52% de los pacientes, y ambas están relacionadas con la severidad de los síntomas en la ERC (Kouidi et al. 1997) (Segura-Ortí. 2004) (Alvarez-Ude et al. 2001) (Walters et al. 2002) (Tanaka et al. 1999).

1.8.2. Actividad física y funcionalidad

El nivel de actividad física y funcionalidad es capaz de predecir la supervivencia en pacientes con ERC. Un comportamiento sedentario aumenta la mortalidad del paciente durante el primer año. La capacidad de ejercicio, medida con el consumo pico de oxígeno (VO_2), es un poderoso predictor de supervivencia en los primeros años de la enfermedad, como también lo es una mayor fuerza en el agarre manual (Painter et al. 1999).

1.8.3. Calidad de vida relacionada con la salud (HRQoL)

Todavía no disponemos de una definición universal del término “Calidad de vida” aunque, de todas formas, la Organización Mundial de la Salud (OMS), buscando un consenso, la establece como “*la percepción del individuo de su situación en la vida, dentro del contexto cultural y sistema de valores en el que vive y en relación a sus objetivos, expectativas, valores e intereses*” (López-Gómez et al. 2006).

La percepción del paciente en su nivel de bienestar y satisfacción, y de cómo se ven afectados por su enfermedad también ha resultado ser un fuerte predictor en la supervivencia de pacientes con ERC. En estudios como el de DeOreo (DeOreo. 1997), los niveles de la funcionalidad física eran predictores de la mortalidad o la probabilidad de hospitalización.

1.9. Ejercicio físico en pacientes con Enfermedad Renal Crónica

Los pacientes con ERC se caracterizan por la disminución de la condición física y un deterioro de la calidad de vida relacionada con la salud. En estadios avanzados de la ERC esto se traduce en una marcada debilidad muscular e impotencia funcional, y en la aparición de complicaciones y trastornos como la atrofia muscular o depresión (Heiwe et al. 2014) (Segura-Ortí. 2010) (McIntyre et al. 2006) (Painter et al. 2013). El ejercicio físico ya ha demostrado ser útil en otras poblaciones especiales, como en sujetos que padecen cáncer (Gerritsen. 2015). Es una de las principales herramientas a las que se recurren para el tratamiento y prevención de varias afecciones y patologías.

1.9.1. Evolución histórica y situación actual

Hace casi 40 años empezaron a implantarse programas de ejercicio físico para pacientes con ERC en países como EEUU, Alemania, Grecia o Suecia. Inicialmente, las sesiones eran intradiálisis, y de carácter predominantemente aeróbico de moderada intensidad. A partir de la década de los 90 empezaron a utilizarse ejercicios de fortalecimiento muscular, gracias a un mayor conocimiento sobre la evolución fisiológica del músculo.

La creciente investigación sobre los beneficios del ejercicio físico en pacientes en HD ha demostrado diversos beneficios en cuanto a funcionalidad y calidad de vida en estos pacientes. Diversos meta-análisis han evaluado el efecto del ejercicio en este cohorte (Segura-Ortí. 2010) (Heiwe & Jacobson. 2014), donde se concluyó que el ejercicio de manera regular se asocia normalmente con una mejora de la salud, fuerza, capacidad de ejercicio y calidad de vida relacionada con la salud, evidenciando el importante rol que podría ostentar el ejercicio físico en el tratamiento de pacientes con ERC. Los esfuerzos en futuras investigaciones podrían centrarse en qué tipo de ejercicio es el más beneficioso, en seguimientos a largo plazo de estas intervenciones y mejoras en las estrategias de implantación de ejercicio para una mejor aplicabilidad.

A día de hoy, más aún en España, no se ha conseguido implementar en la rutina diaria de HD un programa de ejercicio físico, a diferencia de otras cohortes como pacientes con patología cardíaca o respiratoria. La presencia de varias limitaciones, como el escaso conocimiento sobre estos beneficios que reciben tanto profesionales como pacientes, la falta de promoción de un estilo de vida saludable o la inexistencia de recursos económicos, podrían explicar la ausencia de estos programas de ejercicio físico como parte del tratamiento. Sin embargo, en los últimos años se ha podido observar un esperanzador crecimiento en la investigación para mejorar la capacidad funcional y la calidad de vida de estos pacientes (Painter. 2009) (Kouidi. 2002) (Delgado & Johansen. 2010) (Delgado & Johansen. 2012) (Greenwood et al. 2014).

1.9.2. Revisión de la literatura sobre el ejercicio físico en HD

Con los años se ha demostrado que la implantación de ejercicio físico puede resultar beneficiosa, tanto si el ejercicio se realiza antes, como durante o después de la diálisis. Se consigue aumentar la masa muscular y la fuerza y mejorar la funcionalidad y calidad de vida relacionada con la salud de los sujetos con ERC.

A continuación, se presentan los resultados de la revisión sobre ejercicio físico en HD (Tabla 2). Para localizar los estudios se realizaron búsquedas en las siguientes bases de datos, con terminología en inglés o castellano: PubMed, PEDro, MEDLINE (Ovid), ScienceDirect, ResearchGate y Scientific Electronic Library (SciELO). Los términos de búsqueda fueron: "Exercise", "Hemodialysis", "End Stage Renal Disease", "Physical Function", "Quality of Life" y "Randomized Controlled Trial". Otra fuente utilizada fue la lista de referencias utilizadas por los autores de los estudios Barcellos et al. (Barcellos et al. 2015) y Segura-Ortí (Segura-Ortí. 2010), revisiones bibliográficas ya realizadas sobre ensayos controlados aleatorizados con programas de ejercicio en pacientes en HD.

Del total de estudios revisados, 51 ([Afshar et al. 2011](#)) ([Akiba et al. 1995](#)) ([Baria et al. 2014](#)) ([Carmack et al. 2005](#)) ([Castaneda et al. 2001](#)) ([Castaneda et al. 2004](#)) ([Cheema et al. 2007](#)) ([Chen et al. 2010](#)) ([Cho et al. 2014](#)) ([de Lima et al. 2013](#)) ([de Paul et al. 2002](#)) ([Deligiannis et al. 2009](#)) ([Dobsak et al. 2011](#)) ([Dong et al. 2011](#)) ([Eidemak et al. 1997](#)) ([Fitts et al. 1999](#)) ([Frey et al. 2009](#)) ([Giannaki et al. 2013](#)) ([Giannaki et al. 2013](#)) ([Gordon et al. 2012](#)) ([Johansen et al. 2006](#)) ([Kopple et al. 2007](#)) ([Koufaki et al. 2002](#)) ([Kouidi et al. 1997](#)) ([Kouidi et al. 2009](#)) ([Kouidi et al. 2009](#)) ([Kouidi et al. 2013](#)) ([Leehey et al. 2009](#)) ([Makhlough et al. 2012](#)) ([Matsumoto et al. 2007](#)) ([Mohseni et al. 2013](#)) ([Molsted et al. 2004](#)) ([Mortazavi et al. 2013](#)) ([Olvera-Soto et al. 2015](#)) ([Orcy et al. 2012](#)) ([Ouzouni et al. 2009](#)) ([Painter et al. 2002](#)) ([Painter et al. 2003](#)) ([Parsons et al. 2003](#)) ([Pelizzaro et al. 2012](#)) ([Petraki et al. 2008](#)) ([Reboredo et al. 2010](#)) ([Reboredo et al. 2011](#)) ([Rossi et al. 2014](#)) ([Song et al. 2012](#)) ([Thompson et al. 2016](#)) ([Toussaint et al. 2008](#)) ([Toyama et al. 2010](#)) ([Tsuyuki et al. 2003](#)) ([Van Vilsteren et al. 2005](#)) ([Wilund et al. 2010](#)) ([Yurtkuran et al. 2006](#)) compararon un grupo con intervención de ejercicio físico con un grupo control. Tanto [Bohm et al \(Bohm et al. 2014\)](#), [Konstantidinou et al \(Konstantidinou et al. 2002\)](#), [Tao et al \(Tao et al. 2015\)](#), [Koh et al \(Koh et al. 2009\)](#), como [Ortega-Pérez de Villar et al. \(Ortega-Pérez de Villar et al. 2016\)](#) compararon los efectos de un programa de ejercicio físico realizado intradiálisis frente a uno domiciliario. [Kouidi et al \(Kouidi et al. 2009\)](#) buscaron comparar un programa de ejercicio físico realizado durante la diálisis frente a otro realizado en días de no diálisis. Finalmente, [Segura-Ortí et al \(Segura-Ortí et al. 2009\)](#) compararon un programa de ejercicio aeróbico frente a otro de musculación.

Se localizaron otros artículos interesantes que fueron excluidos por no cumplir el requisito de ser ensayos aleatorios controlados, como un estudio que implementó estimulación eléctrica neuromuscular (NMES) y obtuvo como resultado la mejora en la fuerza muscular y la capacidad funcional ([Esteve-Simó et al. 2015](#)).

1.10. Ejercicio mediante Realidad Virtual (RV)

El uso de la Realidad Virtual en la rehabilitación de diversas patologías, como en accidentes cerebrovasculares (ACV) (Cameirao et al. 2012) (Henderson et al. 2007), ha experimentado un crecimiento considerable en los últimos años, pero a día de hoy su literatura en sujetos en HD es escasa (Ortega-Pérez de Villar et al. 2016). Se trata de una tecnología que aporta un *feedback* constante sobre actividades similares a las que el sujeto puede experimentar en su día a día (Van Hedel et al. 2015). Su implantación en las unidades de HD para que los sujetos realicen ejercicio físico podría suponer una herramienta clave en su tratamiento, y ya se pueden encontrar estudios donde se evidencian mejoras, como en la capacidad funcional de esta cohorte (Cho et al. 2014).

La siguiente Tabla (*Tabla 2*) resume las intervenciones realizadas en pacientes en HD mediante ejercicio físico.

Tabla 2. Descripción de los estudios controlados aleatorios con intervención de ejercicio físico en hemodiálisis

Autor & Año	País	Metodología	Muestra	Intervención	Resultados
Afshar R et al. 2011	Irán	2 Grupos. 8 Semanas.	Mujeres:Hombres = 0:28 Edad: 21.06 ± 50.71 19.40 ± 53.00 <i>Inclusión:</i> -HD > 3 meses -Edad>20 años -Buena adherencia	Ejercicio aeróbico durante la diálisis (n=14) Grupo control (n=14)	Niveles de leptina reducidos (p<0.001) Niveles proteína C-reactiva reducidos (p<0.001)
Akiba T et al. 1995	Japón	2 Grupos. 12 Semanas.	Mujeres:Hombres = 11:9 Edad: 38.4 ± 9.5 40.6 ± 10.8 <i>Inclusión:</i> No especificado	Ejercicio durante la diálisis (n=10) Grupo control (n=10)	Aumento VO ₂ MAX (p<0.05)
Baria F et al. 2014	Brasil	3 Grupos. 12 Semanas.	Mujeres:Hombres = 0:29 Edad: 52.1 ± 9.5 <i>Inclusión:</i> -IMC > 25kg/m ² -Edad 18-70 -Presión sistólica <180mmHg y diastólica <100mmHg -Hb >11g/dL	Ejercicio durante la diálisis (n=10) Ejercicio domiciliario (n=9) Grupo control (n=10)	Grasa corporal y circunferencia de la cintura reducidas (p < 0.01) en grupo ejercicio durante la diálisis Aumento eficacia filtrado glomerular (p = 0.03) en grupo ejercicio durante la diálisis

Bohm C et al. 2014	Canadá	2 Grupos. 24 Semanas.	Mujeres:Hombres = 20:40 Edad: 52 ± 14.5 53 ± 16.9 <i>Inclusión:</i> -Edad >18 años -HD > 3 meses -Hb >100g/dL -Kt/V ≥1.2	Ejercicio aeróbico durante diálisis (n=30) Ejercicio aeróbico domiciliario (n=30)	No se apreciaron cambios significativos en consumo pico VO ₂ ni en el 6MWT en ningún grupo Mejoras en la prueba de STS (p<0.005) en grupo ejercicio domiciliario
Carmack C et al. 1995	EE.UU.	2 Grupos. 48 Semanas.	Mujeres:Hombres = 19:29 Edad: No especificado <i>Inclusión:</i> No especificado	Ejercicio aeróbico durante la diálisis (n=23) Grupo control (n=25)	No hay cambios significativos en medidas de depresión, ansiedad y estrés para ambos grupos
Castaneda C et al. 2001	EE.UU.	2 Grupos. 12 Semanas.	Mujeres:Hombres = 9:17 Edad: 65 ± 69 64 ± 13 <i>Inclusión:</i> -Edad >50 años -Concentraciones de creatinina 133-442 mmol/L -Permiso médico para seguir una dieta hipoproteica	Ejercicio aeróbico con dieta hipoproteica (n=14) Solamente dieta hipoproteica (n=12)	Aumento del potasio corporal y sección muscular trasversal fibras tipo I y II de cuádriceps en grupo con ejercicio aeróbico Mejora en la fuerza muscular (p<0.001) en grupo con ejercicio aeróbico

Castaneda C et al. 2004	EE.UU.	2 Grupos. 12 Semanas.	Mujeres:Hombres = 9:17 Edad: 65 ± 69 64 ± 12 <i>Inclusión:</i> -Concentraciones de creatinina 1,5-5,0mg/dL -Enfermedad renal	Ejercicio aeróbico con dieta hipoproteica (n=14) Solamente dieta hipoproteica (n=12)	Niveles proteína C-reactiva reducidos (p=0.05) en grupo con ejercicio aeróbico Niveles de IL-6 reducidos (p=0.01) en grupo con ejercicio aeróbico Aumento secciones transversales fibras tipo I y II de cuádriceps (p<0.05) en grupo con ejercicio aeróbico
Cheema B et al. 2007	Australia	2 Grupos. 12 Semanas.	Mujeres:Hombres = 15:34 Edad: 60 ± 15,3 65 ± 12,9 <i>Inclusión:</i> -Edad>18 años -HD>3 meses -Marcha independiente >50 metros -Estado cognitivo adecuado	Ejercicio anaeróbico durante la hemodiálisis (n=24) Grupo control (n=25)	No se encontraron cambios significativos en la sección transversal muscular. Mejoras en atenuación, fuerza muscular (p=0.04) Aumento circunferencia tercio medio del muslo y del brazo (p=0.40) Aumento peso corporal y proteína C-reactiva (p=0.02)
Chen J et al. 2010	EE.UU.	2 Grupos. 24 Semanas.	Mujeres:Hombres = 21:23 Edad: 71.1 ± 12.6 66.9 ± 13.4 <i>Inclusión:</i> -Edad>30 años -Niveles albúmina<4,2g/dL -HD>3 meses	Ejercicio durante la diálisis de baja intensidad (n=22) Grupo control, sólo estiramientos (n=22)	Valores del SPPB aumentados (p=0.03) Aumento fuerza extensores de rodilla, (p<0.02) Valores mejorados HAP y PASE (p<0.02)

Cho H et al. 2014	Corea	2 Grupos. 8 Semanas	Mujeres:Hombres = 20:28 Edad: 60.8 ± 6.9 57.7 ± 9.5 <i>Inclusión</i> -Edad >18 años	Ejercicio previo a la diálisis mediante Realidad Virtual (n=24) Grupo control (n=24)	Mejora en la fuerza del dorso (p=0.001) en grupo con Realidad Virtual Mejora en fuerza de miembros inferiores (p<0.001) en grupo con Realidad Virtual Mejora en el equilibrio monopodal con ojos cerrados (p<0.001)
de Lima M et al. 2013	Brasil	3 Grupos. 8 Semanas.	Mujeres:Hombres = 14:18 Edad: 43.5 ± 11.1 49.6 ± 9.1 43.1 ± 13.3 <i>Inclusión:</i> -HD > 3 veces/semana -Edad 18-75 años -No practicar actividad física	Ejercicio aeróbico con bicicleta (n=10) Ejercicio anaeróbico (n=11) Grupo control (n=11)	Mejora en la presión máxima inspiratoria (PMI) (p<0.05) en ambos grupos con entrenamiento Mejora en <i>number of steps achieved</i> (NSA) (p=0.001) en ambos grupos con entrenamiento Mejora en calidad de vida (p<0.05) en ambos grupos con entrenamiento
Deligiannis A et al. 1999	Grecia	3 Grupos. 24 Semanas.	Mujeres:Hombres = 15:23 Edad: 46,4 ± 13,9 51,4 ± 12,5 <i>Inclusión:</i> -Pacientes en HD -HD 3 veces/semana >4 horas	Ejercicio aeróbico y anaeróbico en días de no diálisis (n=16) Ejercicio domiciliario (n=15) Grupo control (n=12)	Índice de variabilidad de ritmo cardiaco aumentado (p<0.05) en grupo de ejercicio en días de no diálisis Mejora consumo de oxígeno (p<0.05) en grupo de ejercicio en días de no diálisis

de Paul V et al. 2002	Canadá	2 Grupos. 12 Semanas.	Mujeres:Hombres = 14:23 Edad: 55 ± 16 <i>Inclusión:</i> -HD > 3 meses -Tratamiento con EPO para anemia -Hb > 9 g/dL -Capacidad de mantener el equilibrio	Ejercicio aeróbico y anaeróbico en días de no diálisis (n=16) Ejercicio aeróbico domiciliario (n=10) Grupo control con ejercicio no progresivo, no resistido durante la diálisis (n=12)	Mejora test de ejercicio submáximo (p=0.02) en grupo de ejercicio en días de no diálisis Aumento de la fuerza máxima de isquiotibiales y cuádriceps (p=0.02) en grupo de ejercicio en días de no diálisis
Dobsak P et al. 2011	República Checa	3 Grupos. 20 Semanas.	Mujeres:Hombres = 14:18 Edad: 61.1 ± 8.8 <i>Inclusión:</i> -HD 3 veces/semana -HD > 12 meses -Tratamiento farmacológico óptimo -Estabilidad sintomática	Ejercicio aeróbico (n=11) Electroestimulación (n=11) Grupo control (n=10)	Aumento de la fuerza máxima (p<0.05) en ambos grupos con ejercicio Mejora en prueba del 6MWT (p<0.05) en ambos grupos con ejercicio Aumento pico de esfuerzo (p=0.041) en grupo con ejercicio aeróbico Mejora de filtrado Kt/V (p<0.05) en ambos grupos con ejercicio Mejora general funciones mentales (p=0.001) en ambos grupos con ejercicio Mejora general funciones físicas (p=0.006) en grupo con ejercicio aeróbico

Dong J et al. 2011	EE.UU.	2 Grupos. 24 Semanas.	Mujeres:Hombres = 11:21 Edad: 43 ± 13 <i>Inclusión:</i> -Edad > 18 años -HD > 3 meses -HD 3 sesiones/semana	Ejercicio de resistencia con nutrición (n=15) Grupo control sólo con nutrición (n=17)	Aumento del peso corporal (p=0.02) Aumento de 1RM (p=0.001)
Eidemak I et al. 1997	Dinamarca	2 Grupos. 24 Semanas.	Mujeres:Hombres = 12:18 Edad: 45 (22-70) 44 (28-65) <i>Inclusión:</i> -Filtrado glomerular > 25ml/min*1,73m ²)	Ejercicio aeróbico domiciliario (n=15) Grupo control (n=15)	Aumento capacidad aeróbica máxima (p<0.05)
Fitts S et al. 1999	EE.UU.	4 Grupos. 24 Semanas.	Mujeres:Hombres = 16:20 Edad: 44,7 ± 9,4 48,7 ± 14,6 <i>Inclusión:</i> -Pacientes con máximo potencial de mejora	Pacientes en pre-diálisis. Ejercicio aeróbico y anaeróbico domiciliario (n=9) Pacientes en diálisis. Ejercicio aeróbico y anaeróbico domiciliario (n=9) Pacientes en pre-diálisis. Grupo control (n=9) Pacientes en diálisis. Grupo control (n=9)	Mejora en la prueba del 6MWT (p<0.01) en grupo pre-diálisis con ejercicio aeróbico y anaeróbico Aumento del hematocrito (p<0.05) en ambos grupos con ejercicio aeróbico y anaeróbico

Frey S et al. 1999	EE.UU.	2 Grupos. 12 Semanas.	Mujeres:Hombres = 5:6 Edad: 53 ± 13 40 ± 11 <i>Inclusión:</i> -Edad 25-65 -Presión sistólica <160mmHg - Presión diastólica <90mmHg -Ganancia interdialítica de peso<3,5Kg	Ejercicio aeróbico (n=6) Grupo control (n=5)	No se encontraron cambios significativos en consumo proteico para ambos grupos Aumento niveles de transferina (p<0.05) Cambios significativos en niveles pre y post de albúmina (p<0.05)
Giannaki C et al. 2013	Grecia	2 Grupos. 24 Semanas.	Mujeres:Hombres = 7:17 Edad: 59.2 ± 11.8 58.0 ± 10.7 <i>Inclusión:</i> -HD >3 meses -Kt/V adecuado -Condición clínica estable	Ejercicio aeróbico progresivo (n=12) Grupo control, ejercicio aeróbico sin progresión (n=12)	Mejora en la severidad del Síndrome de las Piernas Inquietas (p=0.003) Mejora en capacidad funcional (p=0.04) Mejora en la calidad del sueño (p=0.038) Mejora en puntuación de depresión (p=0.000)
Giannaki C et al. 2013	Grecia	3 Grupos. 24 Semanas.	Mujeres:Hombres = 9:20 Edad: 56.4±12.5 55.7±10.4 56.8 ±16.5 <i>Inclusión:</i> -HD >3 meses -Kt/V adecuado -Padecer Síndrome de la Piernas Inquietas	Ejercicio aeróbico progresivo (n=16) Grupo control con agonistas dopaminérgicos (n=8) Grupo control con placebo (n=8)	Mejora síntomas de Síndrome de Piernas Inquietas (p=0.009) Mejora en calidad de vida (p<0.05) Mejora en calidad del sueño (p=0.009)

Gordon L et al. 2012	Jamaica	2 Grupos. 16 Semanas.	Mujeres:Hombres = No especificado Edad: 38.95 ± 2.84 44.59 ± 2.57 <i>Inclusión:</i> -Edad 20-70 años	Ejercicio mediante <i>Hatha Yoga</i> (n=33) Grupo control con tratamiento normal de diálisis(n=35)	Mejora niveles de colesterol (p=0.0001) Mejora niveles de triglicéridos (p=0.0001)
Johansen KL et al. 2006	EE.UU.	4 Grupos. 12 Semanas.	Mujeres:Hombres = 30:49 Edad: 54,4 ± 13,6 56,8 ± 13,8 <i>Inclusión:</i> -Kt/V >1,2 -Seguimiento adecuado de diálisis	Ejercicio resistido durante la diálisis (n=20) Ejercicio resistido durante la diálisis y nandrolona (n=20) Grupo con sólo nandrolona (n=19) Grupo control con placebo (n=20)	Aumento de la masa corporal magra (p<0.0001) en paciente con ejercicio y nandrolona Aumento de la sección transversal muscular del cuádriceps (p<0.01) en grupos con ejercicio Aumento de la fuerza muscular (p=0.04) en grupos con ejercicio
Koh KP et al. 2009	Australia	3 Grupos. 24 Semanas.	Mujeres:Hombres = 17:29 Edad: 51.3 ± 14.4 52.3 ± 10.9 52.1 ± 13.6 <i>Inclusión:</i> -Edad>18 años -Reducción de urea>70%	Ejercicio aeróbico durante la diálisis (n=15) Ejercicio aeróbico domiciliario (n=15) Grupo control (n=16)	No se encontraron cambios significativos en 6MWT, velocidad del pulso de onda y otros parámetros secundarios

Konstantinou E et al. 2002	Grecia	4 Grupos. 24 Semanas.	Mujeres:Hombres = 17:31 Edad: 46,4 ± 13,2 51,4 ± 12,5 <i>Inclusión:</i> -HD>6 meses	Ejercicio aeróbico en días de no diálisis (n=16) Ejercicio principalmente aeróbico durante la diálisis (n=10) Ejercicio aeróbico domiciliario (n=10) Grupo control (n=12)	Aumento consumo pico de O ₂ (p<0.05) en todos los grupos con ejercicio Aumento del umbral anaeróbico (p<0.05) en todos los grupos con ejercicio Aumento tiempo de ejercicio (p<0.05) en todos los grupos con ejercicio
Kopple JD et al. 2007	EE.UU.	4 Grupos. 21 Semanas.	Mujeres:Hombres = 20:31 Edad: 45.9 ± 4.1 46.0 ± 2.7 42.7 ± 3.8 41.3 ± 3.3 42.2 ± 2.6 <i>Inclusión:</i> -Edad 25-65 -HD>6 meses -Niveles normales de creatinina	Ejercicio aeróbico (n=10) Ejercicio anaeróbico (n=15) Ejercicio aeróbico y anaeróbico (n=12) Grupo control (n=14)	No se encontraron cambios significativos en niveles de mRNA muscular para ningún grupo
Koufaki P et al. 2002	Reino Unido	2 Grupos. 12 Semanas.	Mujeres:Hombres = No especificado Edad: 57,8 ± 14,3 51 ± 18,9 <i>Inclusión:</i> No especificado	Ejercicio aeróbico progresivo (n=18) Grupo control (n=15)	Mejora en pico VO ₂ (p<0.05) Mejora en pruebas STS-5 y STS-60 (p<0.05)

Kouidi E et al. 1997	Grecia	2 Grupos. 24 Semanas.	Mujeres:Hombres = 16:15 Edad: 49,6 ± 12,1 52,8 ± 10,2 <i>Inclusión:</i> -HD>6 meses	Ejercicio aeróbico días no diálisis (n=20) Grupo control (n=11)	Mejora en pico de VO ₂ (p<0.05) Mejora índice depresión BDI (p<0.05) Mejora índice de calidad de vida QLI (p<0.05)
Kouidi E et al. 2009	Grecia	2 Grupos. 4 Años.	Mujeres:Hombres = 13:21 Edad: 52,9 ± 11,3 53,5 ± 10,8 <i>Inclusión:</i> -HD>6 meses	Ejercicio aeróbico días no diálisis (n=16) Ejercicio aeróbico durante la diálisis (n=18)	Mejora en pico VO ₂ (p<0.001) en grupo ejercicio intradiálisis Mejora en intervalo RR cardiaco (p<0.01) en ambos grupos Mejora en índice de depresión BDI (p<0.001) en grupo ejercicio intradiálisis Mejora índice de depresión HADS (p<0.001) en grupo ejercicio intradiálisis
Kouidi E et al. 2009	Grecia	2 Grupos. 1 Año.	Mujeres:Hombres = 18:26 Edad: 46,3 ± 11,2 45,8 ± 10,9 <i>Inclusión:</i> -HD>6 meses	Ejercicio aeróbico durante la diálisis (n=24) Grupo control (n=20)	Cambios significativos en marcadores de riesgo (p<0.001) Mejora en pico VO ₂ (p<0.001) Mejora en fracción de eyección ventricular izquierda (p<0.001) Mejora en ratio cardiaco (p<0.001)

Kouidi E et al. 2013	Grecia	2 Grupos. 24 Semanas.	Mujeres:Hombres = 6:16 Edad: 52.1 ± 5.6 52.6 ± 5.4 52.3 ± 4.2 <i>Inclusión:</i> -Edad 18-60 -Sedentarios -No fumadores -Trasplante recibido hace más de un año -Niveles de creatinina <1.8 mg/dL	Ejercicio aeróbico en días de no diálisis (n=11) Grupo control (n=12)	Mejora en pico VO ₂ (P<0.05) Aumento ratio cardíaco (p<0.05) Cambios significativos en varios parámetros cardíacos (p<0.001)
Leehey D et al. 2009	EE.UU.	2 Grupos. 24 Semanas.	Mujeres:Hombres = No especificado Edad: No especificado <i>Inclusión:</i> -Estadio 2-4 ERC -IMC >30 -Diabetes mellitus -Proteinuria > 200 mg/g >3 meses -Tratamiento con inhibidor de angiotensina	Ejercicio aeróbico 6 semanas, seguido de 18 semanas de ejercicio domiciliario con tratamiento médico óptimo (n=7) Grupo control sólo con tratamiento médico óptimo (n=4)	No se encontraron cambios significativos en ritmo de filtrado glomerular (GFR), niveles de hemoglobina, lípidos o proteína C-reactiva. La composición y el peso corporal tampoco variaron.
Makhlough A et al. 2012	Irán	2 Grupos. 8 Semanas.	Mujeres:Hombres = No especificado Edad: 53.30 ± 14.27 56.16 ± 10.77 <i>Inclusión:</i> -HD>3 meses	Ejercicio aeróbico durante la diálisis (n=25) Grupo control (n=23)	Mejora en niveles de fosfato (p=0.003) Mejora en niveles de potasio (p=0.005)

Matsumoto Y et al. 2007	Japón	2 Grupos. 52 Semanas.	Mujeres:Hombres = 29:20 Edad: 60.8 ± 9.5 57.2 ± 8.3 <i>Inclusión:</i> -Edad>30 años -HD>3 años	Ejercicio aeróbico previo a sesión de hemodiálisis (n=17) Grupo control (n=32)	Aumento niveles de albúmina (p=0.014) Aumento valores de creatinina (p=0.007) No se encontraron diferencias significativas para la calidad de vida con el SF-36
Mohseni R et al. 2013	Irán	2 Grupos. 8 Semanas.	Mujeres:Hombres = 17:30 Edad: 53 ± 14 56 ± 11 <i>Inclusión:</i> -HD>3 meses -Fístula arteriovenosa no problemática	Ejercicio aeróbico durante la diálisis (n=23) Grupo control (n=24)	Mejora en la eficacia de diálisis (p<0.05)
Molsted S et al. 2004	Dinamarca	2 Grupos. 20 Semanas.	Mujeres:Hombres = 11:22 Edad: 59 (25–58) 48 (23–58) <i>Inclusión:</i> -Edad>18 años -HD>3 meses	Ejercicio aeróbico y anaeróbico (n=22) Grupo control (n=11)	Mejora en pico VO ₂ (p=0.012) Mejora función física en <i>Squat test</i> (p=0.004) Mejora puntuaciones SF-36 (p=0.001)

Mortazavi M et al. 2013	Irán	2 Grupos. 16 Semanas.	Mujeres:Hombres = 8:18 Edad: No especificado <i>Inclusión:</i> -HD>3 meses -Presencia de síndrome de piernas inquietas -Ferritina >100 ng/mL -Nivel saturación de transferrina >20%	Ejercicio aeróbico durante la diálisis (n=13) Grupo control (n=13)	Mejora en marcadores de Síndrome de Piernas Inquietas (p=0.003)
Olvera-Soto MG et al. 2015	México	2 Grupos. 12 Semanas.	Mujeres:Hombres = 28:33 Edad: 29 (19-38) 28,5 (23-46,5) <i>Inclusión:</i> -Edad>18 años -HD>3 meses -Residente de Ciudad de México -Informe consentido	Ejercicio anaeróbico de resistencia durante la diálisis (n=30) Grupo control (n=31)	Aumento circunferencia musculatura del brazo (p=0.001) Aumento área muscular del brazo (p=0.002) Aumento fuerza del agarre manual (p<0.05)
Orcy R et al. 2012	Brasil	2 Grupos. 10 Semanas.	Mujeres:Hombres = 4:22 Edad: 56,9 ± 14,8 55,8 ± 18,3 <i>Inclusión:</i> -HD>3 meses -Tratamiento para anemia con EPO -Hemoglobina> 9.0 g/dL	Ejercicio anaeróbico de resistencia con ejercicio aeróbico (n=13) Grupo control sólo con ejercicio anaeróbico de resistencia (n=13)	Mejora en la prueba del 6MWT (p=0.02)

Ortega-Pérez de Villar et al. 2016	España	2 Grupos. 16 Semanas.	Mujeres:Hombres = 9:8 Edad: 70.50 ± 9.192 67 ± 7.649 <i>Inclusión:</i> -HD > 3 meses -Medicamento estable	Ejercicio durante la diálisis (n=9) Ejercicio domiciliario (n=8)	Efecto significativo del factor tiempo en el caso del Human Activity Profile AAS, PASE, SPPB, TUG, STS-10, handgrip, 6MWT Mejora significativa en el grupo diálisis en OLST, STS-10, handgrip, 6MWT, PASE Mejora significativa en el grupo domiciliario en SPPB, TUG, PASE No se encontraron diferencias significativas en STS-60, KDQoL-36
Ouzouni S et al. 2009	Grecia	2 Grupos. 40 Semanas.	Mujeres:Hombres = 6:27 Edad: 47.4 (15.7) 50.5 (11.7) <i>Inclusión:</i> -HD>6 meses	Ejercicio aeróbico y anaeróbico durante la diálisis (n=19) Grupo control (n=14)	Mejora pico de VO ₂ (p<0.05) Aumento tiempo de ejercicio (p<0.05) Mejora índice depresión BDI (p<0.001) Mejora índice calidad de vida QLI (p<0.001) Mejora índice satisfacción de vida LSI (p<0.001) Mejora índice de calidad de vida SF-36 (p<0.05)
Painter P et al. 2002	EE.UU.	4 Grupos. 20 Semanas.	Mujeres:Hombres = 21:27 Edad: 43,3-51,1 <i>Inclusión:</i> -HD>3 meses -Hematocrito 30 ± 3% 4 semanas previas al estudio	Ejercicio durante la diálisis y hematocrito 40-42% (n=12) Ejercicio durante la diálisis y hematocrito 30-33% (n=10) Hematocrito 40-42% (n=12) Hematocrito 30-33% (n=14)	Aumento consumo pico de oxígeno (p=0.03) en ambos grupos con ejercicio durante la diálisis Mejora función física con SF-36 (p=0.01) en ambos grupos con ejercicio intradiálisis Mejora en valores de salud general con SF-36 (p=0.03) en ambos grupos con ejercicio intradiálisis

Painter P et al. 2003	EE.UU.	2 Grupos. 52 Semanas.	Mujeres:Hombres = 36:60 Edad: 39,7 ± 12,6 43,7 ± 10,6 <i>Inclusión:</i> -Trasplante de corazón 1 mes previo al inicio del estudio	Ejercicio aeróbico domiciliario (n=51) Grupo control (n=45)	No se encontraron cambios significativos en colesterol total, niveles de lípidos HDL y masa corporal
Parsons T et al. 2003	Canadá	2 Grupos. 8 Semanas.	Mujeres:Hombres = 6:7 Edad: 49 ± 25 60 ± 17 <i>Inclusión:</i> No especificado	Ejercicio aeróbico durante la diálisis (n=6) Grupo control (n=7)	Mejora del aclaramiento de dialisato en urea (p<0.05) No se encontraron cambios significativos en la eficacia de diálisis Kt/V
Pelizzaro C et al. 2012	Brasil	3 Grupos. 10 Semanas.	Mujeres:Hombres = 16:23 Edad: 43 (13,8) 48,9 (10,1) 51,9 (11,6) <i>Inclusión:</i> -Edad 18-70 -HD>3 meses	Ejercicio entrenamiento grupo muscular respiratorio (n=11) Ejercicio entrenamiento grupo muscular periférico (n=14) Grupo control (n=14)	Mejora prueba del 6MWT (p<0.001) en ambos grupos con entrenamiento muscular Mejora en ratio energía/fatiga (p=0.002) en ambos grupos con entrenamiento muscular Mejora en calidad del sueño y dolor (p<0.001) en ambos grupos con entrenamiento muscular

Petraki M et al. 2008	Grecia	3 Grupos. 28 Semanas.	Mujeres:Hombres = 16:47 Edad: 50,05 ± 13,2 50,52 ± 14,4 48,10 ± 9,2 <i>Inclusión:</i> -HD>6 meses	Ejercicio aeróbico durante la diálisis (n=22) Grupo control pacientes en diálisis (n=21) Grupo control pacientes sanos (n=20)	Mejora en sensibilidad arterial barorefleja (p<0.05) Mejora en índice de efectividad barorefleja (p<0.05) Mejora en consumo pico de oxígeno (p<0.05) Mejora en tiempo de ejercicio (p<0.05)
Reboredo M et al. 2010	Brasil	2 Grupos. 12 Semanas.	Mujeres:Hombres = 14:8 Edad: 49.6 ± 10.6 43.5 ± 12.8 <i>Inclusión:</i> -HD>6 meses	Ejercicio aeróbico durante la diálisis (n=11) Grupo control (n=11)	No se encontraron cambios significativos en parámetros analizados
Reboredo M et al. 2011	Brasil	2 Grupos. 12 Semanas.	Mujeres:Hombres = 14:10 Edad: 50.7 ± 10.7 42.2 ± 13 <i>Inclusión:</i> -HD>6 meses	Ejercicio aeróbico durante la diálisis (n=12) Grupo control (n=12)	Aumento tiempo de ejercicio (p<0.05) Mejora consumo pico oxígeno (p<0.05)
Rossi A et al. 2014	EE.UU.	2 Grupos. 12 Semanas.	Mujeres:Hombres = 51:56 Edad: 69.2 ±12.4 67.7 ±12.4 <i>Inclusión:</i> -Edad>18 años -Estadio 3-4 ERC	Ejercicio aeróbico y anaeróbico (n=59) Grupo control (n=48)	Mejora test velocidad de la marcha (p<0.001) Mejora en el 6MWT (p<0.001) Mejora en la prueba del STS (p<0.001) Mejora en el RAND-36 de calidad de vida relacionada con la salud (p<0.01)

Segura-Ortí E et al. 2009	España	2 Grupos. 24 Semanas.	Mujeres:Hombres = 7:18 Edad: 53,5 ± 18,0 60,1 ± 16,9 <i>Inclusión:</i> -HD>3 meses -Condición médica estable	Ejercicio anaeróbico progresivo (n=17) Ejercicio aeróbico ligero (n=8)	No se encontraron cambios significativos en ninguno de los test 6MWT, STS-10 y STS-60
Song WJ et al. 2012	Corea del Sur	2 Grupos. 12 Semanas.	Mujeres:Hombres = 20:20 Edad: 52.1 ± 12.4 54.6 ± 10.1 <i>Inclusión:</i> -Edad>18 años -HD> 3 meses -Permiso nefrológico -Capacidad de sedestación -Deambulaci3n independiente> 50 metros -Diálisis adecuada y estable	Ejercicio progresivo resistido (n=20) Grupo control (n=20)	Cambios en masa musculo-esquelética (p=0.002) Cambios en la grasa corporal (p=0.020) Aumento fuerza muscular de pierna (p=0.027) Mejora en el componente mental (p=0.014) Cambios nivel total de colesterol (p=0.17) Cambios niveles de triglicéridos (p=0.012)

Tao X et al. 2015	China	2 Grupos. 12 Semanas.	Mujeres:Hombres = 54:59 Edad: 53.02 (11.62) 56.68 (9.67) <i>Inclusión:</i> -Edad>18 años -Capaz de comunicarse en chino -Capaz de deambular sin asistencia -HD>3 meses -Diálisis adecuada y estable	Ejercicio de resistencia guiado por personal de enfermería, inicialmente durante la diálisis y posteriormente domiciliario (n=57) Grupo control (n=56)	Aumento de la velocidad normal de la marcha (p=0.038) Aumento de la velocidad máxima de la marcha (p=0.050) Mejora en prueba de STS-10 (p=0.050)
Thompson S et al. 2016	Canadá	4 Grupos. 12 Semanas.	Mujeres:Hombres = 7:24 Edad: 66.9 (55.8–82.4) 59.7 (45.9–81.4) 60.3 (54.7–68.4) 49.3 (43.0–62.3) <i>Inclusión:</i> -Edad> 18 años -HD> 3 meses -Deambulación correcta -Mínimo 1 miembro inferior no protético	Ejercicio aeróbico (n=8) Ejercicio anaeróbico de resistencia (n=7) Ejercicio aeróbico y anaeróbico de resistencia (n=8) Grupo control (n=8)	No se encontraron cambios significativos en los diferentes parámetros analizados para ningún grupo

Toussaint N et al. 2008	Australia	2 Grupos. 12 Semanas.	Mujeres:Hombres = 10:9 Edad: 67 (60–83) 70 (28–77) <i>Inclusión:</i> -HD>3 meses -Informe consentido -Compromiso de realizar ejercicio durante 3 meses	Ejercicio aeróbico durante la diálisis (n=9) Grupo control (n=10)	Aumento velocidad de pulso de onda (p=.0.07) Cambios en niveles de neuropéptidos natriuréticos tipo-B (p=0.047)
Toyama K et al. 2010	Japón	2 Grupos. 12 Semanas.	Mujeres:Hombres = 2:17 Edad: 71.1 ± 13.8 72.3 ± 8.5 <i>Inclusión:</i> No especificado	Ejercicio aeróbico durante la diálisis y domiciliario (n=10) Grupo control (n=9)	Mejora en filtrado glomerular eGFR (p=0.021) Cambios en niveles de colesterol HDL (p=0.045)
Tsuyuki K et al. 2003	Japón	2 Grupos. 20 Semanas.	Mujeres:Hombres = 15:14 Edad: 40.1 ± 11.9 39.7 ± 10.7 <i>Inclusión:</i> -HD>2 años -Glomerulonefritis	Ejercicio aeróbico domiciliario (n=17) Grupo control (n=12)	Aumento en la eficacia de consumo de oxígeno (p<0.01) Mejora consumo pico de oxígeno (p<0.001) Aumento del umbral anaeróbico (p<0.01)
Van Vilsteren MC et al. 2005	EE.UU.	2 Grupos. 12 Semanas.	Mujeres:Hombres = 35:68 Edad: 52 ± 15 58 ± 16 <i>Inclusión:</i> -Pacientes HD sedentarios	Ejercicio aeróbico y anaeróbico durante la diálisis (n=60) Grupo control (n=43)	No se encontraron cambios significativos en parámetros analizados

Wilund K et al. 2010	EE.UU.	2 Grupos. 16 Semanas.	Mujeres:Hombres = 9:6 Edad: 59.0 ± 4.9 60.8 ± 3.2 <i>Inclusión:</i> -Edad 30-70 -IMC<35 kg/m ²	Ejercicio aeróbico durante la diálisis (n=7) Grupo control (n=8)	Mejora en el <i>Shuttle Walk Test</i> (p<0.05) Mejora en los marcadores de estrés oxidativo (p<0.05) Mejora en marcadores de calcificación vascular (p<0.05) Mejora en el grosor de la capa de epicardio (p<0.05)
Yurtkuran M et al. 2006	Turquía	2 Grupos. 12 Semanas.	Mujeres:Hombres = 24:16 Edad: 38 ±14.2 41 ± 9.97 <i>Inclusión:</i> -HD>6 meses -Puntuación dolor muscular>2 en EVA	Ejercicio mediante el uso de Yoga (n=20) Grupo control (n=20)	Cambios en percepción de dolor (p=0.03) Cambios en percepción de fatiga (p=0.008) Cambios en la calidad del sueño (p=0.04) Aumento en la fuerza del agarre manual (p=0.006)

*(AAS) Valor de Actividad Ajustada; (BDI) Inventario de Depresión de Beck; (ERC) Enfermedad Renal Crónica; (EPO) Eritropoyetina; (EVA) Escala Visual Analógica; (GFR) Tasa de Filtrado Glomerular; (HADS) Escala de Ansiedad y Depresión Hospitalaria; (Hb) Hemoglobina; (HD) Hemodiálisis; (HDL) Lípidos de alta densidad; (HAP) *Human Activity Profile*; (IL-6) Interleukina-6; (IMC) Índice de masa corporal; (LDL) Lípidos de baja densidad; (LSI) Índice de Satisfacción de Vida; (mRNA) Ácido ribonucleico mensajero; (NSA) *Number Steps Achieved*; (OLHR) *One-Leg Heel-Rise*; (OLST) *One Leg Standing Test*; (PASE) *Physical Activity Scale for the Elderly*; (PMI) Presión máxima inspiratoria; (QLI) Índice de Calidad de Vida; (RM) Repetición máxima; (SF-36) *Short Form Health Survey*; (SPPB) *Short Performance Physical Battery*; (STS) *Sit to Stand to Sit*; (TUG) *Timed Up and Go*; (VO_{2MAX}) Volumen consumo pico de oxígeno; (6MWT) *6 Minute Walk Test*.

En los 57 estudios revisados se encontraron un total de 2.294 sujetos. El tamaño muestral más pequeño (Frey et al. 2009) (Leehey et al. 2009) incluyó a 11 sujetos, frente al tamaño muestral de mayor tamaño (Tao et al. 2015) que incluyó a 113. 827 de los sujetos eran mujeres, 1.297 hombres, y en 4 estudios (Gordon et al. 2012) (Koufaki et al. 2002) (Leehey et al. 2009) (Makhlough et al. 2012) no se especificó el género.

La duración de los programas de ejercicio físico osciló entre los 2 meses (Afshar et al. 2011) (de Lima et al. 2013) (Makhlough et al. 2012) (Mohseni et al. 2013) (Parsons et al. 2003) y los 4 años (Kouidi et al. 2009). 47 de los estudios (Afshar et al. 2011) (Akiba et al. 1995) (Baria et al. 2014) (Bohm C et al. 2014) (Carmack et al. 2005) (Castaneda et al. 2001) (Castaneda et al. 2004) (Chen et al. 2010) (de Lima et al. 2013) (de Paul et al. 2002) (Deligiannis et al. 2009) (Dobsak et al. 2011) (Eidemark et al. 1997) (Fitts et al. 1999) (Frey et al. 2009) (Giannaki et al. 2013) (Giannaki et al. 2013) (Koh et al. 2009) (Konstantidinou et al. 2002) (Kopple et al. 2007) (Koufaki et al. 2002) (Kouidi et al. 1997) (Kouidi et al. 2009) (Kouidi et al. 2009) (Kouidi et al. 2013) (Leehey et al. 2009) (Makhlough et al. 2012) (Matsumoto et al. 2007) (Mohseni et al. 2013) (Molsted et al. 2004) (Mortazavi et al. 2013) (Orcy et al. 2012) (Ortega-Pérez de Villar. 2016) (Ouzouni et al. 2009) (Painter et al. 2002) (Painter et al. 2003) (Parsons et al. 2003) (Petraki et al. 2008) (Reboredo et al. 2010) (Reboredo et al. 2011) (Rossi et al. 2014) (Thompson et al. 2016) (Toussaint et al. 2008) (Toyama et al. 2010) (Tsuyuki et al. 2003) (Van Vilsteren et al. 2005) (Wilund et al. 2010) utilizaron predominantemente el ejercicio aeróbico, 7 de ellos (Cheema et al. 2007) (Dong et al. 2011) (Johansen et al. 2006) (Olvera-Soto et al. 2015) (Segura et al. 2009) (Song et al. 2012) (Tao et al. 2015) ejercicio anaeróbico, 1 estudio (Pelizzaro et al. 2012) se centró en el entrenamiento de grupos musculares respiratorios o grupos musculares periféricos, 1 en entrenamiento mediante Realidad Virtual (Cho et al. 2014), 1 incluyó en su programa la electroestimulación (Dobsak et al. 2011) y 2 de ellos (Gordon et al. 2012) (Yurtkuran et al. 2006) optaron por alternativas como el *Hatha Yoga*.

Si analizamos el efecto del ejercicio sobre la capacidad funcional, nivel de actividad física y la calidad de vida relacionada con la salud encontramos que 6 estudios evidenciaron mejorías significativas en las pruebas *Sit to stand to sit*, STS (Bohm et al. 2014) (Giannaki et al. 2013) (Koufaki et al. 2002) (Rossi et al. 2014) (Tao et al. 2015) (Ortega-Pérez de Villar et al. 2016), 1 estudio en la prueba de velocidad de la marcha (Tao et al. 2015), 2 en el SPPB (Chen et al. 2010) (Ortega-Pérez de Villar et al. 2016), 6 estudios en el 6MWT (Dobsak et al. 2011) (Fitts et al. 1999) (Orcy et al. 2012) (Pelizzaro et al. 2012) (Rossi et al. 2014) (Ortega-Pérez de Villar et al. 2016), 2 estudios en la fuerza del agarre manual (Ortega-Pérez de Villar et al. 2016) (Olvera-Soto et al. 2015) 2 en los cuestionarios HAP y PASE (Chen et al. 2010) (Ortega-Pérez de Villar et al. 2016), 7 en los cuestionarios de calidad de vida relacionada con la salud (1 con una modificación del SF-36 (de Lima et al. 2013), 1 con el *Quality of Life Index* (Kouidi et al. 1997), 1 en el KDQoL-36 (Ortega-Pérez de Villar et al. 2016), y 4 con el cuestionario SF-36 (Giannaki et al. 2013) (Molsted et al. 2004) (Ouzouni et al. 2009) (Painter et al. 2002)). Sin embargo, 3 estudios no encontraron mejorías significativas en el 6MWT (Bohm et al. 2014) (Koh et al. 2009) (Segura-Ortí et al. 2009), en 2 en las pruebas del STS-60 (Ortega-Pérez de Villar et al. 2016) y STS-60 y STS-10 (Segura-Ortí et al. 2009), y en 1 en el SF-36 (Matsumoto et al. 2007).

Respecto a la valoración de la fuerza muscular, sin tener en cuenta la de agarre manual, 9 estudios de los analizados la evaluaron con una amplia variedad de métodos. Castaneda et al (Castaneda et al. 2001) (Castaneda et al. 2004) evaluaron la fuerza muscular utilizando el 1RM, Cheema et al (Cheema et al. 2007) utilizaron un dinamómetro isométrico digital, de Paul et al (de Paul et al. 2002) utilizaron el *Response Seated Leg Curl Thigh Extension System*, Dobsak et al (Dobsak et al. 2011) utilizaron el sistema dinamométrico PC-2 SDT (EXAMO, Recens, Brno, República Checa), Dong et al (Dong et al. 2011) utilizaron una máquina de *press* neumática (Keiser®, Fresno, CA), Johansen et al (Johansen et al. 2006) utilizaron un dinamómetro computarizado, y Song et al (Song et al. 2012) utilizaron equipamiento de capacidad funcional para la medición (Helmas III, O₂Run, Seoul, Corea). Finalmente, Chen et al (Chen et al. 2010) utilizaron el *Nicholas Manual Muscle Tester* (Lafayette, IN).

Un total de 6 estudios compararon un programa de ejercicio físico intradiálisis con uno domiciliario. Respecto al grupo de ejercicio domiciliario, se encontraron mejorías en las pruebas del *Sit to stand to sit* (STS) en el de Bohm et al (Bohm et al. 2014) y Tao et al (Tao et al. 2014), Ortega-Pérez de Villar et al (Ortega-Pérez de Villar et al. 2016) encontraron mejora en el SPPB, TUG y el cuestionario de actividad física PASE, y Konstantidinou et al (Konstantidinou et al. 2002) evidenciaron mejorías en el consumo de oxígeno, umbral anaeróbico y tiempo de ejercicio. Sin embargo, Koh et al (Koh et al. 2009) no encontraron mejoras significativas en las pruebas funcionales.

En 1 de los estudios (Tao et al. 2015), era el propio personal de la unidad el que implementaba el programa de ejercicio físico. En este estudio se evidencia una alta adherencia (94.6%) al ejercicio. Tao et al demostraron mejorías en las pruebas funcionales de velocidad de la marcha, normal y máxima, y en la prueba del STS-10.

En resumen, a la vista del resultado de esta revisión, el ejercicio físico implementado por el propio personal de la unidad de hemodiálisis aumenta la adherencia al ejercicio de los sujetos y resulta en mejoras significativas en cuanto a la capacidad funcional. El ejercicio domiciliario podría ser una alternativa para conseguir mayor implementación del ejercicio en pacientes en hemodiálisis con bajo coste de aplicación. Sin embargo, a día de hoy hay pocos estudios que comparen un programa de ejercicio realizado intradiálisis frente a otro realizado a domicilio, y en ninguno de los artículos publicados que comparan estas dos modalidades es el personal de la unidad el que implementa el programa. Tampoco pueden encontrarse en la literatura muchos estudios que analicen el uso de la Realidad Virtual para la realización de ejercicio físico en estos sujetos. Por otra parte, podemos encontrar una amplia variedad de métodos para la evaluación de la fuerza muscular en sujetos en HD, y uno de los de mayor facilidad de medida es el *Nicholas Manual Muscle Tester* o dinamómetro manual *handheld*. Sin embargo, no tenemos conocimiento de la existencia de estudios previos sobre la fiabilidad de este instrumento para sujetos en hemodiálisis.

Capítulo 2. Objetivos e Hipótesis

2.1. Objetivos

El objetivo principal del presente estudio fue comparar la eficacia de un programa de ejercicio intradiálisis implementado por el personal de enfermería de la Unidad frente a ejercicio domiciliario sobre la capacidad funcional, el nivel de actividad física, la calidad de vida relacionada con la salud y la adherencia al ejercicio en sujetos en tratamiento de hemodiálisis.

Los objetivos secundarios del presente estudio fueron:

1. Comprobar la fiabilidad absoluta y relativa de la evaluación de la fuerza muscular con un dinamómetro *handheld* manual en sujetos en hemodiálisis.
2. Comparar la eficacia de un programa de entrenamiento intradiálisis mediante Realidad Virtual frente a un programa de entrenamiento intradiálisis convencional sobre la capacidad funcional y la adherencia al ejercicio de sujetos en hemodiálisis.

2.2. Hipótesis

- El ejercicio físico durante la diálisis implementado por el personal de enfermería de la unidad produce más mejoras en la capacidad funcional en sujetos en hemodiálisis que el entrenamiento domiciliario.
- El ejercicio físico durante la diálisis implementado por el personal de enfermería de la unidad produce más mejoras en el nivel de actividad física en sujetos en hemodiálisis que el entrenamiento domiciliario.
- El ejercicio físico durante la diálisis implementado por el personal de enfermería de la unidad produce más mejoras en la calidad de vida relacionada con la salud en sujetos en hemodiálisis que el entrenamiento domiciliario.
- El ejercicio físico durante la diálisis implementado por el personal de enfermería de la unidad consigue mayor adherencia al ejercicio en sujetos en hemodiálisis que el entrenamiento domiciliario.
- La evaluación de la fuerza muscular con un dinamómetro *handheld* manual en sujetos en hemodiálisis es un método fiable.
- El ejercicio físico durante la diálisis realizado con realidad virtual consigue mayor adherencia en sujetos en hemodiálisis que el entrenamiento durante la diálisis convencional.

Capítulo 3. Metodología

3.1 Resumen de la Investigación

3.1.1. Estudio I

En este estudio se analizó la fiabilidad de la medición de la fuerza muscular con el uso de un dinamómetro manual y un protocolo de evaluación para sujetos con enfermedad renal crónica en hemodiálisis.

3.1.2 Estudio II

Se compararon los efectos de un programa de ejercicio físico realizado intradiálisis guiado por el personal de enfermería de la Unidad frente a un programa de ejercicio domiciliario supervisado y asesorado por fisioterapeutas del Hospital. Las evaluaciones se realizaron utilizando valores analíticos, medidas objetivas de capacidad funcional y evaluaciones sobre la actividad física y calidad de vida relacionada con la salud.

3.1.3. Estudio III

En este estudio se buscó comparar los efectos de 2 programas de ejercicio físico intradiálisis, uno convencional realizado con ejercicios de musculación y entrenamiento aeróbico y otro utilizando un programa de Realidad Virtual para realizar ejercicio.

3.2. Participantes

La muestra de estos estudios constó de sujetos con insuficiencia renal crónica en estadio terminal. Procedió de la Unidad de Hemodiálisis del Hospital de Manises, en Valencia. Todos los pacientes de hemodiálisis fueron evaluados para su inclusión mediante la revisión de su historia clínica y la autorización del nefrólogo responsable de la Unidad antes de recibir el informe consentido. A todos los pacientes incluidos se les proporcionó información verbal y escrita sobre los estudios que se realizaron y sobre los objetivos que buscaban estos estudios.

3.2.1 Criterios de inclusión y exclusión

Los criterios de inclusión fueron estar un mínimo de 3 meses en tratamiento de hemodiálisis y tener una condición médica estable para la realización del ejercicio.

Los criterios de exclusión del estudio fueron (1) infarto de miocardio en las 6 semanas previas a la realización del estudio (2) enfermedad cardiovascular susceptible de inestabilidad al ejercicio (3) amputación de miembros inferiores por encima de la rodilla sin prótesis (4) enfermedad cerebral vascular como *ictus* o isquemias transitorias (5) alteraciones musculo-esqueléticas o respiratorias que empeoren con el ejercicio (6) Imposibilidad de realizar las pruebas funcionales por el motivo que fuese, como un trastorno cognitivo o barrera idiomática.

3.2.3. Consentimiento informado

Se les entregó a los sujetos una hoja informativa donde se indicaban todos los aspectos relacionados con estos estudios, y aquellos que estuvieron de acuerdo firmaron el consentimiento informado. Se les informó también que los protocolos experimentales respetaron los principios fundamentales establecidos en la Declaración de Helsinki de 1975, en el Convenio del Consejo de Europa relativo a los derechos humanos y la biomedicina, en la Declaración Universal de la UNESCO sobre el genoma humano y los derechos humanos, y también cumplían los requisitos establecidos en la legislación española de acuerdo a la Ley de Protección de Datos (LOPD) 15/1999 del 13 de Diciembre, en el ámbito de la investigación biomédica, la protección de datos de carácter personal y la bioética.

3.2.2. Aprobación del Comité Ético

Los estudios fueron aprobados por el Comité de Ética del Hospital Politécnico y Universitario La Fe de Valencia (número de registro 2015/0193) y el Comité de Ética e Investigación de la Universidad CEU Cardenal Herrera.

3.3. Cronología de los estudios y las mediciones

Estudio I y II		Estudio III
Semanas 1-16		Semanas 16-20
Mediciones Semana 1	Mediciones Semana 16	Mediciones Semana 20

3.4. Medidas y Cuestionarios

3.4.1. Historia Clínica

Se recopilaron una serie de datos de las historias clínicas de cada sujeto; Edad, sexo, peso seco, altura, índice de masa corporal (IMC), valores de albúmina, creatinina y hemoglobina previos a la diálisis, el diagnóstico de la enfermedad renal del sujeto, el tiempo que llevaba en diálisis, si era diabético, si era fumador, el tipo de dializador y el índice de comorbilidad de Charlson.

3.4.2. Pruebas Funcionales

Se valoró a todos los sujetos con una batería de pruebas funcionales para registrar su condición física y detectar posibles contraindicaciones para el ejercicio. La batería de pruebas funcionales incluyó el *Short Performance Physical Battery Test* (SPPB), el *Timed Up and Go* (TUG), las pruebas de *Sit to stand to sit* (STS) 10 y 60, la prueba para evaluar la fuerza del tríceps sural o *One-Leg Heel-Rise Test* (OLHR), la dinamometría de mano y el *6 Minute Walk Test* (6MWT). Todas las pruebas se realizaron durante la hora previa a la entrada de cada turno de hemodiálisis, cada prueba en un día concreto de los tres de tratamiento de diálisis de la semana. Los test se realizaron en el mismo orden para todos los sujetos, previa y posteriormente al programa de ejercicio. Los evaluadores eran fisioterapeutas específicamente formados en la valoración funcional de sujetos en hemodiálisis, que contaban con instrucciones estandarizadas escritas y que asistieron a dos sesiones de formación previa para estandarizar los procedimientos. El evaluador de cada sujeto para cada prueba antes y después del programa siempre fue el mismo.

Todas las pruebas fueron realizadas en el mismo orden en el que aparecen en los *scripts* o instrucciones. La realización de cada prueba se debía realizar siguiendo las órdenes descritas en **negrita** y *cursiva*, tanto por parte del evaluador como del sujeto.

3.4.2.1. *Short Physical Performance Battery Test (SPPB)*

El *Short Physical Performance Battery Test (SPPB)* consiste en una batería de pruebas funcionales que evalúa el equilibrio, la velocidad de la marcha y la fuerza funcional de miembros inferiores. Desarrollado por Guralnik et al en 1994 (Guralnik et al. 1994), ha sido utilizado ampliamente para aportar información objetiva en estudios sobre la tercera edad. Esta prueba se valora sobre un máximo de 12 puntos (Ostir et al. 2002). Se realizó previamente al inicio de la primera sesión semanal de HD (lunes o martes, según el turno), en una sala previamente acondicionada a escasos metros de la unidad.

Se inició la evaluación con 3 pruebas de equilibrio, con pies juntos, semitándem y tándem (*Figura 1*) (*Figura 2*). Se le indicó al sujeto que se situara en bipedestación al lado de una pared por si fuese necesario el apoyo para evitar una caída, y el evaluador se situó cerca del sujeto para que éste pudiese colocarse en posición. El evaluador ayudó al sujeto a ponerse de pie en caso de que fuera necesario. Se evaluó si era capaz de mantener el equilibrio hasta un máximo de 10 segundos para cada una de estas pruebas, y se dio una puntuación del 0 al 4 acorde a los segundos que fuese capaz de aguantar (*Tabla 3*). Con un calzado cómodo, primero se le pidió al sujeto que juntase ambos pies y se concentrase en mantener el equilibrio (equilibrio con pies juntos). Cuando el sujeto se encontraba seguro y así lo indicaba al evaluador, se activó el cronómetro. Finalizada esta prueba, se le pidió al sujeto que adelantase uno de los pies, con el que se encontrase más seguro, hasta que el borde interno del calcáneo del pie adelantado tocase con la base del primer metatarsiano del pie contrario (equilibrio en posición de semitándem), y se registró el tiempo que fue capaz de mantener el equilibrio en esta posición. Para finalizar, se le pidió al sujeto que situase los pies en posición talón-punta (equilibrio en posición de tándem), y también se contaron los segundos que fue capaz de mantener el equilibrio. Se daba por finalizada esta prueba cuando el sujeto apoyase los brazos o cuando cambiase el apoyo de uno de los pies.



Figura 1. Esquema del posicionamiento de miembros inferiores en las pruebas de equilibrio del SPPB

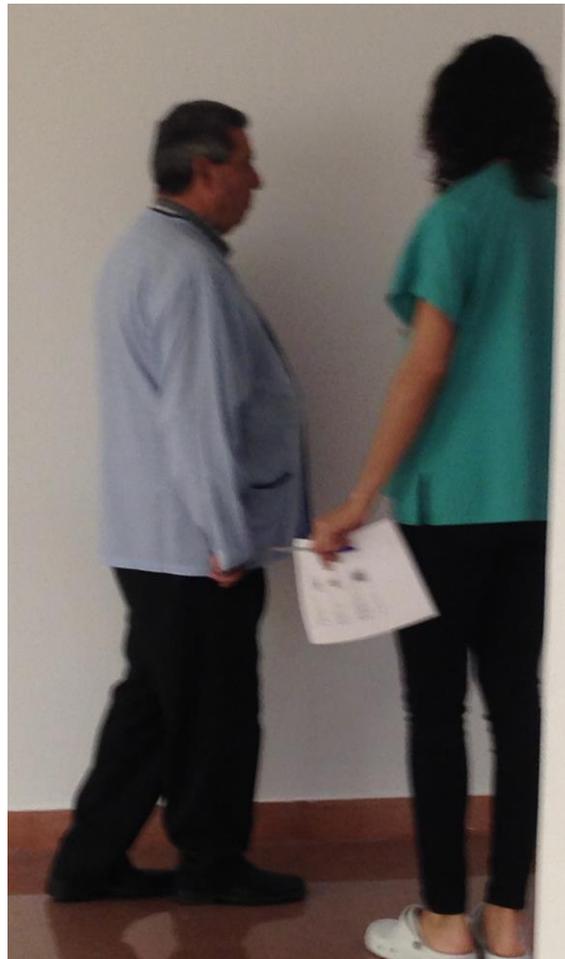


Figura 2. Realización de la prueba semitándem

Tabla 3. Resumen de la puntuación de cada prueba de equilibrio del SPPB

Side by side (Pies juntos)	
10 segundos	1 punto
<10 segundos	0 puntos
Semi-tandem stand	
10 segundos	1 punto
<10 segundos	0 puntos
Tandem stand	
10 segundos	2 puntos
3-9.99 segundos	1 punto
<3 segundos	0 puntos

Para continuar, se procedió a evaluar la velocidad habitual de la marcha. Si el sujeto normalmente deambulaba con bastón o ayuda, pero era capaz de andar unos cuantos metros sin ella, se le animó a hacerlo sin ayuda. Se establecieron dos marcas con sendos conos, separadas por 4 metros, y se le pidió al sujeto que se situase ligeramente por detrás del punto de inicio. El evaluador se colocó unos metros por detrás del punto de finalización, aunque podía acompañar al sujeto si así fuese necesario para que se sintiese seguro. Se le dio la orden al sujeto para que deambulase a una marcha normal hasta la posición del evaluador dando la siguiente orden: *“Me gustaría que recorriera esta distancia hasta llegar al otro lado, caminando a su velocidad habitual, tal y como usted lo haría si fuera a una tienda a comprar o paseara por la calle”*, y se inició el cronómetro cuando el sujeto rebasó la línea de inicio, no cuando se le dio la orden (Guralnik et al. 1994). El sujeto debió andar pasando la marca de finalización unos metros, y el evaluador detuvo el tiempo cuando rebasó la línea de finalización (Figura 3). Se cronometraron 2 intentos para esta prueba, y se registró el tiempo menor, valorando del 0 al 4 según los segundos (Tabla 4)



Figura 3. Realización de la prueba de la velocidad de la marcha

Tabla 4. Resumen de la puntuación de la prueba de velocidad de la marcha

Velocidad de la marcha	
≤ 4.82 segundos	4 puntos
4.82-6.20 segundos	3 puntos
6.21-8.70 segundos	2 puntos
≥ 8.71 segundos	1 punto

Para finalizar, se evaluó la fuerza de miembros inferiores con la prueba del *Sit to stand to sit 5* (STS-5), donde se le pidió al sujeto que se levantara y se sentara 5 veces (*Figura 4*). El test se realiza de la misma forma en la que se detalla más adelante en las pruebas del STS-10 y STS-60, pero deteniendo el cronómetro cuando el sujeto alcanza la posición de bipedestación tras la quinta repetición y asignando una puntuación del 0 al 4 acorde con el tiempo necesitado (*Tabla 5*). Un estudio previo en pacientes en hemodiálisis ha demostrado que esta batería de pruebas es fiable (índice de correlación intraclase ICC =0.94) y presenta un mínimo cambio clínicamente importante de 1.7 puntos ([Ortega-Pérez de Villar et al. 2016](#)).



Figura 4. Realización de la prueba del Sit to stand to sit 5

Tabla 5. Resumen de la puntuación de la prueba STS-5

Sit to stand to sit 5 (STS-5)	
≤11.19 segundos	4 puntos
11.20-13.69 segundos	3 puntos
13.70-16.69 segundos	2 puntos
≥16.70 segundos	1 punto
≥60 segundos	0 puntos

3.4.2.2. *One-Leg Standing Test* (Equilibrio Monopodal)

Se valoró también el equilibrio estático monopodal. Ésta prueba se realizó después del primer bloque de pruebas del SPPB y antes de la prueba de velocidad de la marcha (no forma parte del SPPB, pero se realizó después de las pruebas de equilibrio), previamente al primer día de HD (lunes o martes, según el turno) en la misma sala.

El sujeto se colocó de pie al lado de una pared con un calzado cómodo, y levantó una pierna de su elección (se le indicó que con la que se sintiese menos seguro), manteniendo el equilibrio con la otra pierna (*Figura 5*). Se le pidió que aguantase el máximo tiempo posible, permitiéndole mover los brazos y flexionar la rodilla de la pierna apoyada si lo necesitase para mantener el equilibrio. La prueba finalizaba cuando transcurrían un total de 45 segundos, el sujeto apoyaba la pierna elevada o tomaba apoyo con los brazos. Se realizaron 3 intentos, registrando el de mayor tiempo ([Hurvitz et al. 2011](#)). La prueba finalizaba si en alguno de los intentos el sujeto conseguía mantener 45 segundos el equilibrio. Esta prueba ha demostrado ser fiable en pacientes en hemodiálisis (índice de correlación intraclase ICC =0.90) y presenta un mínimo cambio clínicamente importante de 11.3 segundos ([Ortega-Pérez de Villar et al. 2016](#)).



Figura 5. Realización de la prueba del equilibrio monopodal

3.4.2.3. *Timed Up and Go*

La prueba del *Timed Up and Go* (TUG) es una prueba de movilidad que evalúa el tiempo que necesita un sujeto para levantarse de una silla, deambular 3 metros, y volver a sentarse. La desarrollaron Mathias et al en 1986 (Mathias et al. 1986) como una prueba de evaluación del equilibrio, y posteriormente fue modificada por Podsiadlo et al en 1991 (Podsiadlo et al. 1991) con el propósito actual. Esta prueba se realizó previamente al primer día de HD (lunes o martes, según el turno) en la misma sala en la que se realiza el SPPB, previamente descrito.

Se colocó una silla apoyada en la pared, y desde la línea que marcan las patas delanteras, se midieron 3 metros colocando un cono que indicaba dónde se debía girar. Al sujeto se le indicó qué es lo que tenía que hacer y se le hizo una demostración de la prueba. El tiempo comenzó al dar la orden de “¡Ya!” y finalizó cuando el sujeto volvía a sentarse tras rodear el cono (*Figura 6*). Se realizaron 3 repeticiones de la prueba y se registró la de menor tiempo. El sujeto pudo hacer uso de ayudas para la deambulaci3n, si así lo requería en su día a día. Esta prueba ha demostrado ser fiable en pacientes en hemodiálisis (índice de correlaci3n intraclase ICC =0.96) y presenta un mínimo cambio clínicamente importante de 2.9 segundos ([Ortega-Pérez de Villar et al. 2016](#)).



Figura 6. Realizaci3n de la prueba del Timed Up and Go

3.4.2.4. *Sit to Stand to Sit Tests*

Las pruebas *Sit to stand to sit* (STS) 10 y 60 (McIntyre et al 2006) (Greenwood et al 2012) se utilizan para evaluar indirectamente tanto la fuerza como la resistencia de los miembros inferiores, respectivamente. La prueba STS-10 valora cuanto tiempo necesita el sujeto para realizar 10 repeticiones de levantarse y volverse a sentar en una silla utilizando un calzado sin alzas con los brazos cruzados sobre el pecho (Figura 7), mientras que la prueba STS-60 registra el número total de esas mismas repeticiones que el sujeto puede realizar en 60 segundos. El test se realiza en una silla sin apoyabrazos de unos 44.5 cm de altura, 38 cm de profundidad apoyada en la pared para minimizar el riesgo de caída durante la prueba (Csuka & McCarthy 1985). Estas pruebas se realizaron previamente a la segunda sesión semanal de HD (miércoles o jueves, según el turno), en un despacho adyacente a la unidad. El sujeto permaneció unos minutos sentado antes de la realización de la prueba. El evaluador se situó relativamente cerca, enfrente del sujeto, para no interferir en la prueba, pero estar preparado para sujetarlo en caso de caída.



Figura 7. Realización de la prueba *Sit to stand to sit* 10 y 60

Primero se realizó el STS-10, se le explicó al sujeto en qué consistía la prueba, se le realizó una demostración de la misma, y se le ofreció la posibilidad de intentar una repetición antes del inicio. Una vez estuviese el sujeto preparado, el tiempo comenzó a correr cuando se le dio la orden verbal de comienzo “¡Ya!”. El tiempo se detuvo cuando el sujeto consiguió la posición de sedestación tras la décima repetición. Se le dio refuerzo verbal durante toda la prueba. Tras un mínimo de 3 minutos de descanso una vez finalizada la prueba, y cuando el sujeto se encontraba listo, se realizó el STS-60. Se le explicó en qué consistía esta prueba y se le informó que podía descansar y retomar cuando lo creyese necesario en el transcurso de la misma, aunque el tiempo no se pararía. Se registraron cuántas repeticiones completas realizaba el sujeto cuando el cronómetro marcara 60 segundos. Se registraron tanto el tiempo o repeticiones de cada una de las pruebas, como el esfuerzo percibido durante las mismas con la EEP (*Anexo 1*). Ambas pruebas son fiables en pacientes en hemodiálisis (índice de correlación interclase ICC 0.88 para STS-10 y 0.97 para STS-60) y presentan un mínimo cambio clínicamente importante de 8.4 segundos para el STS-10 y 4 repeticiones para el STS-60 ([Segura-Ortí & Martínez-Olmos 2011](#))

3.4.2.5. Dinamometría para la fuerza del agarre manual

Existen estudios en sujetos en diálisis que correlacionan la fuerza de prensión de la mano con su estado de salud ([Chang et al. 2011](#)) ([Leal et al. 2011](#)) ([Silva et al 2011](#)), por lo que también se realizó la evaluación de esta fuerza con la prueba de dinamometría manual. Esta prueba se realizó previamente al segundo día semanal de HD (miércoles o jueves) en un despacho adyacente a la unidad.

El sujeto estuvo en sedestación, con los pies apoyados en el suelo y las rodillas flexionadas a 90° , hombro y codo en rotación neutra, y muñeca y antebrazo en posición de pronosupinación neutra y una desviación cubital de entre 0 y 15° . Se le pidió que cogiese el dinamómetro hidráulico de agarre manual JAMAR (JAMAR, Sammons Preston Roylean. Chicago, Illinois, EEUU) (*Figura 8*) y apoyase el antebrazo sobre la mesa, dejando el dinamómetro fuera de la misma (*Figura 9*), y se realizaron 3 repeticiones consecutivas, dejando un descanso de 15 segundos entre ellas, para cada uno de los miembros superiores. Se dio ánimo verbal durante las repeticiones, y se tomó registro del valor máximo de cada una de ellas y de cuál era el brazo dominante del paciente. Esta prueba es fiable (índice de correlación intraclase ICC 0.96 para el brazo dominante y 0.95 para el no dominante) y presenta un mínimo cambio clínicamente importante de 3.4 kg para ambos brazos ([Segura-Ortí & Martínez-Olmos 2011](#)).



Figura 8. Dinamómetro JAMAR para la fuerza del agarre manual



Figura 9. Realización de la dinamometría del agarre manual

3.4.2.6. *One-Leg Heel-Rise* (Fuerza del tríceps sural)

La prueba de elevación del talón se utiliza para evaluar la fuerza del tríceps sural de cada miembro inferior. Esta prueba se realiza con repeticiones rítmicas marcadas con un metrónomo. Se realizó previamente al segundo día semanal de HD (miércoles o jueves, según el turno) en un despacho adyacente a la unidad. Se realizó la valoración de ambos miembros inferiores. Se registró al finalizar cada prueba el número de repeticiones que el sujeto fue capaz de alcanzar y el esfuerzo percibido mediante la EEP.

Se le pidió al sujeto que se mantuviese en bipedestación, de espaldas con los brazos separados del tronco y a escasos centímetros de una pared (*Figura 10*). Antes de iniciar la prueba, y con los dedos mínimamente apoyados para evitar que el sujeto trasladara el peso a través de sus brazos a la pared, se le pidió que mantuviese el apoyo monopodal en cada uno de sus pies, mientras el pie contralateral se mantenía ligeramente elevado del suelo. Tras esta prueba inicial, se le pedía al sujeto que elevase el talón todo lo que pudiese al ritmo del metrónomo, todas las repeticiones posibles hasta la fatiga muscular.



Figura 10. Realización de la prueba One-Leg Heel-Rise

Se daba por concluida esta prueba si el sujeto compensaba con los brazos contra la pared o si flexionaba la rodilla. También se daba por finalizada la prueba si se alcanzaban las 25 repeticiones, ya que se ha establecido esta medida como la media que se encuentra en la población sana ([Svantesson et al. 1998](#)) ([Portney & Watkins 2000](#)). Esta prueba es fiable (índice de correlación intraclase ICC 0.97 para la pierna derecha y 0.94 para la izquierda) y presenta un mínimo cambio clínicamente importante de 3.7 repeticiones para la pierna derecha y 5.2 repeticiones para la pierna izquierda ([Segura-Ortí & Martínez-Olmos 2011](#)).

3.4.2.7. 6 Minute Walk Test

La prueba del 6MWT (*6 Minute Walk Test*, o 6 minutos marcha) se utiliza como un indicador de la capacidad funcional del sujeto. Evalúa la máxima distancia que el sujeto es capaz de recorrer en 6 minutos. Se trata de una modificación del *12-Minute-Walk-Run Test* que desarrollaron Butland et al en 1982 (Butland et al. 1982). Esta es una prueba ampliamente utilizada para evaluar la capacidad funcional en sujetos con diferentes patologías, ya que la marcha es necesaria para la mayoría de actividades de la vida diaria.

Se realizó la prueba previamente al tercer día de HD (viernes o sábado, según el turno) ya que es la prueba más exigente y la que puede verse afectada en mayor medida por el aumento de volumen de los pacientes. La prueba se realizó en un pasillo dentro del hospital previamente acondicionado, a escasos metros de la unidad de hemodiálisis. El sujeto debió acudir con un calzado cómodo. Se tomaron medidas y se marcaron señales en cada metro del total de 30, colocando 2 conos, uno en el punto de salida, y otro en la marca de los 30 metros para que el sujeto supiese que tenía que dar media vuelta y continuar deambulando sin parar. Se tuvo siempre a mano una silla para uso en caso de que el sujeto necesitase descansar. El evaluador dispuso de un cronómetro digital para poder controlar el tiempo, y de la hoja de registro para poder hacer un recuento del total de metros que recorría el sujeto al finalizar la prueba.

Se le pidió primero al sujeto que se sentase en la silla mientras se le explicaba en qué iba a consistir la prueba. Una vez finalizado esto, se procedió a tomar la frecuencia cardiaca y la tensión arterial basal del sujeto en el brazo sin fístula con el uso de un esfigmomanómetro digital, y se registraron esos valores en la hoja de valoración del sujeto. Cuando el sujeto se encontrase preparado para comenzar la prueba, se le pidió que se mantuviese en bipedestación en el cono que marcaba el punto de salida, hasta que se le diese la orden de comenzar. La orden que se le dio al inicio de la prueba fue la de “Camine la mayor distancia posible durante 6 minutos”.

El sujeto pudo realizar la prueba con ayudas de deambulaci3n o asistencia de otra persona, si as3 lo requiriese en su d3a a d3a, y tambi3n se le permitir3a parar y retomar la prueba en caso de que decidiese descansar. En caso de que el sujeto descansara, no se deten3a el tiempo, y se anotaba en la hoja de registros tanto las veces que el sujeto necesit3 parar para descansar como el tiempo que dur3 ese descanso.

Una vez dada la orden, el evaluador deambulaba siempre por detr3s del sujeto para evitar alterar la velocidad del mismo y estar disponible en caso de ca3da o necesidad por parte del sujeto. Con el cron3metro en mano, el evaluador en cada minuto de los 6 totales le preguntaba “¿Te encuentras bien?”, le animaba a seguir con la prueba “¡Vas muy bien, sigue as3!” e informaba del tiempo restante para concluir. Esto se hac3a acorde a la estandarizaci3n de la informaci3n sobre el tiempo transcurrido, la forma y los momentos en que se animar3a al paciente de acuerdo con la literatura ([ATS Committee on Proficiency Standards for Clinical Pulmonary Function Laboratories. 2002](#)).

Al finalizar los 6 minutos, se le ped3a que se sentase en la silla en el punto en el que estuviese y se registraron inmediatamente tanto las tensiones arteriales sist3lica y diast3lica como la frecuencia cardiaca post-esfuerzo. Tambi3n se registraron la distancia recorrida en metros y se le pidi3 que describiese mediante una Escala de Esfuerzo Percibido (EEP) el grado de dificultad de la prueba. Esta prueba es fiable (3ndice de correlaci3n interclase ICC =0.94) y presenta un m3nimo cambio cl3nicamente importante de 66.3 metros ([Segura-Ort3 & Mart3nez-Olmos 2011](#)).

3.4.3. Cuestionarios

3.4.3.1. *Physical Activity Scale for the Elderly* y el *Human Activity Profile*.

La valoración del nivel de actividad física de los sujetos se realizó mediante dos cuestionarios, previamente validados para la población renal ([Johansen et al. 2001](#)), en su versión en castellano: El *Physical Activity Scale for the Elderly* (PASE) y el *Human Activity Profile* (HAP).

El PASE fue diseñado para valorar la actividad física del paciente realizada la semana previa, y el total de puntuación se calcula como la suma de tiempo de cada actividad multiplicado por la carga de la misma. Los sujetos describen la cantidad de tiempo que pasan realizando un tipo de actividad específica (ocio, doméstica, laboral...) mediante el número de días que la realizan y la cantidad de horas por día que le dedican. Hay 12 tipos de actividades, y a cada una se le asigna un peso determinado dentro del valor total ([Washburn et al. 1993](#)). Este valor se multiplica por la cantidad de horas que el paciente realiza en cada actividad para obtener la puntuación de esa actividad, y el sumatorio de todas las actividades supone la puntuación total del PASE. Se ha demostrado la validez de este cuestionario para pacientes con enfermedad renal crónica ([Johansen et al. 2001](#)).

El HAP es un cuestionario de 94 ítems que valora la participación del sujeto en actividades de diferente valor energético. Los sujetos deben asignar a cada actividad: (1) Puedo realizar esta actividad, (2) He dejado de realizar esta actividad y (3) Nunca he realizado esta actividad. Se valora tanto el máximo nivel de actividad (MAS), que consiste en la actividad de mayor consumo de oxígeno que el paciente está realizando actualmente, como la puntuación de actividad ajustada (AAS), que se considera un estimador más estable de la actividad cotidiana del sujeto (Fix & Daughton 1986). La AAS es el resultado de la resta del MAS y las actividades que el sujeto ha dejado de realizar, dando una mejor estimación del rango de actividades que puede realizar y la presencia de incapacidad. Los cuestionarios fueron administrados por los evaluadores a modo de entrevista durante las sesiones de hemodiálisis para optimizar el tiempo de los sujetos. El HAP ha mostrado ser fiable para valorar la actividad física en sujetos en hemodiálisis, y el valor de cambio clínicamente importante se sitúa en 11.4 puntos (Johansen et al 2001) (Overend et al 2010).

3.4.3.2. Calidad de vida relacionada con la salud

Para evaluar la calidad de vida relacionada con la salud (HRQoL) se utilizó el cuestionario *Medical Outcomes Survey Short Form 36* (SF-36), en su versión en castellano previamente validada por Alonso et al (Alonso et al. 1995). Este cuestionario recoge 36 preguntas en total que pueden dividirse en 8 subescalas: Función física, funcionamiento físico, dolor corporal, salud general, vitalidad, funcionamiento social, funcionamiento emocional y salud mental, centradas de manera particular en la percepción de la salud que concierne a los sujetos. Cada subgrupo se puntúa de 0 a 100 y cuanto mayor sea la puntuación, mejor calidad de vida tendrá el sujeto. Los valores generales del funcionamiento físico y mental son representados por la *Physical Component Scale* (PCS), compuesta por las 4 primeras subescalas mencionadas, y la *Mental Component Scale* (MCS), compuesta por las 4 últimas. El cuestionario lo pasó el evaluador mediante una entrevista al sujeto durante las sesiones de hemodiálisis.

3.4.4. Dinamometría para la fuerza muscular

Con un dinamómetro manual (*Nicholas Manual Muscle Tester*, de Lafayette), y siguiendo un protocolo de evaluación facilitado por el propio fabricante y adaptado a la posición de los sujetos (ya que estaban en la sesión de hemodiálisis), se evaluó la fuerza muscular de los siguientes grupos musculares: Cuádriceps, iliopsoas, tríceps sural, aductores de cadera, abductores de cadera e isquiotibiales. Esta evaluación se realizó durante las 2 primeras horas de la sesión de HD antes de realizar el ejercicio físico para evitar la fatiga muscular. El evaluador se situaba en posición de ventaja mecánica, paralelo al plano en el cual se iba a realizar el movimiento, y situaba el dinamómetro en el punto anatómico descrito en el protocolo tras la colocación del sujeto en la posición adecuada y le pedía una contracción isométrica máxima mantenida durante 3 segundos, registrando el valor máximo de la fuerza en *newtons* (N) en cada miembro inferior. Para evaluar la fiabilidad de este método se realizaron mediciones en 2 momentos, separados por una semana de tiempo, para cada paciente y para cada grupo muscular.

Evaluación de la fuerza del cuádriceps. El sujeto estaba situado en sedestación o decúbito supino (según su posición en hemodiálisis), con una pelota situada debajo de la rodilla formando un ángulo de 45° de flexión de rodilla. El evaluador se situó en posición de ventaja mecánica, y colocó el dinamómetro en cara anterior del tercio distal de la tibia del paciente. Se le pidió al sujeto que realizase una extensión de rodilla con contracción isométrica.

Evaluación de la fuerza del iliopsoas. El sujeto situado con doble flexión de 45° de rodilla y cadera. El evaluador se colocó en posición de ventaja mecánica y situó el dinamómetro en cara anterior del tercio distal del fémur. Se le pidió al sujeto una flexión de cadera con contracción isométrica.

Evaluación de la fuerza del tríceps sural. El sujeto con rodilla completamente extendida y con una pelota debajo del tercio distal de la tibia para que estuviese cómodo. El evaluador se colocó delante del sujeto en posición de ventaja mecánica, y situó el dinamómetro de cara plantar del antepie. Se le pidió al sujeto una flexión plantar con contracción isométrica.

Evaluación de los aductores de cadera. El sujeto con la rodilla extendida. El evaluador situado en el lado contrario a la pierna a evaluar, en posición de ventaja mecánica, y el dinamómetro situado en el borde interno del tercio distal del fémur. Se le pidió al sujeto una aducción de cadera con contracción isométrica.

Evaluación de los abductores de cadera. El sujeto con la rodilla extendida. El evaluador situado en el mismo lado a la pierna a evaluar, en posición de ventaja mecánica, y el dinamómetro situado en el borde externo del tercio distal del fémur. Se le pidió al sujeto una abducción de cadera con contracción isométrica.

Evaluación de los isquiotibiales. El sujeto con rodilla y cadera en doble flexión de 45° . El evaluador situado delante del sujeto, en posición de ventaja mecánica, y el dinamómetro situado en cara posterior del tercio distal de la tibia de la pierna a evaluar. Se le pidió al paciente una flexión de rodilla con contracción isométrica.

3.5. Descripción de los programas de ejercicio físico

La intervención de este estudio fue realizada por el investigador, el personal de enfermería y fisioterapeutas del hospital. El investigador, fisioterapeuta, realizó 2 sesiones de formación para el personal de enfermería de la unidad de hemodiálisis y para los fisioterapeutas del hospital previas al inicio del estudio, donde se detalló el protocolo a seguir durante la sesión de ejercicio físico y se resolvieron dudas iniciales. Durante estas sesiones de formación y con el fin de aportar estrategias para vencer la resistencia de los pacientes a la realización de ejercicio, se contó también con el refuerzo y asesoramiento de una psicóloga especializada en barreras para el ejercicio en poblaciones especiales.

Tras este periodo de formación, se procedió a un periodo de 2 semanas de “toma de contacto” antes de iniciar el programa de ejercicio. El personal de enfermería implementaba el programa de ejercicio, y el investigador supervisaba y servía como apoyo en caso de necesidad. De esta forma, el personal de enfermería se familiarizó con el material para la realización de ejercicio de resistencia (pesas, bandas elásticas, balones) y con la bicicleta para la realización de ejercicio aeróbico.

Una vez finalizado este periodo de toma de contacto, se inició el programa de ejercicio físico asignando a cada sujeto el grupo en el que había sido aleatorizado. A partir de este momento el investigador permaneció ciego a la intervención y no se personó en la unidad de diálisis durante la realización del programa, sino que servía como apoyo estando fuera de la unidad. El control de las cargas y la realización del ejercicio se realizaba con un seguimiento de los diarios de ejercicio de cada sujeto, y mediante consenso entre el personal de enfermería que implementaba el programa y el investigador.

3.5.1. Descripción del programa intradiálisis

Se combinaron tanto el ejercicio de fuerza como el aeróbico. Se realizaron 5 minutos de calentamiento previo a la sesión centrados en la musculatura que se trabajaría *a posteriori*. El calentamiento consistió en movilizaciones articulares activas de tobillo, rodilla, cadera y del brazo que se iban a ejercitar, además de una serie de estiramientos musculares. Se instruyó al paciente cómo hacer este calentamiento para que pudiese realizarlo de manera independiente y así no depender del personal de enfermería para el inicio de la sesión del ejercicio, el paciente iba calentando mientras el personal estaba con la conexión de los otros pacientes para así estar preparado para comenzar el ejercicio cuando esta conexión acabase.

La parte del programa que trabajaba ejercicio de fuerza incluyó ejercicios isotónicos e isométricos de resistencia progresiva con el fin de potenciar la musculatura de los miembros inferiores y del brazo no conectado al dializador. La duración de esta parte del ejercicio estuvo en torno a los 30 minutos, y variaba según el número de series y repeticiones que el sujeto fuese capaz de realizar. El protocolo para cada ejercicio estaba basado y adaptado en el *Exercise on Dialysis Instruction Manual* (Bennett et al. 2015). Todos los sujetos partían realizando 1 serie de 10 repeticiones con el peso que el sujeto consideraba adecuado según la EEP (El sujeto debía describir una sensación de esfuerzo de entre 13 y 15 en la EEP, que corresponde a una sensación subjetiva de entre 'algo duro' y 'duro'), y progresivamente iban aumentando hasta llegar a un máximo de 3 series de 15 repeticiones. La musculatura trabajada incluía: Cuádriceps, tríceps sural, iliopsoas, glúteos, bíceps braquial, aductores e isquiotibiales

Para los ejercicios isotónicos (cuádriceps, tríceps sural, iliopsoas, glúteos, bíceps braquial) se utilizó una cadencia de contracción muscular de 2-1-3 (contracción concéntrica de 2 segundos, contracción isométrica de 1 segundo y contracción excéntrica de 3 segundos). Para los ejercicios isométricos (aductores e isquiotibiales) se utilizó una contracción isométrica mantenida de 3 segundos, realizada siempre en tiempo espiratorio para evitar hipotensiones provocadas por esfuerzos en apnea. Estos tiempos de contracción servían de estándar para que todos los sujetos trabajasen la musculatura en las mismas condiciones. En todos los ejercicios se realizaba un descanso de 1 segundo entre repeticiones y 30 segundos entre series.

Ejercicio para cuádriceps: El sujeto estaba en sedestación o decúbito supino (según si está en sillón o cama) y se le colocaba una pelota debajo de la rodilla a modo de fulcro. Se le ataba el lastre en el tercio distal de la tibia de la pierna que iba a ejercitar. Se le indicaba que debía realizar la extensión de rodilla (contracción concéntrica) contando 2 segundos, que debía mantener la rodilla extendida en el aire (contracción isométrica) durante 1 segundo, y que debía flexionar la rodilla lentamente (contracción excéntrica) durante 3 segundos.

Ejercicio para tríceps sural: Se le ataba al sujeto un *thera-band* de resistencia acorde a su EEP percibida en el antepie de la pierna que iba a trabajar, y se le pedía que cogiese la goma con el brazo que no estaba conectado al dializador. Al sujeto se le instruía que debía tensar la goma hasta que notase una tensión adecuada para realizar el ejercicio. Se le colocaba una pelota debajo del tendón de Aquiles de la pierna que iba a ejercitar para que el sujeto estuviese más cómodo al realizar la repetición. Una vez preparado, se le pedía al sujeto que realizase una flexión plantar durante 2 segundos (contracción concéntrica) que mantuviese esa posición durante 1 segundo (contracción isométrica) y que realizase una flexión dorsal durante 3 segundos (contracción excéntrica). Cuando el sujeto finalizaba el ejercicio con una pierna, se le enseñó a cambiarse la goma elástica a la pierna contralateral y repetir el ejercicio.

Ejercicio para iliopsoas: Se le ataba al sujeto el *thera-band* alrededor de ambos pies formando un “8”. Se le pedía al sujeto que llevase la “rodilla al pecho” (contracción concéntrica), realizando una flexión de cadera durante 2 segundos, que mantuviese esa posición durante 1 segundo (contracción isométrica) y que debía volver a la posición inicial contando 3 segundos (contracción excéntrica).

Ejercicio para glúteos: Aprovechando que el *thera-band* ya estaba atado, se le enseñó al sujeto a realizar también el ejercicio para glúteos, principalmente el glúteo medio. Se le indicaba que debía, con la pierna estirada, abducir la cadera no más de 45° durante 2 segundos (contracción concéntrica), mantener esa posición durante 1 segundo (contracción isométrica) y volver a la posición inicial contando 3 segundos (contracción excéntrica). Se debía realizar el ejercicio en ambas piernas.

Ejercicio para bíceps braquial: El *thera-band* estaba atado al mediopie homolateral del brazo que no estaba conectado al dializador, y el sujeto cogía la goma elástica con ese mismo brazo. Se le enseñaba a realizar una flexión de codo durante 2 segundos (contracción concéntrica), a mantener esa posición durante 1 segundo (contracción isométrica) y a volver a extender el codo durante 3 segundos (contracción excéntrica). Sólo se realizaba en el brazo no conectado al dializador.

Ejercicio para aductores: Se colocó una pelota entre las piernas del sujeto, a la altura de las rodillas y se le educó para que supiese realizar la contracción isométrica en tiempo espiratorio, recordándole la importancia de evitar realizar la maniobra de Valsalva durante el ejercicio. Cuando espirase, el sujeto debía mantener el isométrico de aductores durante 3 segundos, y descansar.

Ejercicio para isquiotibiales: La pelota esta vez se situaba debajo de los tendones de Aquiles de los sujetos que, con las piernas estirada, debían realizar una contracción isométrica para extender la cadera en tiempo espiratorio, y mantener esta contracción durante 3 segundos.

La segunda parte del ejercicio consistía en un trabajo aeróbico de un tiempo máximo de 30 minutos en un cicloergómetro (Motomed Letto) (*Figura 11*) adaptado al sillón o la cama de hemodiálisis que permitía graduar la resistencia al movimiento. Se ajustó el cicloergómetro para que el sujeto trabajase de forma cómoda, la rodilla y la cadera no debían pasar nunca de un máximo de 90° de flexión, y la cincha de agarre se ajustaba a la altura del tercio medio de cada tibia. La resistencia inicial se ajustaba acorde a la EEP percibida por el sujeto (sensación de esfuerzo entre “algo duro” y ‘duro’, entre 13 y 15), al igual que el tiempo que el paciente tenía que realizar este ejercicio. Tanto el tiempo, con un máximo de 30 minutos, como la resistencia, progresaron según el sujeto percibía menor esfuerzo durante el ejercicio



Figura 11. Cicloergómetro Motomed Letto

Una vez finalizada esta segunda parte, se iniciaba una fase de vuelta a la calma, que tenía una duración aproximada de 5 minutos. Se le pedía al sujeto que hiciese de manera ligera las mismas movilizaciones articulares que realizaba previamente al inicio del ejercicio, y también una serie de estiramientos estáticos de toda la musculatura trabajada.

Para poder optimizar el tiempo de ejercicio en diálisis algunos sujetos comenzaban el programa de ejercicio con la fase aeróbica y finalizaban con los ejercicios de musculación, o viceversa, comenzaban por el ejercicio de fuerza y acababan con el ejercicio aeróbico. En un diario individualizado de cada sujeto, el personal anotaba la frecuencia cardíaca y las tensiones arteriales previas y posteriores a la sesión de ejercicio, así como las repeticiones y series que el sujeto realizaba en cada ejercicio. Esto servía como guía para la toma de decisiones en la progresión del entrenamiento.

3.5.2. Descripción del programa de ejercicio con Realidad Virtual

Se combinó en este programa tanto el entrenamiento de fuerza como el de resistencia. Los sujetos aleatorizados en este grupo realizaron durante las 2 primeras horas de diálisis aproximadamente 30 minutos de ejercicio asistidos por un programa de Realidad Virtual proyectado en las televisiones individuales de cada sujeto (*Figura 12*). Se utilizó un programa económico de fácil integración. Recogía el movimiento de los miembros inferiores del sujeto con un sistema MSKinect© a través de un ordenador convencional. El programa se presentó a modo de juego para aumentar la adherencia al ejercicio. Antes del inicio del ejercicio, los sujetos realizaban aproximadamente 5 minutos de calentamiento con movilizaciones articulares de los miembros inferiores.



Figura 12. Realización del ejercicio con el programa de Realidad Virtual

El juego era similar a la “caza del tesoro”, en el que el sujeto debía mover los miembros inferiores para conseguir el máximo número de puntos. En el juego se podían diferenciar dos tipos de tesoros que sumaban puntos: Los estáticos, representados por monedas amarillas, y los dinámicos, representados por sacos. También aparecían dos tipos de obstáculos que restaban puntos: Estáticos, representados por dinamitas, y dinámicos, representados por bombas. En la parte superior de la pantalla aparecía el registro de cuantos tesoros y obstáculos se habían obtenido, y cuanto tiempo restaba para finalizar la partida. Las monedas y sacos, al igual que las dinamitas y bombas, iban apareciendo en el entorno de manera aleatoria. El objetivo del juego consistía en que el sujeto tenía que controlar el cursor (un sombrero pirata) con una pierna (que podía cambiar cuando sintiese fatiga) y desplazarlo a lo largo del entorno colocándolo encima de estos marcadores, para conseguir el máximo número de monedas y sacos, evitando las dinamitas y las bombas. La puntuación total era la resta del número total de monedas y sacos que el sujeto había conseguido en todas las pantallas y el número de dinamitas y bombas que había alcanzado.

Finalizada la sesión de ejercicio físico, el paciente procedía a un periodo de vuelta a la calma, donde realizaba movilizaciones articulares suaves de los miembros inferiores y estiramientos estáticos de toda la musculatura implicada en el juego. Para controlar la progresión en la dificultad del ejercicio se registró en un diario el número de pantallas, el nivel de las mismas y el tiempo total de la sesión de ejercicio, y con estos valores, y la sensación de esfuerzo percibido por el sujeto, que debía estar entre 13 y 15 o entre “algo duro” y ‘duro’ con la EEP.

3.5.3. Descripción del programa de ejercicio domiciliario

Los sujetos incluidos en el grupo de ejercicio domiciliario realizaron 3 sesiones semanales de ejercicio en días de elección propia. Se les recomendó realizar las sesiones en días de no-diálisis, debido a la menor sensación de fatiga y al menor riesgo de sufrir episodios de hipotensiones que los pacientes podían experimentar. Los sujetos contaron con un diario de registro de la actividad donde debían anotar cada día las series y repeticiones de cada ejercicio y la frecuencia cardíaca y tensiones arteriales previas y posteriores a la sesión. También, se les entregó una guía con explicación e imágenes de cada ejercicio que tenían que realizar, instrucciones para saber cómo tomarse la frecuencia cardíaca (*Figura 13*) y ajustar la intensidad a la EEP y una breve introducción sobre los beneficios del ejercicio físico. En caso de ser necesario para aumentar la carga de ejercicio, los sujetos podían llevarse a casa uno de los lastres que se utilizaban en el ejercicio intradiálisis.

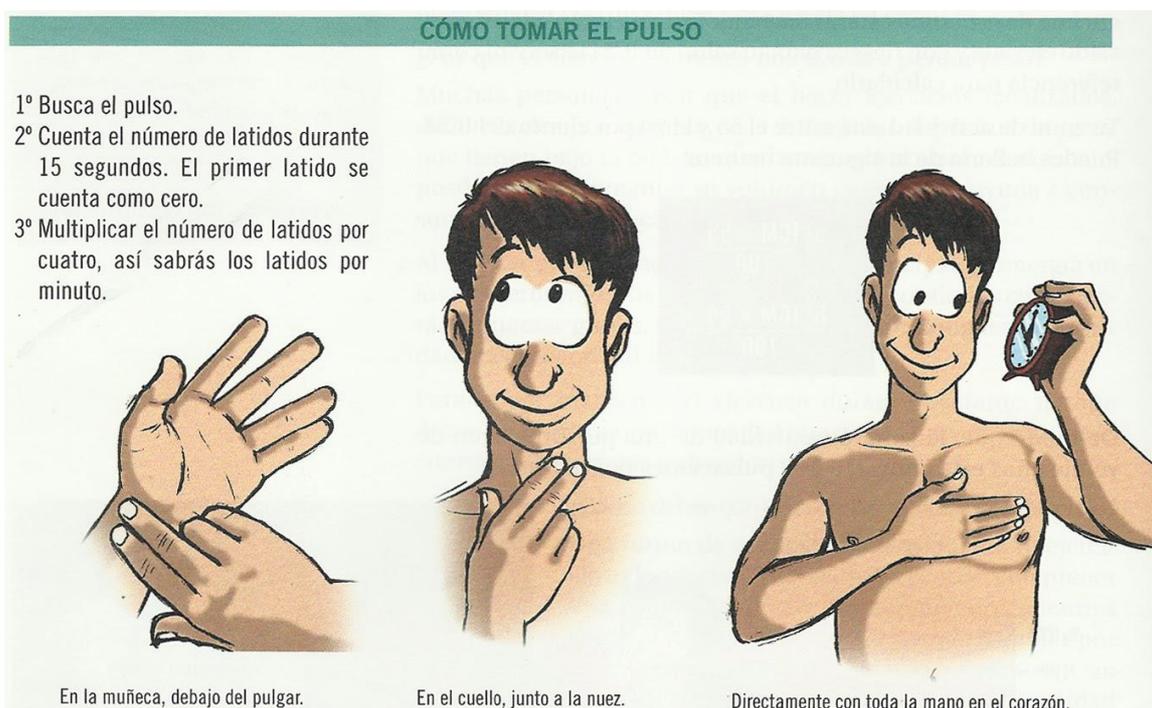


Figura 13. Instrucciones sobre cómo tomarse el pulso para sujetos en grupo de ejercicio domiciliario

Para poder controlar la progresión de las cargas, solventar cualquier duda que surgiese, y corregir o adaptar los ejercicios a las necesidades del sujeto, los participantes contaron con la supervisión y asesoramiento de Fisioterapeutas del Hospital de Manises. Las reuniones Fisioterapeuta-sujeto se realizaban antes de las sesiones de HD en un despacho cercano a la unidad, mientras los sujetos estaban en la sala de espera, y la frecuencia de estas reuniones fue de 1 por semana con cada sujeto, ampliándose a 1 reunión cada 15 días cuando el sujeto ya no necesitaba de tanta ayuda o supervisión para realizar los ejercicios.

El programa constaba de unos ejercicios similares y adaptados a los que realizaban los sujetos del grupo intradiálisis. La primera parte del programa consistía en un breve calentamiento. Se le indicaba al sujeto que realizase un mínimo de 3 minutos de deambulación hasta que se encontrase preparado para comenzar el ejercicio. Finalizado este tiempo, comenzaban los ejercicios de musculación. Se utilizó la misma cadencia de contracción muscular que en el grupo intradiálisis, manteniendo durante 2 segundos la contracción concéntrica, 1 segundo la contracción isométrica y 3 segundos la contracción excéntrica. Las series y repeticiones, al igual que en el grupo intradiálisis, partían de un mínimo de 1 serie y 10 repeticiones e iban progresando, previa consulta con el Fisioterapeuta del Hospital, hasta un total de 3 series de 15 repeticiones. Se le indicó al paciente que debía realizar un descanso mínimo de 1 minuto entre cada serie y entre cada ejercicio, y 1 segundo entre cada repetición.

Ejercicio para cuádriceps en sedestación (I) (*Figura 14*): En una silla donde el sujeto se encontrase cómodo, y con un lastre atado al tobillo, si así lo necesitase, el ejercicio consistía en la extensión de la rodilla desde 90 a 0°, realizando la extensión (fase concéntrica) durante 2 segundos, manteniendo esa posición (fase isométrica) durante 1 segundo, y volviendo a flexionar la rodilla (fase excéntrica) durante 3 segundos.



Figura 14. Guía ejercicio a domicilio. Ejercicio de cuádriceps en sedestación (I)

Ejercicio para cuádriceps en bipedestación (*Figura 15*): Apoyado o no en una pared (se le indicó al sujeto que preferentemente lo realizase sin apoyarse), el ejercicio consistía en realizar una doble flexión de cadera y rodilla (tipo sentadilla) desde la extensión de ambas, bajando (fase excéntrica) contando 3 segundos, manteniendo las caderas y rodillas flexionadas (fase isométrica) durante 1 segundo y volviendo a la extensión de ambas (fase concéntrica) durante 2 segundos.



Figura 15. Guía de ejercicio a domicilio. Ejercicio de cuádriceps en bipedestación

Ejercicio para cuádriceps en sedestación (II) (*Figura 16*): Sentando en una silla, y con los brazos cruzados sobre el pecho, el ejercicio consistía en levantarse (fase concéntrica) durante 2 segundos, mantenerse de pie (fase isométrica) durante 1 segundo y volver a sentarse (fase excéntrica) durante 3 segundos.



Figura 16. Guía de ejercicio a domicilio. Ejercicio de cuádriceps en sedestación (II)

Ejercicio para isquiotibiales (I) (*Figura 17*): En bipedestación, apoyado sobre una pared y con un lastre atado al tobillo, si así lo necesitase el sujeto, el ejercicio consistía en realizar una flexión de rodilla de 0 a 90°, flexionando durante 2 segundos (fase concéntrica), manteniendo la rodilla flexionada (fase isométrica) durante 1 segundo y realizando la extensión (fase excéntrica) durante 3 segundos.



Figura 17. Guía de ejercicio domiciliario. Ejercicio para isquiotibiales (I)

Ejercicio para isquiotibiales (II) (*Figura 18*): También en bipedestación, apoyado en la pared y con el lastre atado al tobillo si el sujeto lo necesitase, se realizaba una extensión de cadera de 0 a 45° manteniendo la rodilla en extensión, extendiendo (fase concéntrica) durante 2 segundos, manteniendo la cadera extendida (fase isométrica) durante 1 segundo y regresando a la posición inicial (fase excéntrica) durante 3 segundos.



Figura 18. Guía de ejercicio domiciliario. Ejercicio para isquiotibiales (II)

Ejercicio para glúteo medio (*Figura 19*): En bipedestación y de lado a una pared, con el lastre atado al tobillo si el sujeto lo necesitase, se le pidió al sujeto una abducción de cadera de 0 a 45° (fase concéntrica) durante 2 segundos, mantener esa posición (fase isométrica) durante 1 segundo y regresar a la posición inicial (fase excéntrica) durante 3 segundos.



Figura 19. Guía de ejercicio domiciliario. Ejercicio para glúteo medio

Ejercicio para tríceps sural (*Figura 20*): En bipedestación, apoyado sobre la pared, y con apoyo mono o bipodal, según la elección del sujeto, Se le pidió que realizara una flexión plantar (fase concéntrica) durante 2 segundos, que se mantuviera en esa posición (fase isométrica) durante 1 segundo y que regresara a la posición inicial (fase excéntrica) durante 3 segundos.



Figura 20. Guía de ejercicio domiciliario. Ejercicio para tríceps sural

Ejercicio para el entrenamiento del equilibrio (*Figura 21*): En bipedestación al lado de la pared sin apoyarse, pero relativamente cerca para evitar posibles caídas, mantener el equilibrio con los pies juntos, en semitándem y en tándem el mayor tiempo posible. Mantener también el apoyo monopodal con ambos pies en la misma posición el mayor tiempo posible.



Figura 21. Guía ejercicio domiciliario. Entrenamiento del equilibrio

Para finalizar el programa, la última fase trataba de una vuelta a la calma, donde le indicaban al sujeto una serie de estiramientos estáticos fáciles de realizar, y que deambulase lentamente controlando la respiración. Se le indicó que éste era el momento para tomar las pulsaciones y tensiones arteriales posteriores al programa.

3.6 Análisis estadístico

El investigador responsable del análisis estadístico fue ciego a los grupos a los que pertenecían los pacientes. Para llevar a cabo los cálculos estadísticos se utilizó el programa SPSS versión 23.0 para Windows (SPSS Inc, Chicago, IL, EEUU). El punto de corte para la significación estadística fue una $p < 0.05$.

Para el cálculo del tamaño muestral del estudio comparativo entre ejercicio intradiálisis y ejercicio a domicilio se utilizó el programa OpenEpi, Versión 3. El cálculo se basó en estudios previos ([Segura Ortí & Martínez Olmos. 2011](#)) que señalaban que la diferencia clínicamente relevante del STS-10 es 8.55 segundos el tiempo de ejecución de la prueba, con una desviación estándar de alrededor de 10.5 segundos. Para alcanzar un $\alpha = 0.05$, con una potencia = 80% y un intervalo de confianza = 95, se requirió un tamaño de 25 sujetos por grupo. En previsión de posibles pérdidas de datos, en nuestro estudio participaron 36 sujetos por grupo. El análisis del cumplimiento de normalidad de las variables para la selección del test estadístico adecuado, se realizó mediante el test de Kolmogorov-Smirnov y la valoración visual de la distribución en el diagrama de caja. Las variables se describieron como media y desviación estándar en caso de distribución normal, y además como mediana y mínimo-máximo en caso de distribución no normal.

Para determinar la fiabilidad del método establecido de algunas variables dependientes, se calculó el coeficiente de correlación intraclase (ICC) y se realizó una comparación de muestras relacionadas para descartar sesgos, mediante la prueba paramétrica T-Student para muestras relacionadas, o mediante la prueba no paramétrica de Wilcoxon. El rango de valores del ICC se encuentra entre 0.0 hasta 1.0 y los descriptores son: “justa”, “moderada” y “alta fiabilidad”, asignando valores de corte entre 0.41-0.60, entre 0.61-0.80 y > 0.80 , respectivamente. Se calculó también la mínima diferencia de cambios clínicamente relevantes (MDC) ([Segura Ortí & Martínez Olmos. 2011](#)).

Para comprobar si la muestra era equivalente en sexo, diagnóstico de la ERC, fumador, diabetes, el tipo de dializador que utiliza se han realizado tablas de contingencia aplicando la prueba Chi-cuadrado o el test exacto de Fisher (en función de su idoneidad). El resto de medidas sociodemográficas, como la edad, la altura, el peso, el índice de masa corporal (IMC), valores analíticos de albúmina, creatinina y hemoglobina, y el índice de comorbilidad de Charlson, junto con las variables de la muestra al inicio del estudio (6MWT, STS-10, STS-60, fuerza del tríceps sural, SPPB, equilibrio estático y TUG, dinamometría del agarre manual, nivel de actividad física cuestionarios HAP y PASE, y nivel de la calidad de vida relacionada con la salud cuestionario SF-36), se compararon entre el grupo ejercicio intradiálisis y ejercicio domiciliario utilizando la prueba T-Student para muestras independientes en el caso de distribución normal, o mediante la prueba de Mann-Whitney cuando la variable no siguió una distribución normal. Del mismo modo se compararon los grupos de ejercicio con realidad virtual versus ejercicio convencional.

El método estadístico empleado para calcular las diferencias intergrupo fue un modelo ANOVA mixto, con un factor intrasujetos (tiempo) en el que se diferencian dos niveles (pre/inicio y post) y un factor entre sujetos (grupo) en el que se diferencian dos niveles (ejercicio intradiálisis y ejercicio domiciliario; o ejercicio realidad virtual y ejercicio convencional intradiálisis). Se comprobó la igualdad de las matrices de covarianzas mediante la prueba de Box y la homogeneidad de varianzas mediante la prueba de Levene. Para ver las diferencias entre cada par de medidas, se utilizó Bonferroni como prueba post hoc. La significatividad para todos los casos se situó en $p < 0.05$.

Capítulo 4. Resultados

4.1. Sujetos

Del total de 147 potenciales sujetos, se incluyeron a 71 para el estudio comparativo entre ejercicio intradiálisis frente al ejercicio domiciliario. 76 sujetos fueron excluidos; 54 sujetos fueron excluidos por motivos médicos, y otros 22 se negaron a participar. Una vez iniciado el estudio, 1 sujeto se negó a completar las pruebas previas para evaluar su capacidad funcional. La muestra contó con 24 mujeres y 46 hombres.

De los 71 sujetos aleatorizados, se incluyeron 57 en el análisis final (*Figura 22*). En el caso del estudio de fiabilidad, 48 sujetos que participaban o en el programa de ejercicio intradiálisis o en el domiciliario fueron incluidos, y en el estudio de ejercicio intradiálisis que comparó el ejercicio mediante Realidad Virtual frente al ejercicio convencional se incluyeron 18 sujetos de los que ya estaban realizando ejercicio intradiálisis.

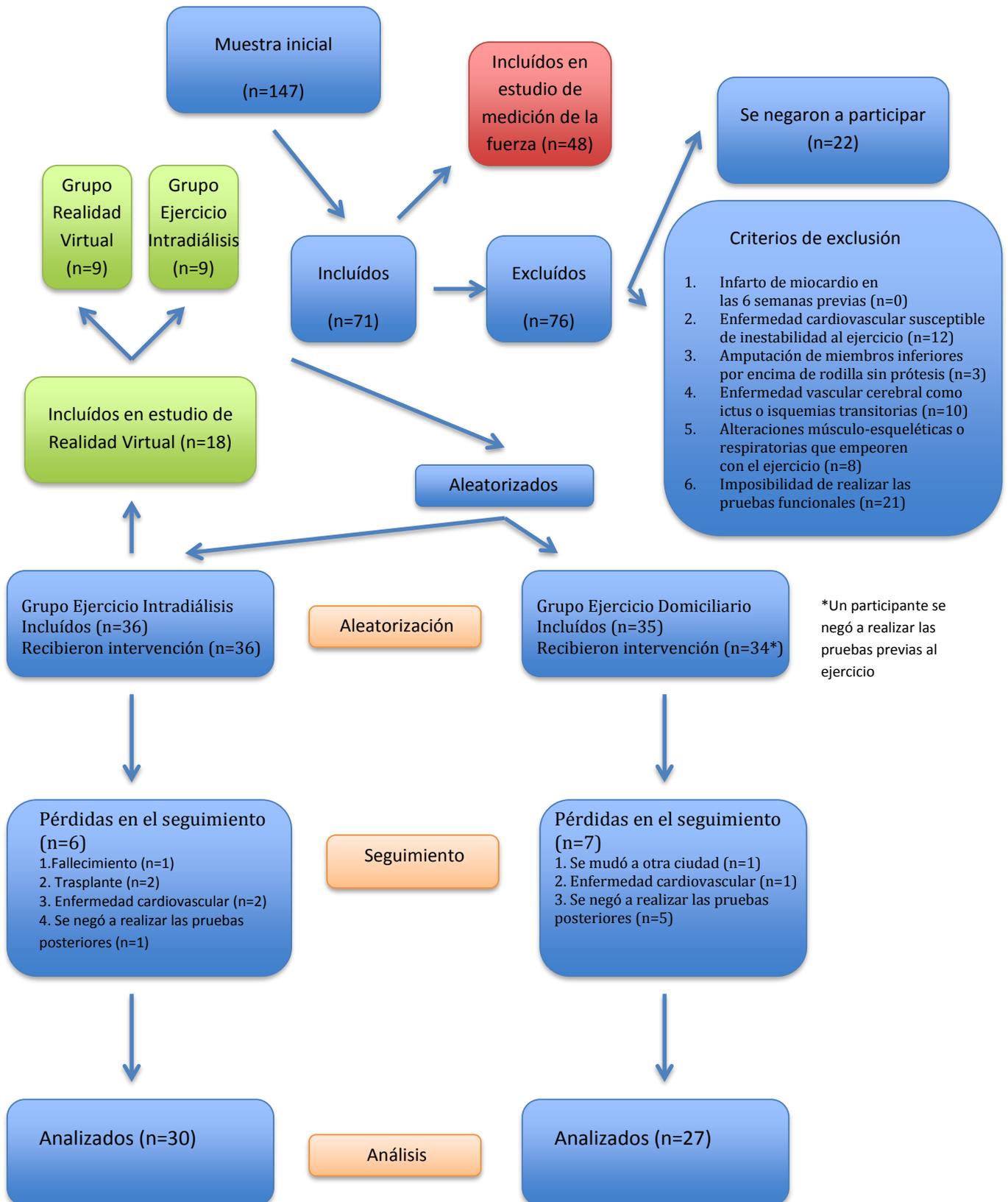


Figura 22. Diagrama de flujo de los sujetos del estudio

4.2. Estadísticos descriptivos

A continuación se presentan las características antropométricas y valores analíticos de la historia clínica de todos los sujetos que participaron en el estudio. Estas características están resumidas en la siguiente Tabla (*Tabla 6*).

4.2.1. Edad

La edad media de los sujetos tanto del grupo de ejercicio intradiálisis como del grupo de ejercicio domiciliario fue de 67.2 años. No hubo diferencias significativas entre los grupos ($p=0.991$).

4.2.2. Género

Se distribuyeron ambos grupos con un mayor número de hombres que mujeres (67% de hombres en el grupo de ejercicio intradiálisis, 65% en el domiciliario) (*Figura 23*).

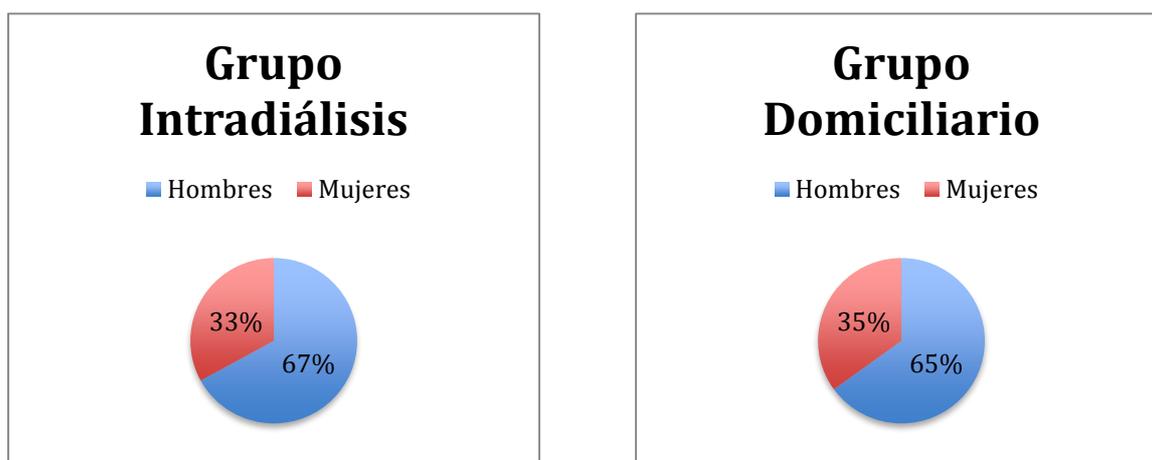


Figura 23. Distribución de los sujetos en relación al sexo

4.2.3. Peso

El peso medio fue similar para ambos grupos, con una media de 73.4 Kg en el grupo de ejercicio intradiálisis y 76.4 Kg en el grupo de ejercicio domiciliario. No hubo diferencias significativas entre grupos ($p=0.423$).

4.2.4. Altura

La altura media para el grupo de ejercicio intradiálisis fue de 162.6 cm y la altura media para el grupo de ejercicio domiciliario 163.7 cm. Estos valores fueron similares, no existiendo diferencia significativa entre ellos ($p=0.642$)

4.2.5. Índice de masa corporal (IMC)

El IMC para ambos grupos también obtuvo valores similares. El grupo de ejercicio intradiálisis tuvo una media de 27.5 Kg/m² y el grupo de ejercicio domiciliario 28.7 Kg/m², no existiendo diferencias significativas entre ellos ($p=0.418$).

4.2.6. Datos analíticos

Los valores de albúmina y creatinina media fueron similares para ambos grupos, no encontrándose diferencias significativas entre ellos ($p=0.204$ y $p=0.277$, respectivamente). Tampoco se encontraron diferencias significativas en los valores de hemoglobina media entre grupos ($p=0.403$)

4.2.7. Diagnóstico enfermedad renal crónica (ERC)

Los sujetos se distribuyeron homogéneamente respecto al diagnóstico clínico de su enfermedad renal crónica (*Figura 24*). Los mas frecuentes, excluyendo otras patologías, fueron la diabetes mellitus (13%) y la glomerulonefritis (11%).

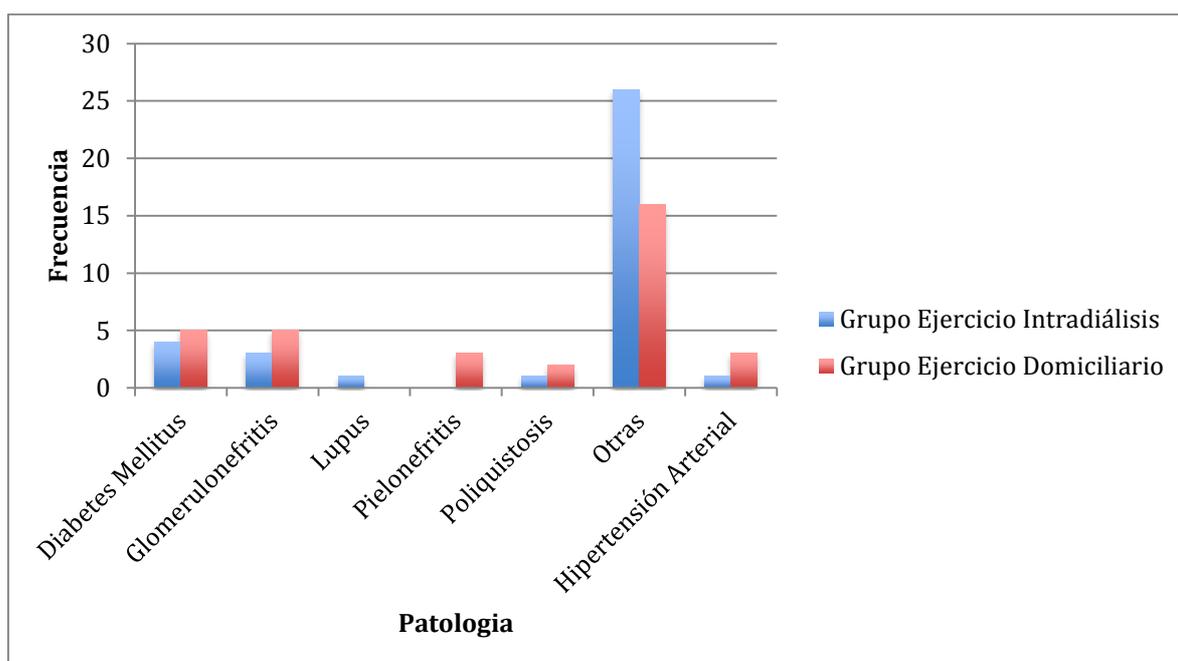


Figura 24. Diagnóstico clínico de enfermedad renal crónica de los sujetos

4.2.8. Diabetes

Las diferencias al respecto de si los sujetos eran o no diabéticos tampoco fueron significativas entre ambos grupos ($p=0.877$).

4.2.9. Fumador

Un 72% de los sujetos del grupo de ejercicio intradiálisis y un 85% de los sujetos del grupo de ejercicio domiciliario no eran fumadores. No existieron diferencias significativas entre ambos grupos ($p=0.183$).

4.2.10. Tipo de dializador

El tipo de dializador más utilizado fue el FX80, siendo utilizado por un 41% del total de sujetos.

4.2.11. Índice de comorbilidad de Charlson*

La distribución de los sujetos para ambos grupos fue homogénea, no existiendo diferencias significativas ($p=0.962$) entre grupos respecto al índice de comorbilidad de Charlson*.

**Sistema de evaluación de la esperanza de vida a los diez años, en dependencia de la edad en que se evalúa, y de las comorbilidades del sujeto*

Tabla 6. Características antropométricas y valores analíticos de los sujetos

Tabla. Resumen de estadísticos descriptivos. Valores como media, Desviación estándar (SD) y n(%)			
Medida	Grupo Ejercicio Intradiálisis (n=36)	Grupo Ejercicio Domiciliario (n=34)	Valor p
Edad, media (SD) (años)	67.2 (13.3)	67.2 (15.9)	0.991
Género, n(%)			0.863
Hombre	24 (67)	22 (65)	
Mujer	12 (33)	12 (35)	
Peso, media (SD) (kg)	73.4 (14.1)	76.4 (17.1)	0.423
Altura, media (SD) (cm)	162.6 (8.9)	163.7 (11.0)	0.642
Índice de Masa Corporal, media (SD) (kg/m ²)	27.5 (4.8)	28.7 (6.9)	0.418
Albúmina, media (SD) (mg/dL)	3.9 (0.3)	3.8 (0.3)	0.204
Creatinina, media (SD) (mg/dL)	7.0 (2.0)	6.5 (2.2)	0.277
Hemoglobina, media (SD) (g/dL)	6.1 (0.9)	5.8 (1.7)	0.403
Diagnóstico ERC			0.219
Diabetes Mellitus	4	5	
Glomerulonefritis	3	5	
Lupus	1	0	
Pielonefritis	0	3	
Poliquistosis	1	2	
Otras	26	16	
Hipertensión	1	3	
Diabetes			0.877
No	19	20	
Diabetes Tipo I	5	4	
Diabetes Tipo II	12	10	
Fumador			0.183
No	26	29	
Si	10	5	
Dializador			0.461
FX100	5	11	
FX80	17	12	
FX60 Classix	10	8	
F70S	2	1	
FX10	2	2	
Índice de Charlson			0.962
2	4	5	
3	1	1	
4	3	1	
5	4	5	
6	6	4	
7	7	6	
8	6	7	
9	3	3	
10	2	1	
11	0	1	

(ERC) Enfermedad Renal Crónica; (SD) Desviación Estándar

Tabla 7. Características iniciales de los sujetos para las pruebas funcionales

Variables	Ejercicio Intradiálisis		Ejercicio Domiciliario		Valor p
	Media (SD)	Mediana (Min-Max)	Media (SD)	Mediana (Min-Max)	
SPPB (puntos)	9.3 (2.9)	10 (1-12)	8.9 (2.5)	9 (1-12)	0.316
Equilibrio monopodal (segundos)	16.5 (17.4)	8.1 (0.0-45.0)	14.6 (17.2)	6.3 (0.4-45.0)	0.441
TUG (segundos)	11.4 (10.9)	9.0 (0.0-56.8)	8.8 (5.3)	7.9 (0.0-19.3)	0.490
STS-10 (segundos)	30.5 (12.9)		26.6 (8.1)		0.248
STS-60 (repeticiones)	20.4 (9.5)		22.7 (8.0)		0.284
Dinamometría agarre manual D (Kg)	25.0 (10.4)		28.4 (11.5)		0.198
Dinamometría agarre manual I (Kg)	24.5 (10.0)		24.6 (9.7)		0.984
OLHR D (repeticiones)	15.5 (10.1)	20.0 (0-25)	17.7 (8.7)	25.0 (1-25)	0.356
OLHR I (repeticiones)	17.3 (8.6)	18.0 (0-25)	15.9 (8.9)	17.0 (1-25)	0.604
6MWT (metros)	342,2 (117.0)		339.1 (122.6)		0.914

Los valores de las variables con distribución normal se expresan como media (desviación estándar). Los valores de las variables con distribución no normal se expresan como media (desviación estándar) y Mediana (mínimo-máximo). En caso de distribución normal se utilizó la prueba T para muestras independientes, y en caso de distribución no normal se utilizó la prueba U de Mann Whitney. (D) Derecha; (I) Izquierda; (OLHR) One Leg Heel Rise; (SPPB) Short Performance Physical Battery; (STS) Sit to stand to sit; (TUG) Timed Up and Go; (6MWT) 6 Minute Walk Test*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Tabla 8. Características iniciales de los sujetos para el nivel de actividad

Variables	Ejercicio Intradiálisis (n=12)		Ejercicio Domiciliario (n=12)		Valor p
	Media (SD)	Mediana (Min-Max)	Media (SD)	Mediana (Min-Max)	
PASE (puntos)	85.6 (75.9)	75.8 (0.0-401.0)	65.3 (55.3)	53.6 (0.0-178.0)	0.497
HAP AAS (puntos)	58.4 (15.5)	58.5 (29.0-94.0)	57.5 (21.5)	55.0 (20.0-88.0)	0.885
HAP MAS (puntos)	71.8 (10.7)	74.0 (48.0-94.0)	71.4 (13.7)	77.0 (47.0-92.0)	0.890

Los valores de las variables tienen distribución no normal y se expresan como media (desviación estándar) y Mediana (mínimo-máximo). Se utilizó la prueba no paramétrica U de Mann Whitney. (HAP AAS) Human Activity Profile Adjusted Activity Score; (HAP MAS) Human Activity Profile Maximum Activity Score; (min) valor mínimo; (max) valor máximo; (PASE) Physical Activity Scale for the Elderly

Tabla 9. Características iniciales de los sujetos para la calidad de vida relacionada con la salud

Variables	Ejercicio Intradiálisis (n=36)		Ejercicio Domiciliario (n=33)		Valor p
	Media (SD)	Mediana (Min-Max)	Media (SD)	Mediana (Min-Max)	
SF-36 Physical Functioning (puntos)	61.8 (27.8)	65.0 (5.0-100.0)	61.4 (27.0)	65.0 (20.0-100.0)	0.947
SF-36 Role Physical (puntos)	55.6 (47.9)	87.5 (0.0-100.0)	57.6 (46.6)	75.0 (0.0-100.0)	0.969
SF-36 Bodily Pain (puntos)	75.9 (29.2)	100.0 (12.0-100.0)	68.7 (30.6)	72.0 (22.0-100.0)	0.254
SF-36 General Health (puntos)	37.8 (18.6)		44.6 (21.3)		0.163
SF-36 Vitality (puntos)	54.2 (18.3)		52.4 (23.6)		0.837
SF-36 Social Functioning (puntos)	91.0 (20.8)	100.0 (25.0-100.0)	90.9 (17.2)	100.0 (37.5-100.0)	0.569
SF-36 Role Emotional (puntos)	60.2 (49.0)	100.0 (0.0-100.0)	59.6 (46.2)	100.0 (0.0-100.0)	0.871
SF-36 Mental Health (puntos)	64.0 (19.7)	64.0 (16.0-100.0)	66.9 (20.0)	72.0 (20.0-100.0)	0.452
Physical Component Scale (puntos)	42.1 (10.7)	45.2 (17.5-59.6)	41.9 (9.9)	42.5 (25.8-61.7)	0.952
Mental Component Scale (puntos)	45.9 (12.7)	48.6 (17.1-69.3)	46.5 (12.1)	51.5 (25.0-65.6)	0.895

Los valores de las variables con distribución normal se expresan como media (desviación estándar). Los valores de las variables con distribución no normal se expresan como media (desviación estándar) y Mediana (mínimo-máximo). En caso de distribución normal se utilizó la prueba T para muestras independientes, y en caso de distribución no normal se utilizó la prueba U de Mann Whitney. (Min) valor mínimo; (Max) valor máximo; (SF36) Short Form Survey 36; (SD) desviación estándar

4.3. Fiabilidad test-retest

Realizada la prueba (*Tabla 10*), se evidencia una fiabilidad alta en la fuerza de los grupos musculares cuádriceps (ICC 0.81 miembro inferior derecho y 0.84 izquierdo, respectivamente), flexores de cadera (ICC 0.82 miembro inferior derecho y 0.80 izquierdo), isquiotibiales (ICC 0.91 miembro inferior derecho y 0.82 izquierdo) y en aductores de la pierna derecha (0.82). La fiabilidad es moderada en tríceps sural derecho (ICC 0.76), abductores de cadera (ICC 0.70 miembro inferior derecho y 0.76 izquierdo) y aductores de cadera izquierda (ICC 0.79). Solamente en el tríceps sural izquierdo la fiabilidad fue muy baja (ICC 0.38).

La mínima diferencia para apreciar cambios clínicamente relevantes (MDC) ha sido establecida como 33.6 N para la fuerza de cuádriceps derecho y 27.9 N para el izquierdo; 31.6 N para la fuerza del tríceps sural derecho y 48.7 N para el izquierdo; 29.3 N para la fuerza de los flexores de cadera derechos y 30.4 N para los izquierdos; 20.6 N para abductores de cadera derechos y 28.7 N para los izquierdos; 17.9 N para los isquiotibiales derechos y 23.6 N para los izquierdos; y 23.2 N para los aductores de cadera derechos y 23.6 N para los izquierdos.

Tabla 10. Test-Retest variables de la fuerza

Variable	Test	Retest	ICC (95% CI)	Valor p*	MDC
	Media (SD) Mediana (Min-Max)	Media (SD) Mediana (Min-Max)			
Cuádriceps D (Newtons)	84.6 (33.4) 79.2 (32.1-189.2)	79.0 (29.7) 76.3 (32.2-175.2)	0.81 (0.69-0.89)	0.186	33.6 (25.6-43.6)
Cuádriceps I (Newtons)	84.5 (26.9) 84.4 (27.3-154.7)	77.9 (29.4) 76.4 (27.1-159.1)	0.84 (0.69-0.91)	0.030	27.9 (20.5-38.0)
Tríceps Sural D (Newtons)	60.7 (27.3) 55.5 (16.6-154.4)	58.4 (27.4) 53.5 (16.8-155.6)	0.76 (0.60-0.86)	0.489	31.6 (24.3-40.3)
Tríceps Sural I (Newtons)	63.5 (26.4) 59.0 (22.5-154.1)	56.4 (25.3) 54.6 (0.0-140.2)	0.38 (0.11-0.59)	0.168	48.7 (39.4-58.1)
Flexores Cadera D (Newtons)	78.8 (29.6) 82.8 (12.4-144.7)	73.5 (28.7) 70.9 (13.3-150.6)	0.82 (0.69-0.90)	0.244	29.3 (22.2-38.2)
Flexores Cadera I (Newtons)	77.3 (28.1) 78.7 (19.9-144.5)	72.0 (29.2) 66.1 (23.5-162.8)	0.80 (0.67-0.89)	0.043	30.4 (23.1-39.3)
ABD Cadera D (Newtons)	61.0 (15.4) 59.8 (28.2-111.0)	60.7 (16.1) 59.6 (35.4-112.0)	0.70 (0.52-0.82)	0.638	20.6 (15.9-26.0)
ABD Cadera I (Newtons)	63.7 (21.2) 61.8 (29.5-126.0)	65.4 (25.2) 59.2 (26.8-161.7)	0.76 (0.61-0.86)	0.491	28.7 (22.1-36.7)
Isquiotibiales D (Newtons)	75.0 (25.0) 73.5 (12.1-133.4)	70.5 (24.4) 65.9 (22.8-130.7)	0.91 (0.81-0.95)	0.003	17.9 (13.0-23.3)
Isquiotibiales I (Newtons)	72.8 (24.6) 74.8 (25.3-123.6)	65.5 (23.6) 62.9 (22.6-125.5)	0.82 (0.59-0.90)	0.007	23.6 (16.6-35.0)
ADD Cadera D (Newtons)	57.9 (23.2) 54.6 (23.2-123.6)	56.0 (20.3) 56.6 (22.2-125.6)	0.82 (0.70-0.89)	0.739	23.2 (17.7-29.9)
ADD Cadera I (Newtons)	59.6 (22.2) 58.2 (22.4-129.5)	58.4 (21.8) 54.7 (25.1-117.0)	0.79 (0.66-0.88)	0.573	23.6 (18.0-30.3)

ICC: Coeficiente de Correlación Intraclase; Entre paréntesis se presentan los intervalos de confianza de la media al 95%. MDC: cambio clínicamente relevante. Valor p diferencia entre la prueba test y retest, determinada por prueba de Wilcoxon para muestras pareadas con distribución no normal o con Prueba T de muestras pareadas en caso de distribución normal...(ABD) Abductores; (ADD) Aductores; (D) Derecha; (I) Izquierda; (SD) Desviación Estándar.

4.4. Resultados experimentales ANOVA Mixto. Comparación programa de ejercicio intradiálisis frente a programa domiciliario (Estudio II)

4.4.1. Pruebas Funcionales

4.4.1.1. Short Physical Performance Battery (SPPB)

Según los resultados obtenidos en el ANOVA mixto, en el SPPB no se encuentran diferencias significativas entre los grupos de ejercicio intradiálisis (ID) y domiciliario ($p=0.142$, $p>0.05$), independientemente del tiempo (*Tabla 11*).

Los resultados del SPPB (*Tabla 14*) muestran una significación estadística en el efecto principal del factor tiempo ($p<0.001$; tamaño del efecto 0.201). El análisis de los resultados dentro de cada grupo muestra una mejora significativa en el SPPB tras la intervención en ambos grupos [media (desviación estándar), intradiálisis de 9.7 (2.4) a 10.5 (2.1) puntos; domiciliario de 8.9 (2.5) a 9.6 (2.8) puntos] (*Figura 25*). No se observa una significación estadística en el efecto principal de la interacción de los factores grupo y tiempo ($p=0.799$) (*Tabla 14*).

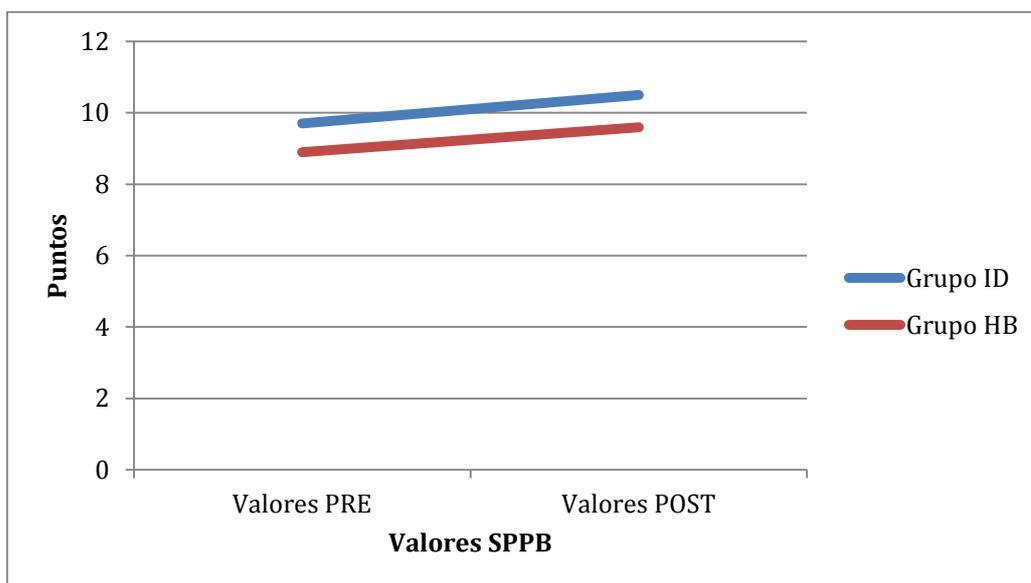


Figura 25. Resultados del SPPB en diferentes periodos. Ejercicio intradiálisis vs. ejercicio domiciliario

4.4.1.2. One-Leg Standing Test (Equilibrio monopodal)

Según los resultados obtenidos en el ANOVA mixto en el *One-Leg Standing Test* no se encuentran diferencias significativas entre los grupos de ejercicio intradiálisis y domiciliario ($p=0.844$, $p>0.05$), independientemente del tiempo (*Tabla 11*).

Los resultados del equilibrio monopodal (*Tabla 14*) muestran que el factor tiempo ($p=0.826$) no tiene un efecto significativo sobre esta variable [media (desviación estándar), intradiálisis de 15.9 (17.0) a 14.1 (15.1) segundos; domiciliario de 14.7 (16.3) a 17.2 (17.8) segundos] (*Figura 26*). Tampoco la interacción de los factores grupo y tiempo ($p=0.169$) afecta significativamente al equilibrio monopodal (*Tabla 14*).

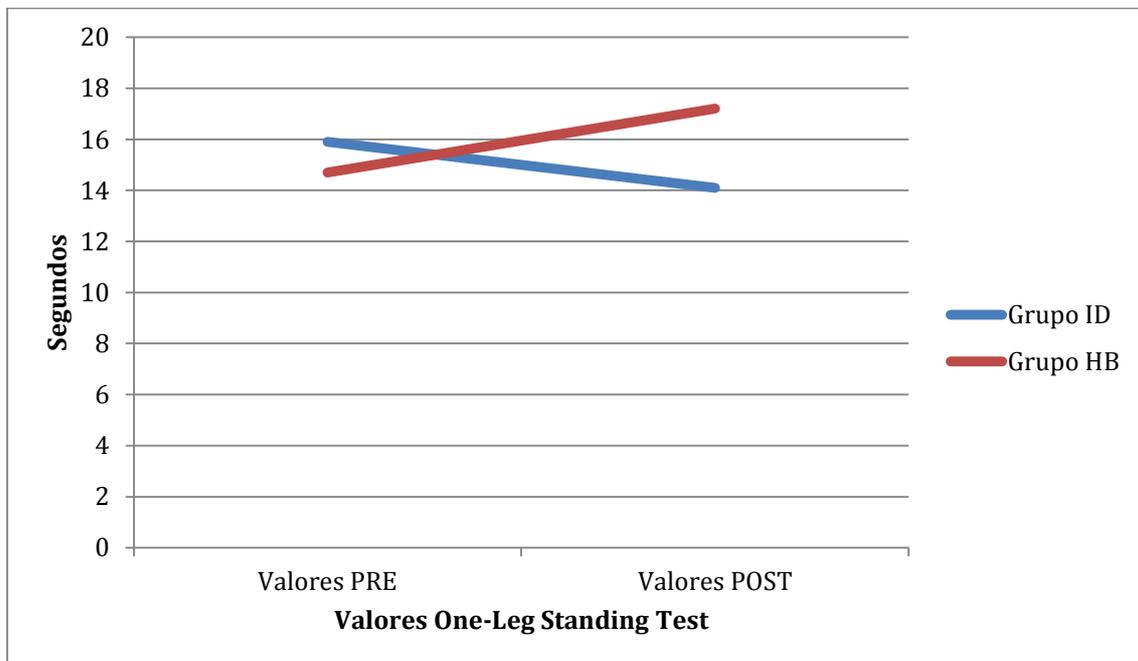


Figura 26. Resultados del equilibrio monopodal en diferentes periodos. Ejercicio intradiálisis vs. ejercicio domiciliario

4.4.1.3. Timed Up and Go (TUG)

Según los resultados obtenidos en el ANOVA mixto en el *Timed Up and Go* no se encuentran diferencias significativas entre los grupos de ejercicio intradiálisis y domiciliario ($p=0.540$, $p>0.05$), independientemente del tiempo (*Tabla 11*).

Los resultados del *Timed Up and Go* (*Tabla 14*) muestran que el factor tiempo ($p=0.402$) no tiene un efecto significativo sobre esta variable [media (desviación estándar), intradiálisis de 9.3 (5.5) a 9.0 (4.0) segundos; domiciliario de 8.8 (5.2) a 10.9 (7.9) segundos] (*Figura 27*). Los factores grupo y tiempo ($p=0.253$) tampoco afectan significativamente al *Timed Up and Go*.

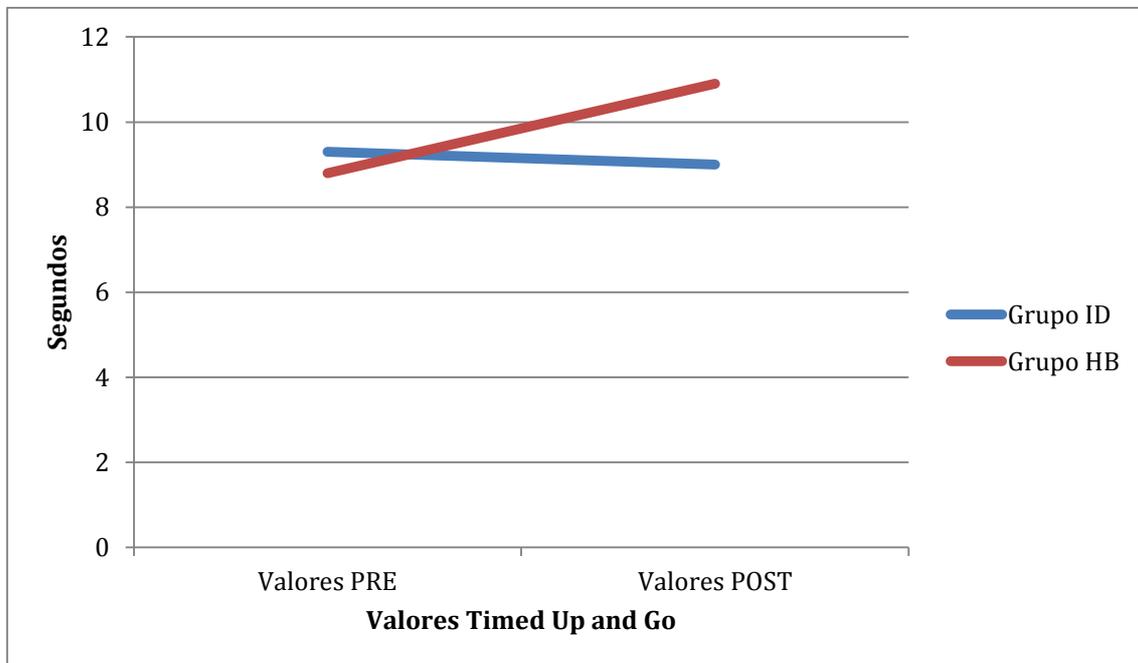


Figura 27. Resultados del TUG en diferentes periodos. Ejercicio intradiálisis vs. ejercicio domiciliario

4.4.1.4. Sit to stand to sit 10 (STS-10)

Según los resultados obtenidos en el ANOVA mixto en el *Sit to stand to sit 10* no se encuentran diferencias significativas entre los grupos de ejercicio intradiálisis y domiciliario ($p=0.603$, $p>0.05$), independientemente del tiempo (*Tabla 11*).

Los resultados del *Sit to stand to sit 10* (*Tabla 14*) muestran una significación estadística en el efecto principal del factor tiempo ($p=0.007$; tamaño del efecto 0.128). El análisis de los resultados dentro de cada grupo muestra una mejora significativa en el STS-10 tras la intervención sólo en el grupo ID [media (desviación estándar), intradiálisis de 28.4 (11.2) a 25.2 (12.3) segundos; domiciliario de 26.2 (8.1) a 24.7 (8.3) segundos] (*Figura 28*). No se observa una significación estadística en el efecto principal de la interacción de los factores grupo y tiempo ($p=0.309$).

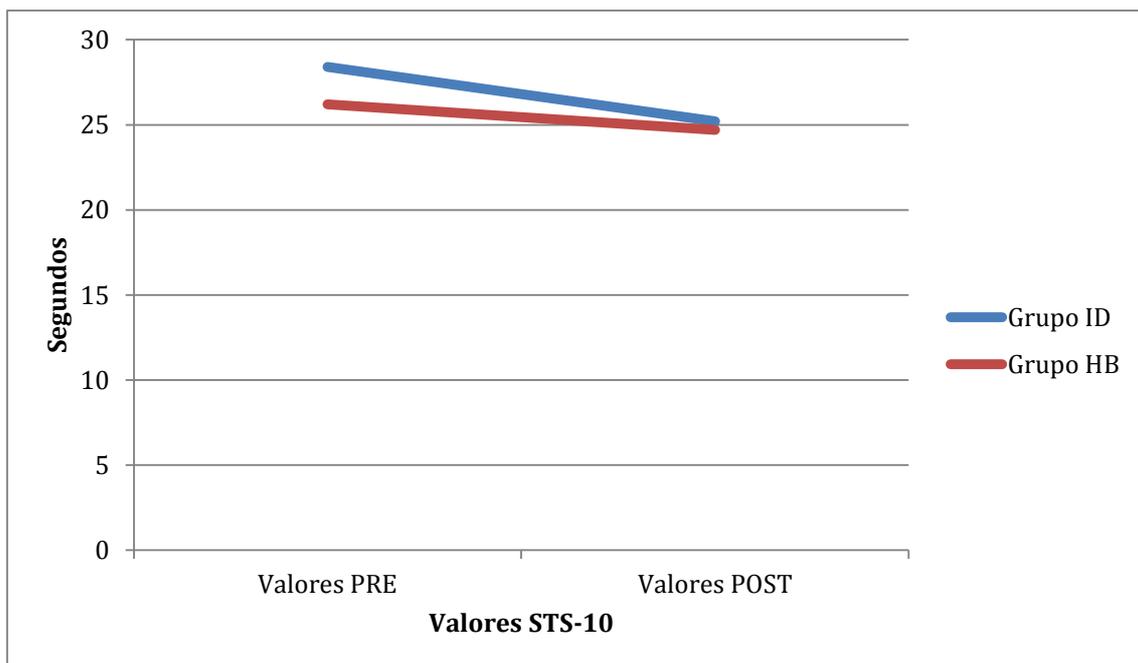


Figura 28. Resultados del STS-10 en diferentes periodos. Ejercicio intradiálisis vs. ejercicio domiciliario

4.4.1.5. Sit to stand to sit 60 (STS-60)

Según los resultados obtenidos en el ANOVA mixto en el *Sit to stand to sit 60* no se encuentran diferencias significativas entre los grupos de ejercicio intradiálisis y domiciliario ($p=0.816$, $p>0.05$), independientemente del tiempo (*Tabla 11*).

Los resultados del *Sit to stand to sit 60* (*Tabla 14*) muestran que el factor tiempo ($p=0.164$) no tiene un efecto significativo sobre este variable [media (desviación estándar), intradiálisis de 21.1 (9.7) a 24.1 (10.4) repeticiones; domiciliario de 23.3 (8.5) a 23.0 (9.0) repeticiones] (*Figura 29*). La interacción de los factores grupo y tiempo ($p=0.082$) tampoco afectan significativamente al *Sit to stand to sit 60*.

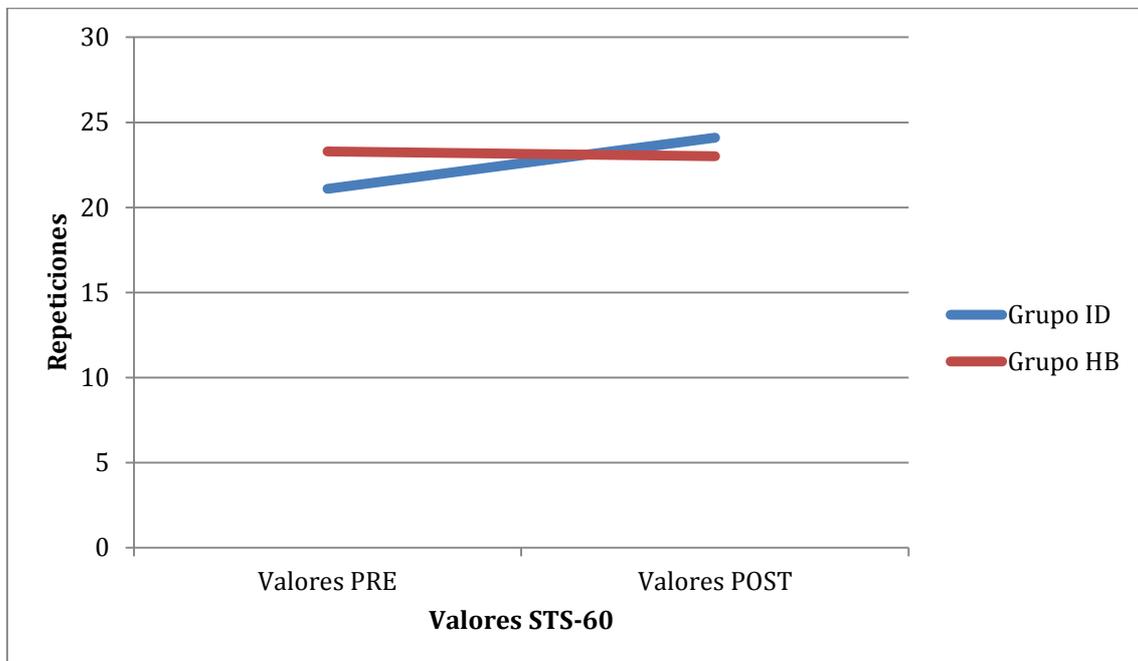


Figura 29. Resultados del STS-60 en diferentes periodos. Ejercicio intradiálisis vs. ejercicio domiciliario

4.4.1.6. Dinamometría del agarre manual derecho

Según los resultados obtenidos en el ANOVA mixto en la dinamometría del agarre manual derecho no se encuentran diferencias significativas entre los grupos de ejercicio intradiálisis y domiciliario ($p=0.229$, $p>0.05$), independientemente del tiempo (*Tabla 11*).

Los resultados de la dinamometría del agarre manual derecho (*Tabla 14*) muestran que el factor tiempo ($p=0.762$) no tiene un efecto significativo sobre este variable [media (desviación estándar), intradiálisis de 25.3 (10.5) a 26.5 (10.6) Kg; domiciliario de 29.6 (11.1) a 28.9 (11.0) Kg] (*Figura 30*). La interacción de los factores grupo y tiempo ($p=0.253$) tampoco afectan significativamente a la prueba.

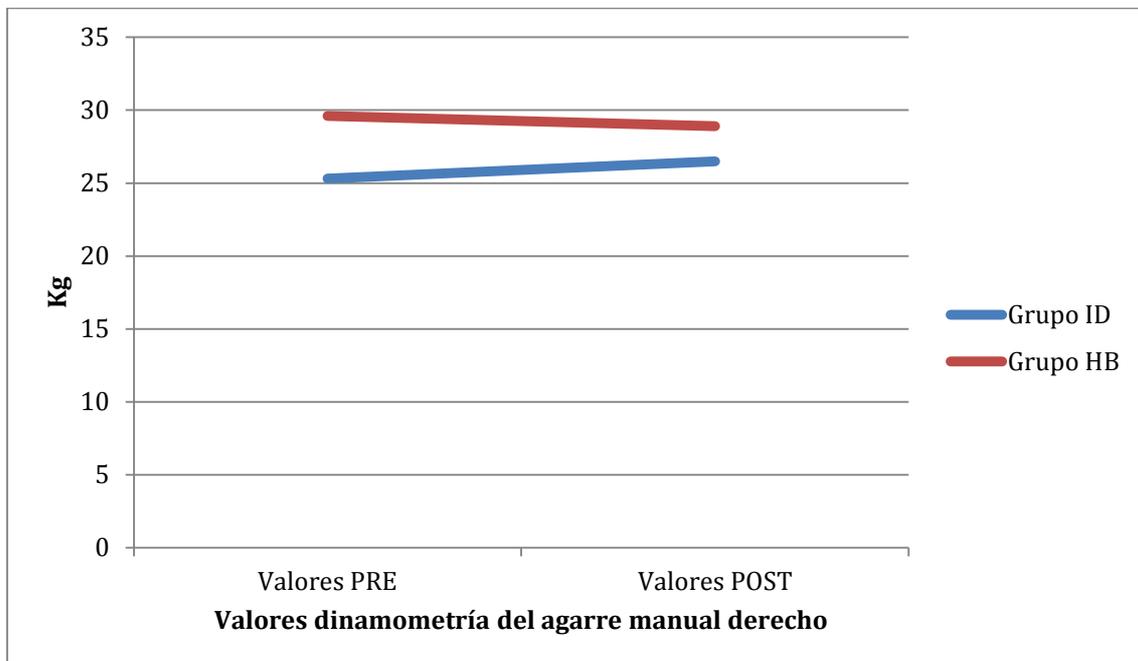


Figura 30. Resultados de la dinamometría del agarre manual derecho en diferentes periodos. Ejercicio intradiálisis vs. ejercicio domiciliario

4.4.1.7. Dinamometría del agarre manual izquierdo

Según los resultados obtenidos en el ANOVA mixto en la dinamometría del agarre manual izquierdo no se encuentran diferencias significativas entre los grupos de ejercicio intradiálisis y domiciliario ($p=0.562$, $p>0.05$) independientemente del tiempo (*Tabla 11*).

Los resultados de la dinamometría del agarre manual izquierdo (*Tabla 14*) muestran que el factor tiempo ($p=0.331$) no tiene un efecto significativo sobre este variable [media (desviación estándar), intradiálisis de 24.6 (9.7) a 23.6 (9.1) repeticiones; domiciliario de 25.8 (8.9) a 25.3 (10.7) repeticiones] (*Figura 31*). La interacción de los factores grupo y tiempo ($p=0.719$) tampoco afectan significativamente a la prueba.

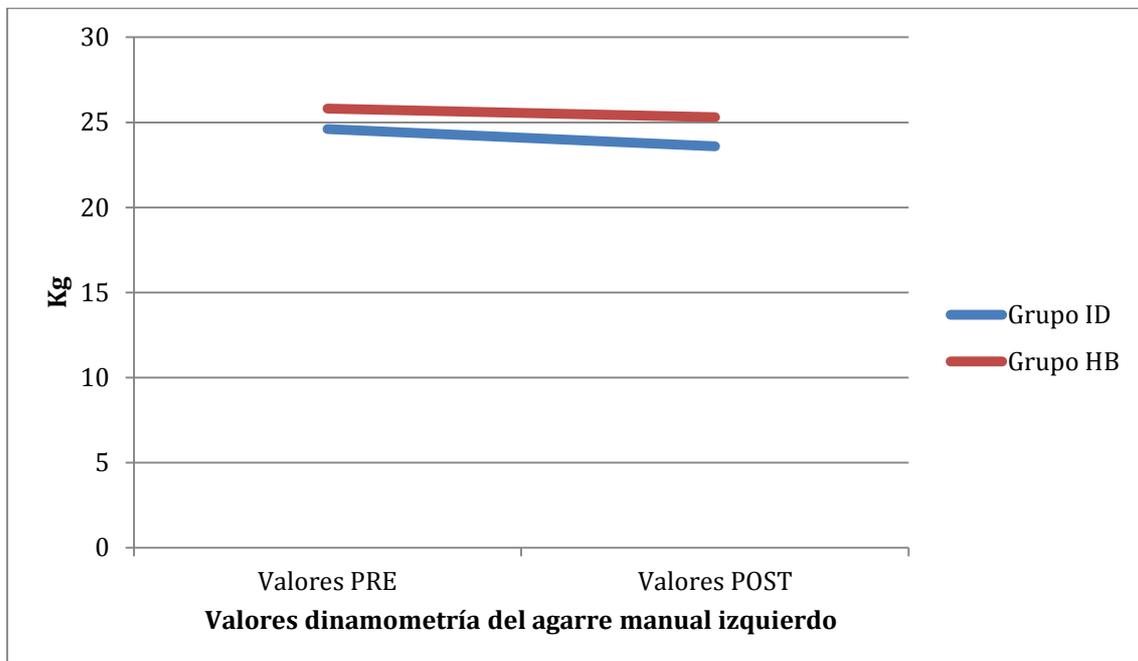


Figura 31. Dinamometría de la fuerza del agarre manual izquierdo. Ejercicio intradiálisis vs. ejercicio domiciliario

4.4.1.8. *One-Leg Heel-Rise* D (Fuerza del tríceps sural derecho)

Según los resultados obtenidos en el ANOVA mixto en el *One-Leg Heel-Rise* derecho, no se encuentran diferencias significativas entre los grupos de ejercicio intradiálisis y domiciliario ($p=0.173$, $p>0.05$) independientemente del tiempo (*Tabla 11*).

Los resultados de la fuerza del tríceps sural derecho (*Tabla 14*) muestran que el factor tiempo ($p=0.023$; tamaño del efecto 0.148) tiene un efecto significativo sobre esta variable. El análisis de los resultados dentro de cada grupo muestra una mejora significativa de esta variable tras la intervención solo en el grupo intradiálisis [media (desviación estándar), intradiálisis de 14.6 (10.1) a 18.3 (7.4) repeticiones; domiciliario de 19.0 (8.6) a 21.0 (6.3) repeticiones] (*Figura 32*). La interacción de los factores grupo y tiempo ($p=0.472$) no afectan significativamente a la prueba.

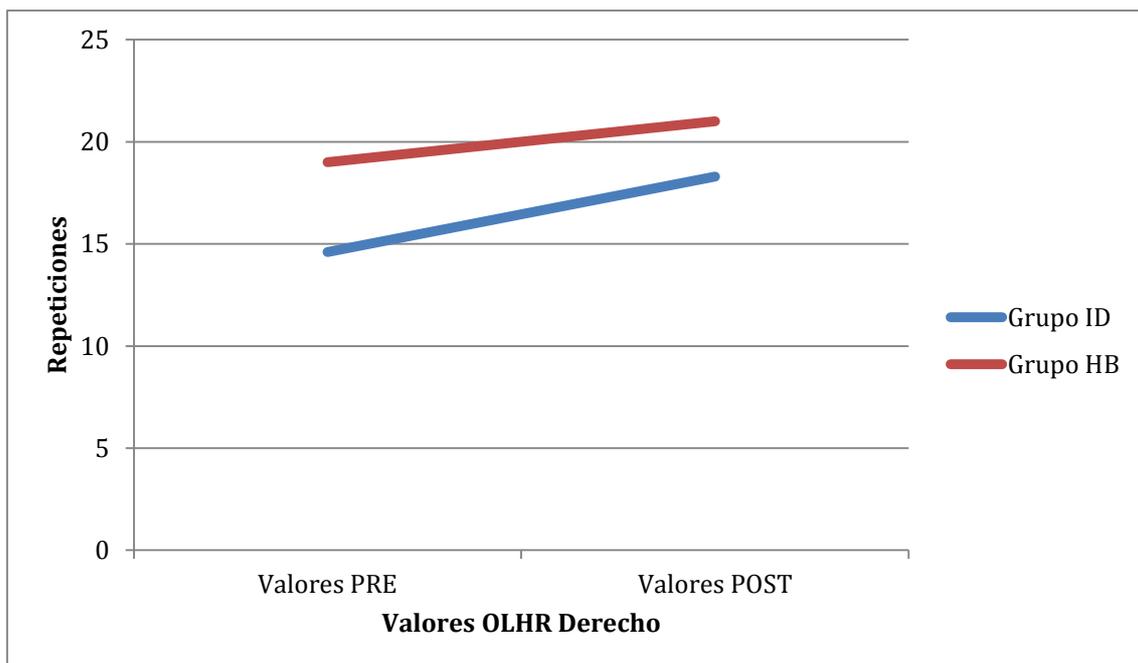


Figura 32. Resultados de la fuerza del tríceps sural derecho en diferentes periodos. Ejercicio intradiálisis vs. ejercicio domiciliario

4.4.1.9. One-Leg Heel-Rise I (Fuerza del tríceps sural izquierdo)

Según los resultados obtenidos en el ANOVA mixto en el *One-Leg Heel-Rise* izquierdo, no se encuentran diferencias significativas entre los grupos de ejercicio intradiálisis y domiciliario ($p=0.605$, $p>0.05$) independientemente del tiempo (*Tabla 11*).

Los resultados de la fuerza del tríceps sural izquierdo (*Tabla 14*) muestran que el factor tiempo ($p=0.036$; tamaño del efecto 0.139) tiene un efecto significativo sobre esta variable. El análisis de los resultados dentro de cada grupo muestra una mejora significativa de esta variable tras la intervención solo en el grupo domiciliario [media (desviación estándar), intradiálisis de 16.5 (8.7) a 17.0 (7.3) repeticiones; domiciliario de 15.4 (9.2) a 20.8 (6.7) repeticiones] (*Figura 33*). La interacción de los factores grupo y tiempo ($p=0.081$) no afectan significativamente a la prueba.

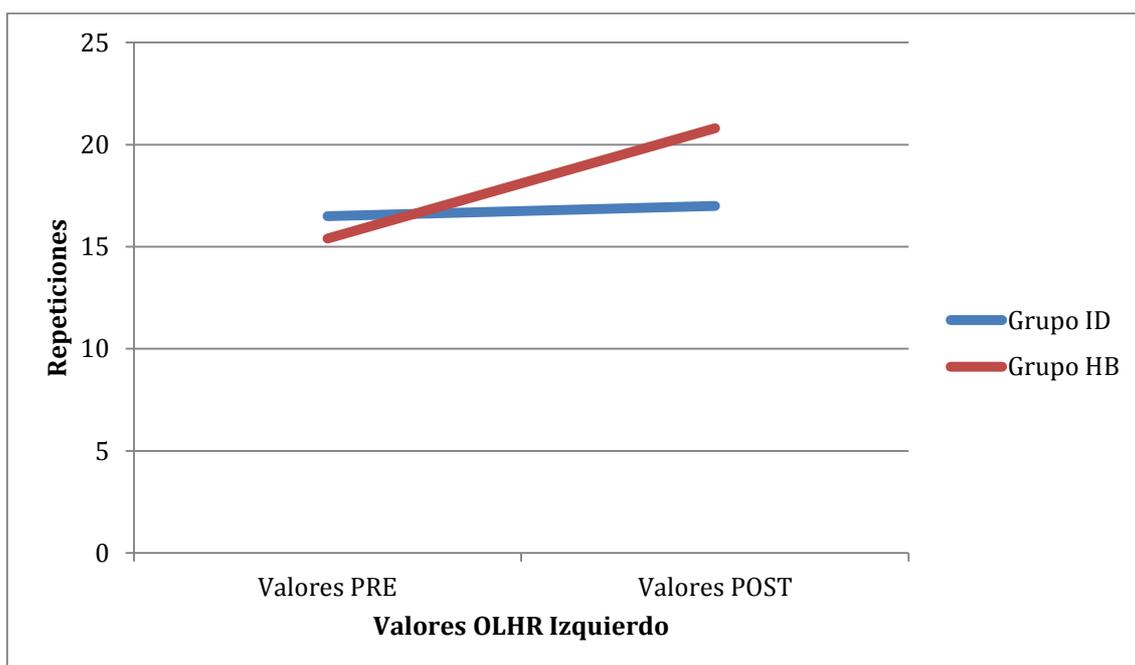


Figura 33. Resultados de la fuerza del tríceps sural izquierdo en diferentes periodos. Ejercicio intradiálisis vs. ejercicio domiciliario

4.4.1.10. 6 Minute Walk Test (6MWT)

Según los resultados obtenidos en el ANOVA mixto en el 6 Minute Walk Test no se encuentran diferencias significativas entre los grupos de ejercicio intradiálisis y domiciliario ($p=0.381$, $p>0.05$) independientemente del tiempo (Tabla 11).

Los resultados del 6 Minute Walk Test (Tabla 14) muestran que el factor tiempo ($p=0.006$; tamaño del efecto 0.139) tiene un efecto significativo sobre esta variable. El análisis de los resultados dentro de cada grupo muestra una mejora significativa en el 6MWT tras la intervención sólo en el grupo de ejercicio intradiálisis [media (desviación estándar), intradiálisis de 360.3 (109.5) a 398.1 (98.6) metros; domiciliario de 342.7 (123.9) a 360.4 (146.0) metros] (Figura 34). La interacción de los factores grupo y tiempo ($p=0.299$) no afectan significativamente a la prueba.

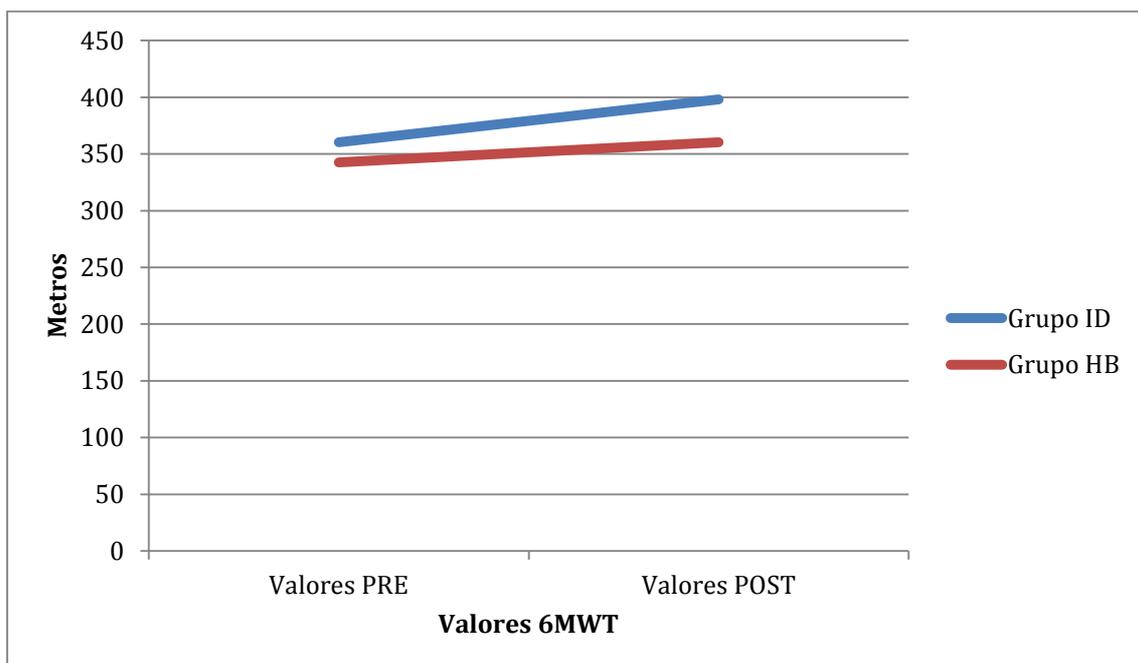


Figura 34. Resultados del 6MWT en diferentes periodos. Ejercicio intradiálisis vs. ejercicio domiciliario

4.4.2. Nivel de actividad física

4.4.2.1. Physical Activity Scale for the Elderly (PASE)

Según los resultados obtenidos en el ANOVA mixto en el *Physical Activity Scale for the Elderly* no se encuentran diferencias significativas entre los grupos de ejercicio intradiálisis y domiciliario ($p=0.168$) independientemente del tiempo (*Tabla 12*).

Los resultados del *Physical Activity Scale for the Elderly* (*Tabla 15*) muestran que el factor tiempo ($p=0.390$) no tiene un efecto significativo sobre esta variable [media (desviación estándar), intradiálisis de 85.6 (75.9) a 74.8 (47.4) puntos; domiciliario de 65.3 (55.3) a 62.2 (43.1) puntos] (*Figura 35*). Los factores grupo y tiempo ($p=0.633$) no afectan significativamente a la prueba.

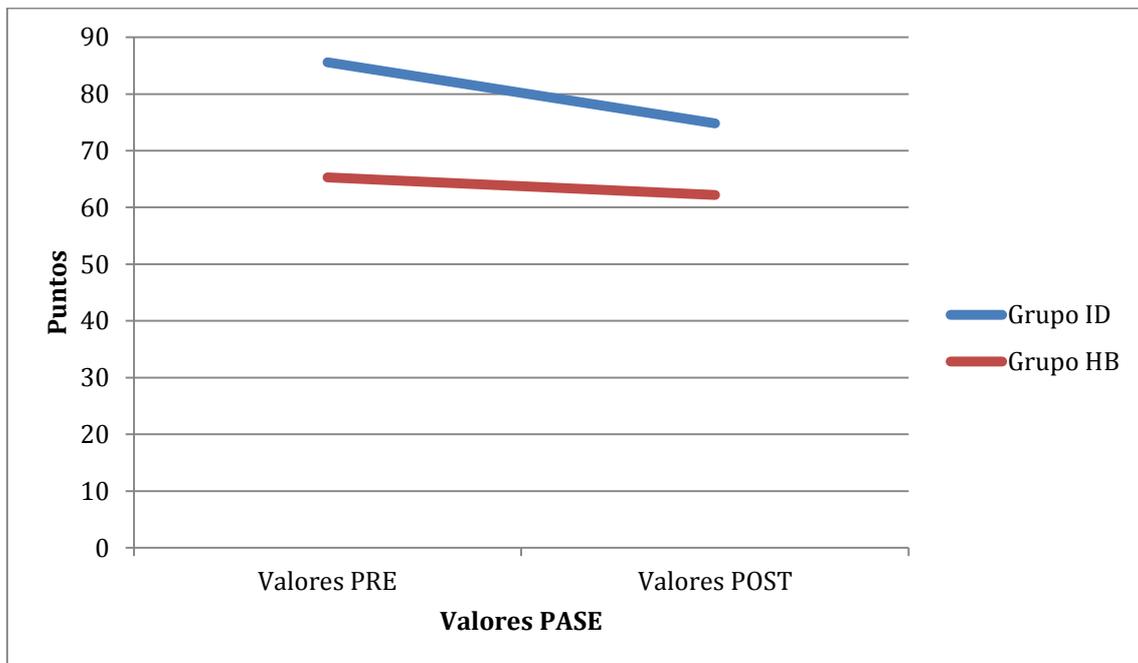


Figura 35. Resultados del PASE en diferentes periodos. Ejercicio intradiálisis vs. ejercicio domiciliario

4.4.2.2. Human Activity Profile Adjusted Activity Score (HAP AAS).

Según los resultados obtenidos en el ANOVA mixto en el *Human Activity Profile Adjusted Activity Score* no se encuentran diferencias significativas entre los grupos de ejercicio intradiálisis y domiciliario ($p=0.753$) independientemente del tiempo (*Tabla 12*).

Los resultados del *Human Activity Profile Adjusted Activity Score* (*Tabla 15*) muestran que el factor tiempo ($p=0.001$; tamaño del efecto 0.164) tiene un efecto significativo sobre esta variable. El análisis de los resultados dentro de cada grupo muestra una mejora significativa en el HAP AAS tras la intervención en ambos grupos de ejercicio [media (desviación estándar), intradiálisis de 58.4 (15.5) a 65.0 (18.7) puntos; domiciliario de 57.5 (21.5) a 63.3 (16.0) puntos] (*Figura 36*). Los factores grupo y tiempo ($p=0.806$) no afectan significativamente a la prueba.

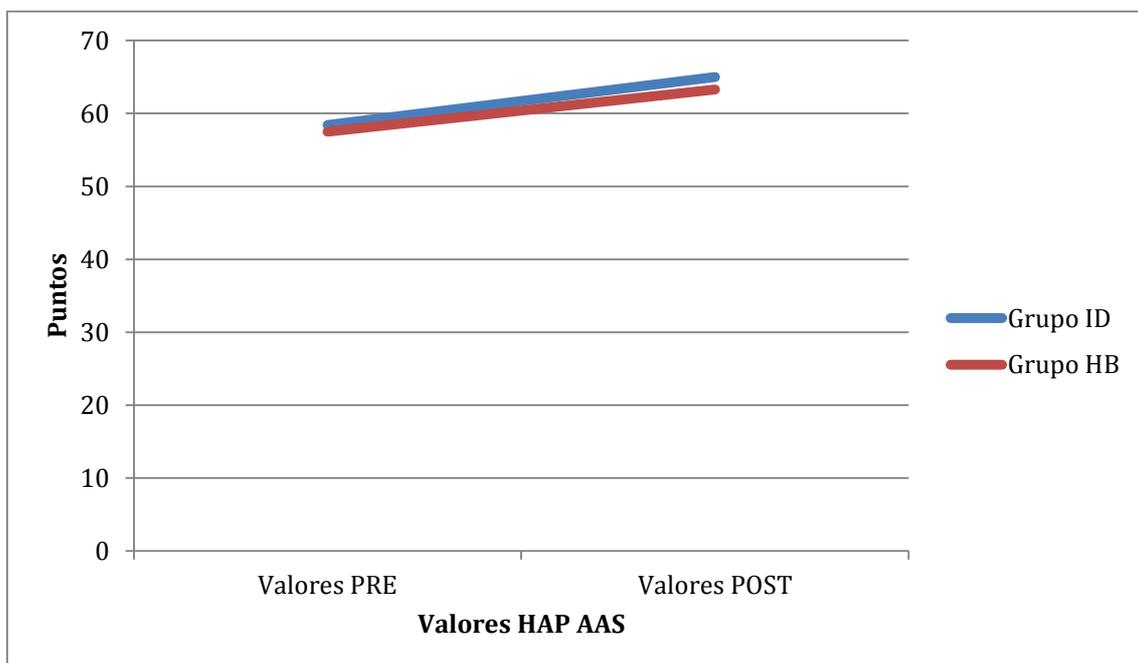


Figura 36. Resultados del HAP AAS en diferentes periodos. Ejercicio intradiálisis vs. ejercicio domiciliario

4.4.3. Calidad de vida relacionada con la salud

4.4.3.1. SF-36. Physical Functioning

Según los resultados obtenidos en el ANOVA mixto en la subescala *Physical Functioning* del cuestionario SF-36 no se encuentran diferencias significativas entre los grupos de ejercicio intradiálisis y domiciliario ($p=0.754$) independientemente del tiempo (*Tabla 13*).

Los resultados la subescala *Physical Functioning* del cuestionario SF-36 (*Tabla 16*) muestran que el factor tiempo ($p=0.000$; tamaño del efecto 0.200) tiene un efecto significativo sobre esta variable. El análisis de los resultados dentro de cada grupo muestra una mejora significativa de esta variable tras la intervención en ambos grupos [media (desviación estándar), intradiálisis de 62.5 (25.5) a 74.7 (23.0) puntos; domiciliario de 62.7 (26.3) a 71.3 (17.6) puntos] (*Figura 37*). No se observa una significación estadística en el efecto principal de la interacción de los factores grupo y tiempo ($p=0.464$).

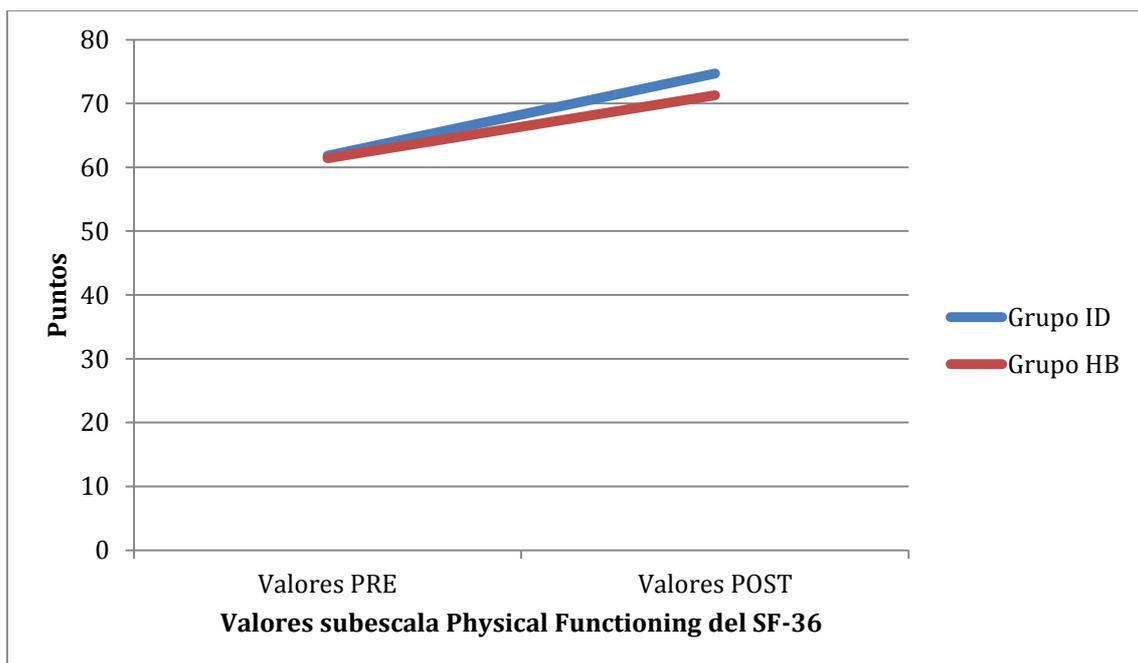


Figura 37. Resultados de la subescala *Physical Functioning* en diferentes periodos. Ejercicio intradiálisis vs. ejercicio domiciliario

4.4.3.2. SF-36. *Role Physical*

Según los resultados obtenidos en el ANOVA mixto en la subescala *Role Physical* del cuestionario SF-36 no se encuentran diferencias significativas entre los grupos de ejercicio intradiálisis y domiciliario ($p=0.518$) independientemente del tiempo (*Tabla 13*).

Los resultados del *Role Physical* del cuestionario SF-36 (*Tabla 16*) muestran que el factor tiempo ($p=0.000$; tamaño del efecto 0.204) tiene un efecto significativo sobre esta variable. El análisis de los resultados dentro de cada grupo muestra una mejora significativa en esta variable tras la intervención en ambos grupos [media (desviación estándar), intradiálisis de 56.3 (47.5) a 80.5 (38.5) puntos; domiciliario de 59.4 (46.1) a 87.5 (28.4) puntos] (*Figura 38*). No se observa una significación estadística en el efecto principal de la interacción de los factores grupo y tiempo ($p=0.767$).

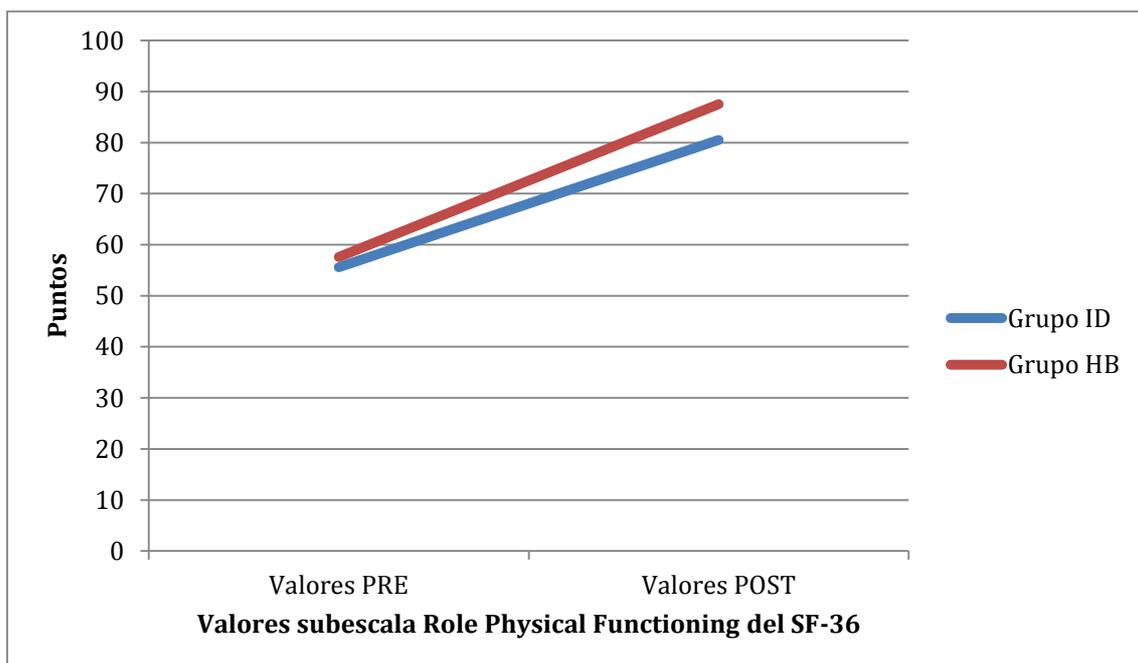


Figura 38. Resultados de la subescala Role Physical Functioning en diferentes periodos. Ejercicio intradiálisis vs. ejercicio domiciliario

4.4.3.3. SF-36. *Bodily Pain*

Según los resultados obtenidos en el ANOVA mixto en la subescala *Bodily Pain* del cuestionario SF-36 no se encuentran diferencias significativas entre los grupos de ejercicio intradiálisis y domiciliario ($p=0.183$) independientemente del tiempo (*Tabla 13*).

Los resultados de la subescala *Bodily Pain* del cuestionario SF-36 (*Tabla 16*) muestran que el factor tiempo ($p=0.023$; tamaño del efecto 0.080) tiene un efecto significativo sobre esta variable. El análisis de los resultados dentro de cada grupo no muestra efectos significativos en ninguno de los grupos [media (desviación estándar), intradiálisis de 75.3 (28.6) a 84.1 (25.2) puntos; domiciliario de 67.7 (30.5) a 75.9 (25.9) puntos] (*Figura 39*). No se observa una significación estadística en el efecto principal de la interacción de los factores grupo y tiempo ($p=0.942$).

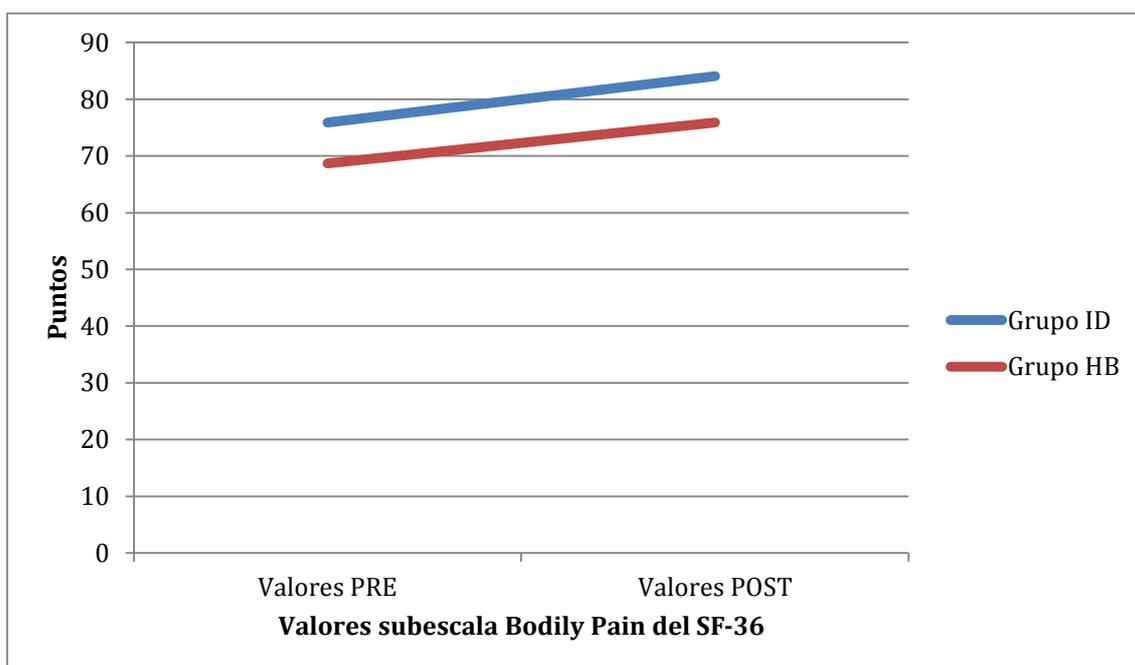


Figura 39. Resultados de la subescala Bodily Pain en diferentes periodos. Ejercicio intradiálisis vs. ejercicio domiciliario.

4.4.3.4. SF-36. *General Health*

Según los resultados obtenidos en el ANOVA mixto en la subescala *General Health* del cuestionario SF-36 no se encuentran diferencias significativas entre los grupos de ejercicio intradiálisis y domiciliario ($p=0.630$) independientemente del tiempo (*Tabla 13*).

Los resultados de la subescala *General Health* del cuestionario SF-36 (*Tabla 16*) muestran que el factor tiempo ($p=0.000$; tamaño del efecto 0.230) tiene un efecto significativo sobre esta variable. El análisis de los resultados dentro de cada grupo muestra una mejora significativa en esta variable tras la intervención en el grupo intradiálisis [media (desviación estándar), intradiálisis de 38.7 (19.3) a 54.6 (21.8) puntos; domiciliario de 45.2 (21.4) a 52.3 (20.2) puntos] (*Figura 40*). No se observa una significación estadística en el efecto principal de la interacción de los factores grupo y tiempo ($p=0.103$).

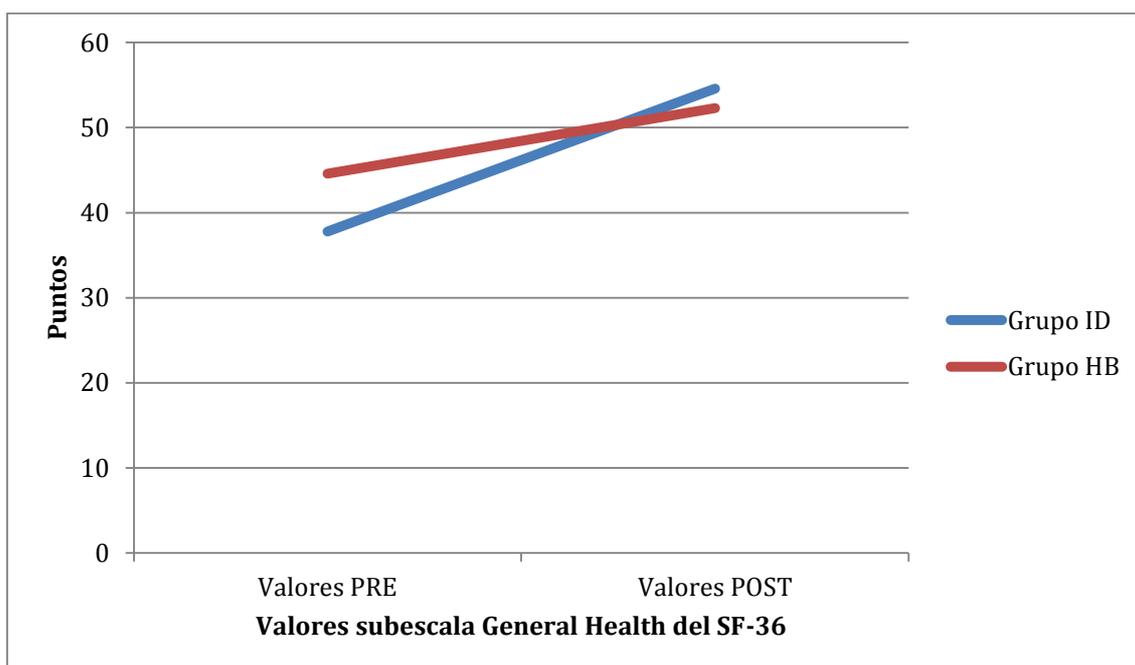


Figura 40. Resultados de la subescala *General Health* en diferentes periodos. Ejercicio intradiálisis vs. ejercicio domiciliario

4.4.3.5. SF-36. *Vitality*

Según los resultados obtenidos en el ANOVA mixto en la subescala *Vitality* del cuestionario SF-36 no se encuentran diferencias significativas entre los grupos de ejercicio intradiálisis y domiciliario ($p=0.645$) independientemente del tiempo (*Tabla 13*).

Los resultados de la subescala *Vitality* del cuestionario SF-36 (*Tabla 16*) muestran que el factor tiempo ($p=0.018$; tamaño del efecto 0.086) tiene un efecto significativo sobre esta variable. El análisis de los resultados dentro de cada grupo muestra una mejora significativa en el componente *Vitality* del cuestionario SF-36 tras la intervención en el grupo de ejercicio domiciliario [media (desviación estándar), intradiálisis de 53.9 (18.7) a 57.2 (15.0) puntos; domiciliario de 52.4 (23.6) a 61.9 (15.2) puntos] (*Figura 41*). No se observa una significación estadística en el efecto principal de la interacción de los factores grupo y tiempo ($p=0.261$).

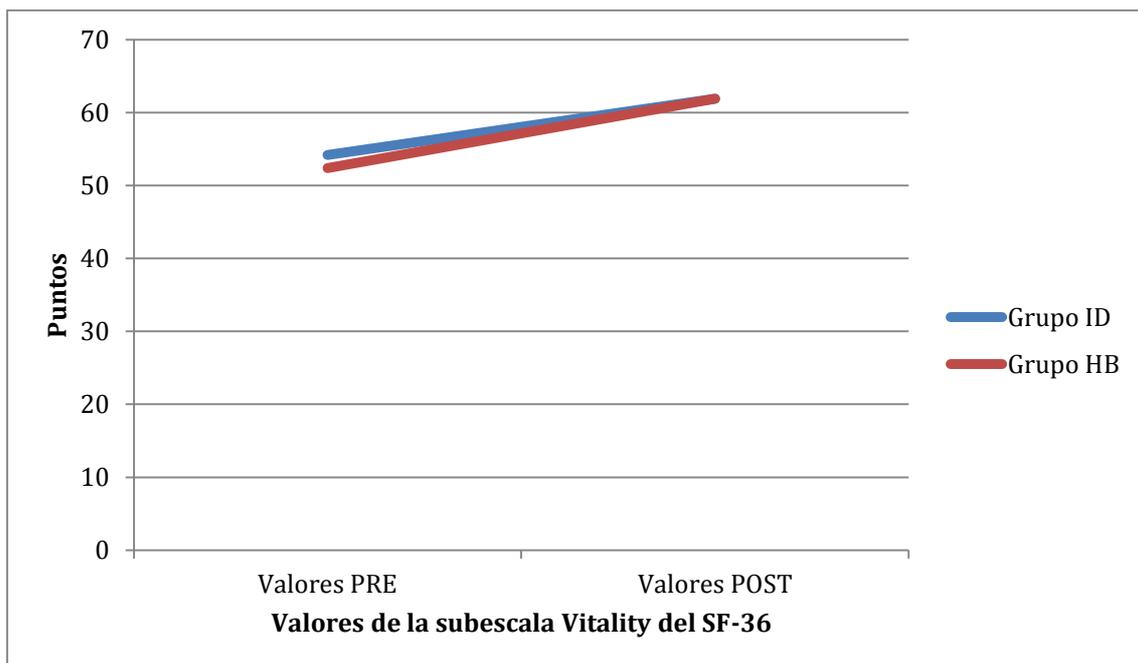


Figura 41. Resultados de la subescala Vitality en diferentes periodos. Ejercicio intradiálisis vs. ejercicio domiciliario

4.4.3.6. SF-36. Social Functioning

Según los resultados obtenidos en el ANOVA mixto en la subescala *Social Functioning* del cuestionario SF-36 no se encuentran diferencias significativas entre los grupos de ejercicio intradiálisis y domiciliario ($p=0.210$) independientemente del tiempo (*Tabla 13*).

Los resultados de esta subescala (*Tabla 16*) muestran que el factor tiempo ($p=0.506$; tamaño del efecto 0.007) no tiene un efecto significativo sobre esta variable [media (desviación estándar), intradiálisis de 89.8 (21.9) a 87.1 (25.1) puntos; domiciliario de 90.6 (17.4) a 96.9 (11.9) puntos] (*Figura 42*). No se observa una significación estadística en el efecto principal de la interacción de los factores grupo y tiempo ($p=0.092$).

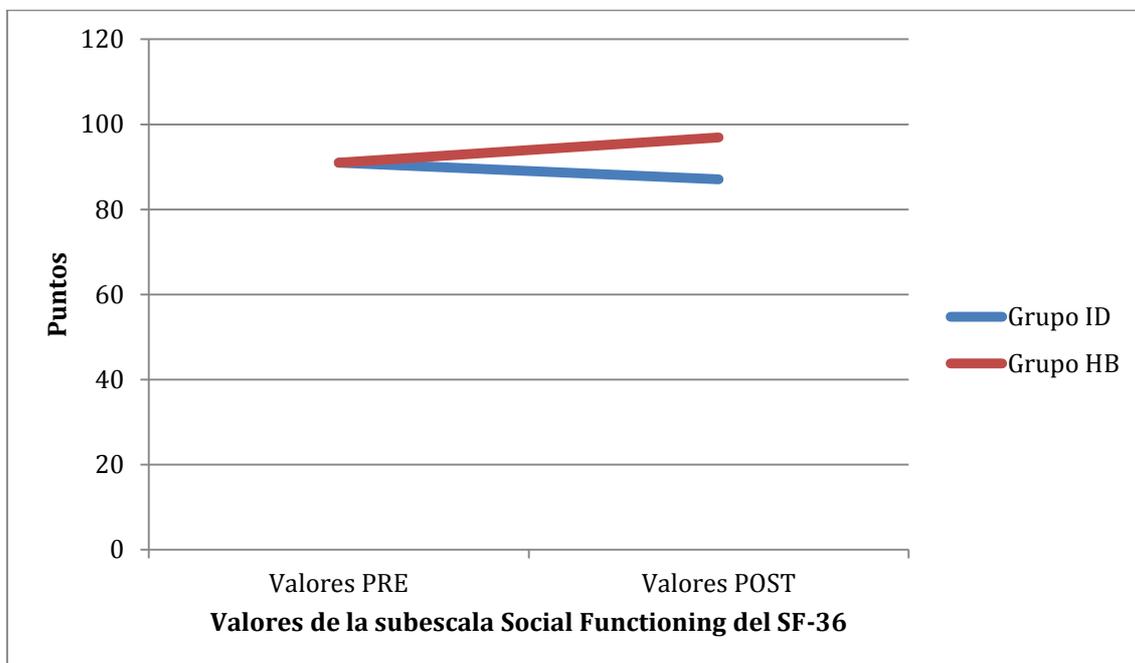


Figura 42. Resultados de la subescala Social Functioning en diferentes periodos. Ejercicio intradiálisis vs. ejercicio domiciliario

4.4.3.7. SF-36. *Role Emotional*

Según los resultados obtenidos en el ANOVA mixto en la subescala *Role Emotional* del cuestionario SF-36 no se encuentran diferencias significativas entre los grupos de ejercicio intradiálisis y domiciliario ($p=0.655$) independientemente del tiempo (*Tabla 13*).

Los resultados de esta subescala (*Tabla 16*) muestran que el factor tiempo ($p=0.000$; tamaño del efecto 0.0296) tiene un efecto significativo sobre esta variable. El análisis de los resultados dentro de cada grupo muestra una mejora significativa tras la intervención en ambos grupos [media (desviación estándar), intradiálisis de 61.5 (48.7) a 85.4 (34.8) puntos; domiciliario de 61.5 (45.7) a 92.7 (20.3) puntos] (*Figura 43*). No se observa una significación estadística en el efecto principal de la interacción de los factores grupo y tiempo ($p=0.455$).

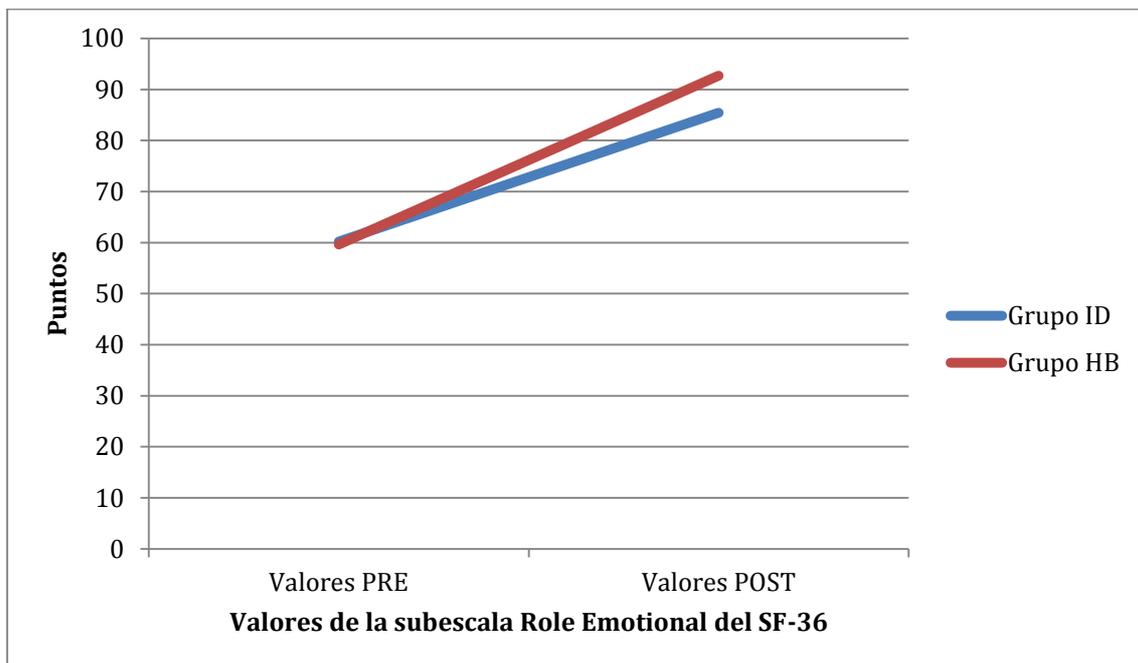


Figura 43. Resultados de la subescala Role Emotional en diferentes periodos. Ejercicio intradiálisis vs. ejercicio domiciliario

4.4.3.8. SF-36. *Mental Health*

Según los resultados obtenidos en el ANOVA mixto en la subescala *Mental Health* del cuestionario SF-36 no se encuentran diferencias significativas entre los grupos de ejercicio intradiálisis y domiciliario ($p=0.248$) independientemente del tiempo (*Tabla 13*).

Los resultados de esta subescala (*Tabla 16*) muestran que el factor tiempo ($p=0.024$; tamaño del efecto 0.080) tiene un efecto significativo sobre esta variable. El análisis de los resultados dentro de cada grupo muestra una mejora significativa tras la intervención en el grupo de ejercicio a domicilio [media (desviación estándar), intradiálisis de 63.9 (19.7) a 68.1 (16.7) puntos; domiciliario de 67.1 (20.3) a 73.9 (15.4) puntos] (*Figura 44*). No se observa una significación estadística en el efecto principal de la interacción de los factores grupo y tiempo ($p=0.601$).

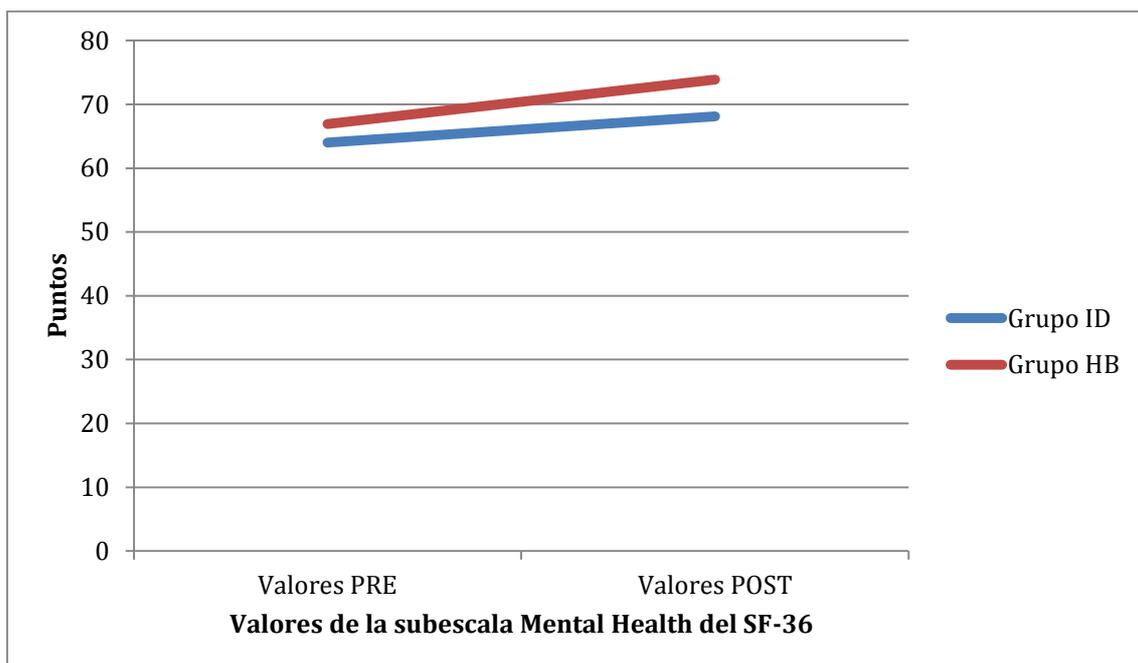


Figura 44. Resultados de la subescala Mental Health en diferentes periodos. Ejercicio intradiálisis vs. ejercicio domiciliario

4.4.3.9. SF-36. *Physical Component Scale*

Según los resultados obtenidos en el ANOVA mixto en el *Physical Component Scale* del cuestionario SF-36 no se encuentran diferencias significativas entre los grupos de ejercicio intradiálisis y domiciliario ($p=0.551$) independientemente del tiempo (*Tabla 13*).

Los resultados del componente físico (*Tabla 16*) muestran que el factor tiempo ($p=0.001$; tamaño del efecto 0.164) tiene un efecto significativo sobre esta variable. El análisis de los resultados dentro de cada grupo muestra una mejora significativa en el componente *Physical Component Scale* del cuestionario SF-36 tras la intervención en el grupo intradiálisis [media (desviación estándar), intradiálisis de 42.2 (10.8) a 47.5 (7.8) puntos; domiciliario de 42.1 (10.0) a 45.3 (7.0) puntos] (*Figura 45*). No se observa una significación estadística en el efecto principal de la interacción de los factores grupo y tiempo ($p=0.396$).

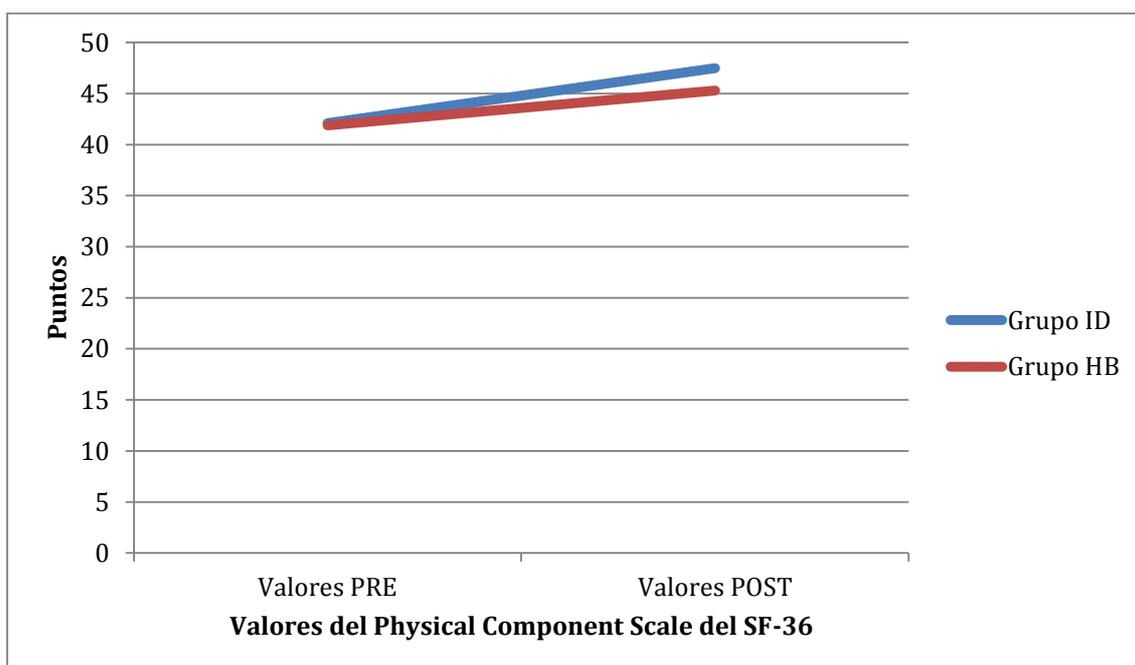


Figura 45. Resultados del Physical Component Scale en diferentes periodos. Ejercicio intradiálisis vs. ejercicio domiciliario

4.4.3.10. SF-36. *Mental Component Scale*

Según los resultados obtenidos en el ANOVA mixto en el componente *Mental Component Scale* del cuestionario SF-36 no se encuentran diferencias significativas entre los grupos de ejercicio intradiálisis y domiciliario ($p=0.231$) independientemente del tiempo (*Tabla 13*).

Los resultados del componente *mental* (*Tabla 16*) muestran que el factor tiempo ($p=0.004$; tamaño del efecto 0.124) tiene un efecto significativo sobre esta variable. El análisis de los resultados dentro de cada grupo muestra una mejora significativa en el componente *Mental Component Scale* del cuestionario SF-36 tras la intervención en el grupo de ejercicio domiciliario [media (desviación estándar), intradiálisis de 45.8 (13.3) a 47.9 (10.3) puntos; domiciliario de 46.7 (12.2) a 52.8 (7.1) puntos] (*Figura 46*). No se observa una significación estadística en el efecto principal de la interacción de los factores grupo y tiempo ($p=0.149$).

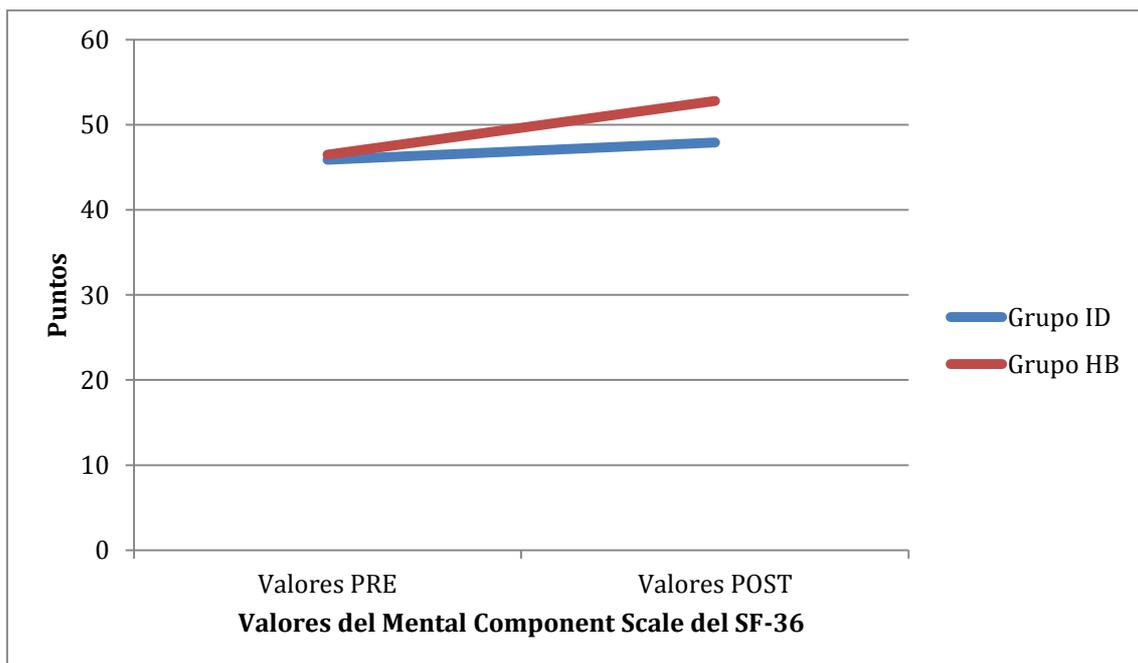


Figura 46. Resultados del Mental Component Scale en diferentes periodos. Ejercicio intradiálisis vs. ejercicio domiciliario

Tabla 11. prueba de efectos inter-sujetos en las pruebas funcionales. Estudio ejercicio intradiálisis vs. domiciliario

Variable	Grupo	F	Valor p	Tamaño del efecto
SPPB	Grupo	2.223	0.142	0.038
Equilibrio Monopodal	Grupo	0.039	0.844	0.001
TUG	Grupo	0.381	0.540	0.007
STS-10	Grupo	0.273	0.603	0.005
STS-60	Grupo	0.055	0.816	0.001
Dinamometría agarre manual D	Grupo	1.482	0.229	0.027
Dinamometría agarre manual I	Grupo	0.341	0.562	0.006
OLHR D	Grupo	1.936	0.173	0.055
OLHR I	Grupo	0.274	0.605	0.009
6MWT	Grupo	0.781	0.381	0.015

(D) Derecha; (I) Izquierda; (OLHR) One Leg Heel Rise; (SPPB) Short Performance Physical Battery; (STS) Sit to stand to sit; (TUG) Timed Up and Go; (6MWT) 6 Minute Walk Test

Tabla 12. Prueba de efectos inter-sujetos en el nivel de actividad física. Estudio ejercicio intradiálisis vs. domiciliario

Variable	Grupo	F	Valor p	Tamaño del efecto
PASE	Grupo	1.946	0.168	0.030
HAP AAS	Grupo	0.100	0.753	0.002

(HAP AAS) Human Activity Profile Adjusted Activity Score; (HAP MAS) Human Activity Profile Maximum Activity Score; (min) valor mínimo; (max) valor máximo; (PASE) Physical Activity Scale for the Elderly

Tabla 13. Prueba de efectos inter-sujetos para la calidad de vida relacionada con la salud. Estudio ejercicio intradiálisis vs. domiciliario

Variable	Grupo	F	Valor p	Tamaño del efecto
SF-36. Physical Functioning	Grupo	0.099	0.754	0.002
SF-36. Role Physical Functioning	Grupo	0.423	0.518	0.007
SF-36. Bodily Pain	Grupo	1.816	0.183	0.028
SF-36. General Health	Grupo	0.234	0.630	0.004
SF-36. Vitality	Grupo	0.215	0.645	0.003
SF-36. Social Functioning	Grupo	1.604	0.210	0.025
SF-36. Role Emotional	Grupo	0.202	0.655	0.003
SF-36. Mental Health	Grupo	1.361	0.248	0.021
Physical Component Scale	Grupo	0.359	0.551	0.006
Mental Component Scale	Grupo	1.462	0.231	0.023

(min) valor mínimo; (max) valor máximo; (SF36) Short Form Survey 36; (SD) desviación estándar

Tabla 14. Significación del ANOVA en las pruebas funcionales. Estudio intradiálisis vs. domiciliario

Variable	Grupo	Media (SD)		Análisis de la varianza (Grupo- Tiempo), valor p	Efecto del tamaño	Análisis de la varianza (Tiempo), valor p	Efecto del tamaño
		PRE	POST				
SPPB (puntos)	ID	9.7 (2.4)	10.5 (2.1)	F=0.065, p=0.799	0.001	F=14.126, p=0.000	0.201
Media (SD)	HB	8.9 (2.4)	9.6 (2.8)				
Equilibrio monopodal	ID	15.9 (17.0)	14.1 (15.1)	F=1.953, p=0.169	0.041	F=0.049, p=0.826	0.001
(segundos) Media (SD)	HB	14.7 (16.3)	17.2 (17.8)				
TUG (segundos)	ID	9.3 (5.5)	9.0 (4.0)	F=1.332, p=0.253	0.023	F=0.712, p=0.402	0.013
Media (SD)	HB	8.9 (5.2)	10.9 (7.9)				
STS-10 (segundos)	ID	28.4 (11.2)	25.2 (12.3)	F=1.056, p=0.309	0.020	F=7.764, p=0.007	0.128
Media (SD)	HB	26.2 (8.1)	24.7 (8.3)				
STS-60 (repeticiones)	ID	21.1 (9.7)	24.1 (10.4)	F=3.149, p=0.082	0.056	F=1.991, p=0.164	0.036
Media (SD)	HB	23.3 (8.5)	23.0 (9.0)				
Handgrip D (Kg)	ID	25.3 (10.5)	26.5 (10.6)	F=1.335, p=0.253	0.024	F=0.093, p=0.762	0.002
Media (SD)	HB	29.6 (11.1)	28.9 (11.0)				
Handgrip I (Kg)	ID	24.6 (9.7)	23.6 (9.1)	F=0.131, p=0.719	0.002	F=0.963, p=0.331	0.018
Media (SD)	HB	25.8 (8.9)	25.4 (10.7)				
OLHR D (repeticiones)	ID	14.6 (10.1)	18.3 (7.4)	F=0.530, p=0.472	0.016	F=5.724, p=0.023	0.148
Media (SD)	HB	19.0 (8.6)	21.0 (6.3)				
OLHR I (repeticiones)	ID	16.5 (8.7)	17.0 (7.3)	F=3.261, p=0.081	0.098	F=4.828, p=0.036	0.139
Media (SD)	HB	15.4 (9.2)	20.8 (6.7)				
6MWT (metros)	ID	360.3 (109.5)	398.1 (98.6)	F= 1.103, p=0.299	0.021	F= 8.362, p=0.006	0.139
Media (SD)	HB	342.7 (123.9)	360.4 (146.0)				

D) Derecha; (HB) Home Based, Domiciliario; (I) Izquierda; (ID) Intradiálisis; (OLHR) One Leg Heel Rise; (SPPB) Short Performance Physical Battery; (STS) Sit to stand to sit; (TUG) Timed Up and Go; (6MWT) 6 Minute Walk Test

Tabla 15. Significación del ANOVA en el nivel de actividad física. Estudio intradiálisis vs. domiciliario

Variable	Grupo	Media (SD)		Análisis de la varianza (Grupo- Tiempo), valor p	Efecto del tamaño	Análisis de la varianza (Tiempo), valor p	Efecto del tamaño
		PRE	POST				
PASE (puntos)	ID	85.6 (75.9)	74.8 (47.4)	F=0.231, p=0.633	0.004	F=0.748, p=0.390	0.012
Media (SD)	HB	65.3 (55.3)	62.2 (43.1)				
HAP AAS (puntos)	ID	58.4 (15.5)	65.0 (18.7)	F=0.061, p=0.806	0.001	F=12.130, p=0.001	0.164
Media (SD)	HB	57.5 (21.5)	63.3 (18.7)				

(HAP AAS) Human Activity Profile Adjusted Activity Score; (HAP MAS) Human Activity Profile Maximum Activity Score; (HB) Home Based, Domiciliario; (I) Izquierda; (ID) Intradiálisis; (min) valor mínimo; (max) valor máximo; (PASE) Physical Activity Scale for the Elderly

Tabla 16. Significación del ANOVA en la calidad de vida relacionada con la salud. Estudio ejercicio intradiálisis vs. domiciliario

Variable	Grupo	Media (SD)		Análisis de la varianza (Grupo- Tiempo), valor p	Efecto del tamaño	Análisis de la varianza (Tiempo), valor p	Efecto del tamaño
		PRE	POST				
SF36. Physical Functioning <i>Media (SD)</i>	ID	62.5 (25.5)	74.7 (23.0)	F=0.464, p=0.498	0.007	F=15.517, p=0.000	0.200
	HB	62.7 (26.3)	71.3 (17.6)				
SF36 Role Physical Functioning <i>Media (SD)</i>	ID	56.3 (47.5)	80.5 (38.5)	F=0.888, p=0.767	0.001	F=15.844, p=0.000	0.204
	HB	59.4 (46.1)	87.5 (28.4)				
SF36 Bodily Pain <i>Media (SD)</i>	ID	75.3 (28.6)	84.1 (25.2)	F=0.005, p=0.942	0.000	F=5.420, p=0.023	0.080
	HB	67.7 (30.5)	75.9 (25.9)				
SF36 General Health <i>Media (SD)</i>	ID	38.7 (19.3)	54.6 (21.8)	F=2.739, p=0.103	0.042	F=18,474, p=0.000	0.230
	HB	45.2 (21.3)	52.3 (20.2)				
SF36 Vitality <i>Media (SD)</i>	ID	53.9 (18.7)	57.2 (15.0)	F=1.287, p=0.261	0.020	F=5.869, p=0.018	0.086
	HB	52.8 (23.9)	61.9 (15.2)				
SF36 Social Functioning <i>Media (SD)</i>	ID	89.8 (21.9)	87.1 (25.1)	F=2.921, p=0.092	0.045	F=0.447, p=0.506	0.007
	HB	90.6 (17.4)	96.9 (11.9)				
SF36 Role Emotional <i>Media (SD)</i>	ID	61.5 (48.7)	85.4 (34.8)	F=0.455, p=0.503	0.007	F=26.079, p=0.000	0.296
	HB	61.5 (45.7)	92.7 (20.3)				
SF36 Mental Health <i>Media (SD)</i>	ID	63.9 (19.7)	68.1 (16.7)	F=0.277, p=0.601	0.004	F=5.356, p=0.024	0.080
	HB	67.1 (20.3)	73.9 (15.4)				
Physical Component Scale <i>Media (SD)</i>	ID	42.2 (10.8)	47.5 (7.8)	F=0.732, p=0.396	0.012	F=12.131, p=0.001	0.164
	HB	42.1 (10.0)	45.3 (7.0)				
Mental Component Scale <i>Media (SD)</i>	ID	45.8 (13.3)	47.9 (10.3)	F=2.140, p=0.149	0.033	F=8.806, p=0.004	0.124
	HB	46.7 (12.2)	52.8 (7.1)				

(HB) Home Based, Domiciliario; (ID) Intradiálisis; (min) valor mínimo; (max) valor máximo; (SF36) Short Form Survey 36; (SD) desviación estándar

Tabla 17. Características iniciales de los sujetos para las pruebas funcionales. Estudio ejercicio convencional vs. Realidad Virtual

Variables	Ejercicio Convencional		Ejercicio Realidad Virtual		Valor p
	Media (SD)	Mediana (Min-Max)	Media (SD)	Mediana (Min-Max)	
SPPB (puntos)	10.8 (1.5)	11.0 (8-12)	10.6 (3.0)	12.0 (4-12)	0.393
Equilibrio monopodal (segundos)	13.0 (13.9)	8.4 (2.4-45.0)	12.5 (14.8)	8.2 (1.0-45.0)	0.636
TUG (segundos)	8.1 (1.2)	7.8 (7.0-11.1)	9.8 (7.1)	7.2 (5.0-27.6)	0.297
STS-10 (segundos)	22.7 (7.1)	21.6 (13.5-34.0)	25.5 (17.3)	20.9 (11.0-68.0)	0.860
STS-60 (repeticiones)	21.8 (7.2)	22.0 (11.0-31.0)	23.9 (13.3)	20.0 (5.0-45.0)	0.825
Dinamometría agarre manual D (Kg)	26.4 (15.4)	20.0 (5.0-52.0)	28.9 (6.5)	29.0 (20.0-39.0)	0.507
Dinamometría agarre manual I (Kg)	23.0 (12.8)	21.0 (2.0-46.0)	24.7 (7.9)	24.0 (10.0-34.0)	0.627
OLHR D (repeticiones)	18.5 (7.1)	20.0 (10-25)	17.6 (9.4)	22.5 (1-25)	0.736
OLHR I (repeticiones)	17.4 (8.5)	19.5 (7-25)	16.3 (8.3)	19.0 (2-25)	0.666
6MWT (metros)	390.9 (90.5)	408.0 (180-481)	413.9 (127.9)	420.0 (217-612)	0.596

Los valores de las variables con distribución normal se expresan como media (desviación estándar). Los valores de las variables con distribución no normal se expresan como media (desviación estándar) y Mediana (mínimo-máximo). En caso de distribución normal se utilizó la prueba T para muestras independientes, y en caso de distribución no normal se utilizó la prueba U de Mann Whitney. (D) Derecha; (I) Izquierda; (OLHR) One Leg Heel Rise; (SPPB) Short Performance Physical Battery; (STS) Sit to stand to sit; (TUG) Timed Up and Go; (6MWT) 6 Minute Walk Test*.La diferencia de medias es significativa en el nivel .05.

4.5. Resultados experimentales ANOVA Mixto. Comparación programa de ejercicio de musculación y entrenamiento aeróbico frente a un programa de ejercicio realizado con Realidad Virtual (Estudio III)

Un total de 18 pacientes, 9 en cada grupo, participaron en este estudio. No hubo diferencias en cuanto a edad media (RV 68.3 (15.6) años; EC 61.8 (13.0) años) ni en cuanto a tiempo en hemodiálisis.

4.5.1. Pruebas Funcionales

4.5.1.1. *Short Physical Performance Battery (SPPB)*

Según los resultados obtenidos en el ANOVA mixto, en el SPPB no se encuentran diferencias significativas entre los grupos de ejercicio convencional (EC) y Realidad Virtual (RV) ($p=0.785$, $p>0.05$), independientemente del tiempo (*Tabla 18*).

Los resultados del SPPB (*Tabla 19*) no muestran una significación estadística en el efecto principal del factor tiempo ($p=0.085$) [media (desviación estándar), EC de 10.6 (1.5) a 11.3 (1.0) puntos; RV de 10.6 (3.0) a 10.8 (2.1) puntos] (*Figura 47*). No se observa una significación estadística en el efecto principal de la interacción de los factores grupo y tiempo ($p=0.395$) (*Tabla 19*).

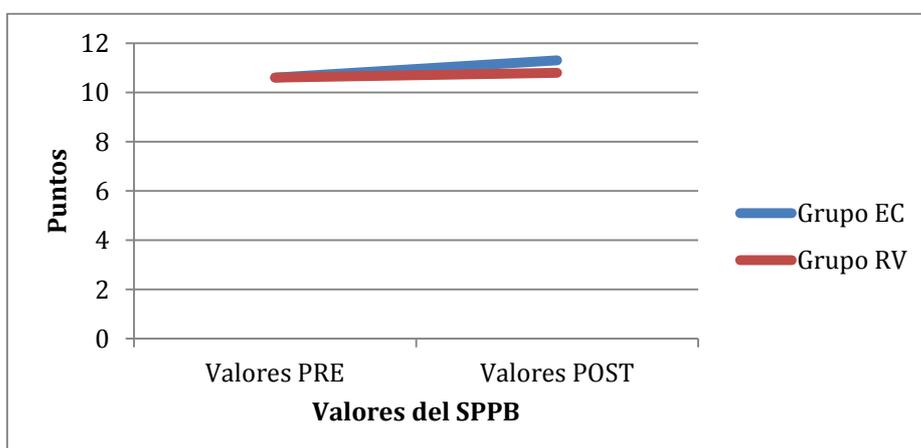


Figura 47. Resultados del SPPB en diferentes periodos. Ejercicio convencional vs. Realidad Virtual

4.5.1.2. One-Leg Standing Test (Equilibrio monopodal)

Según los resultados obtenidos en el ANOVA mixto en el *equilibrio monopodal* no se encuentran diferencias significativas entre los grupos de ejercicio convencional y Realidad Virtual ($p=0.880$, $p>0.05$), independientemente del tiempo (*Tabla 18*).

Los resultados del equilibrio monopodal (*Tabla 19*) muestran que el factor tiempo ($p=0.028$) tiene un efecto significativo sobre esta variable. El análisis de los resultados dentro de cada grupo no muestra una mejora significativa para esta variable en ninguno de los grupos [media (desviación estándar), EC de 13.7 (16.0) a 18.9 (15.4) segundos; RV de 14.2 (15.2) a 21.0 (17.6) segundos] (*Figura 48*). La interacción de los factores grupo y tiempo ($p=0.748$) no afecta significativamente al equilibrio monopodal (*Tabla 19*).

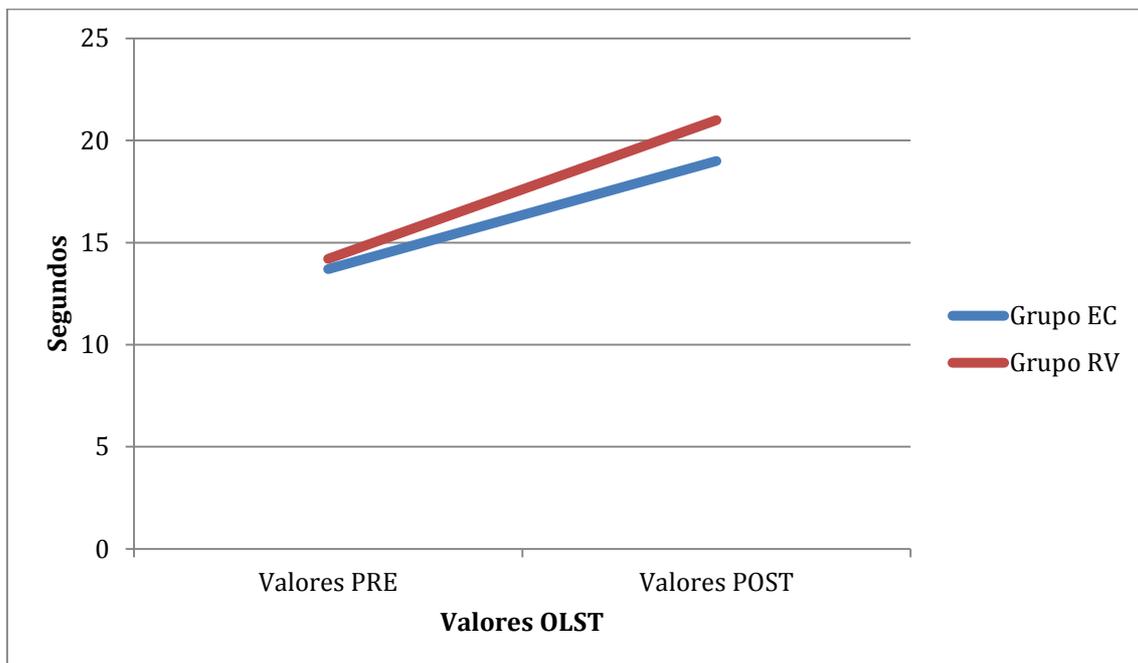


Figura 48. Resultados del equilibrio monopodal en diferentes periodos. Ejercicio convencional vs. Realidad Virtual

4.5.1.3. *Timed Up and Go* (TUG)

Según los resultados obtenidos en el ANOVA mixto en el *Timed Up and Go* no se encuentran diferencias significativas entre los grupos de ejercicio convencional y Realidad Virtual ($p=0.521$, $p>0.05$), independientemente del tiempo (*Tabla 18*).

Los resultados del *Timed Up and Go* (*Tabla 19*) muestran que el factor tiempo ($p=0.225$) no tiene un efecto significativo sobre esta variable [media (desviación estándar), EC de 8.2 (1.3) a 7.8 (2.0) segundos; RV de 9.8 (7.1) a 9.1 (5.1) segundos] (*Figura 49*). No se observa una significación estadística en el efecto principal de la interacción de los factores grupo y tiempo ($p=0.783$).

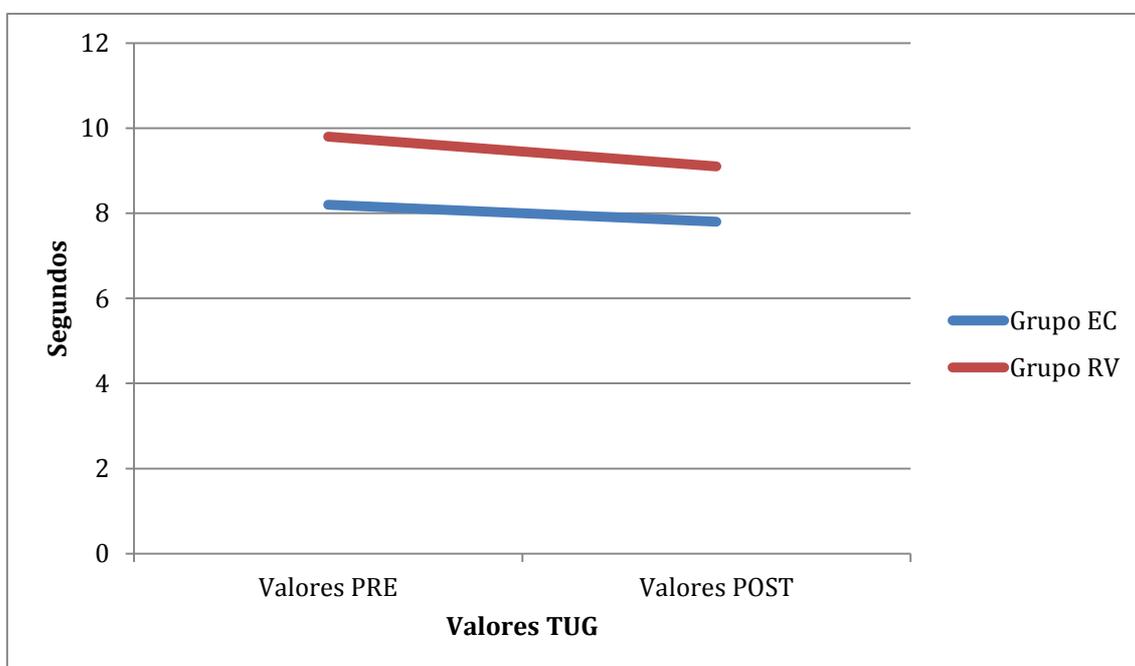


Figura 49. Resultados del TUG en diferentes periodos. Ejercicio convencional vs. Realidad Virtual

4.5.1.4. *Sit to stand to sit 10* (STS-10)

Según los resultados obtenidos en el ANOVA mixto en el *Sit to stand to sit 10* no se encuentran diferencias significativas entre los grupos de ejercicio convencional y Realidad Virtual ($p=0.650$, $p>0.05$), independientemente del tiempo (*Tabla 18*).

Los resultados del *Sit to stand to sit 10* (*Tabla 19*) muestran que el factor tiempo ($p=0.001$; tamaño del efecto 0.512) tiene un efecto significativo sobre esta variable. El análisis de los resultados dentro de cada grupo muestra una mejora significativa en el STS-10 tras la intervención en ambos grupos [media (desviación estándar), EC de 22.8 (7.6) a 19.5 (5.5) segundos; RV de 25.5 (17.4) a 22.8 (17.2) segundos] (*Figura 50*). No se observa una significación estadística en el efecto principal de la interacción de los factores grupo y tiempo ($p=0.692$).

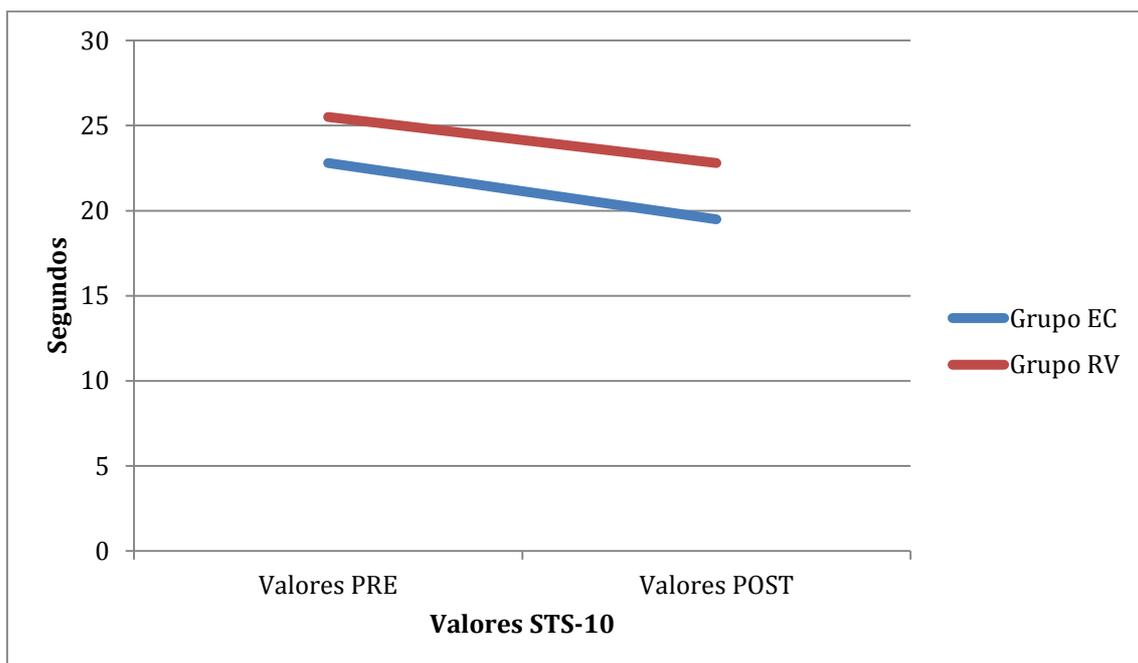


Figura 50. Resultados del STS-10 en diferentes periodos. Ejercicio convencional vs. Realidad Virtual

4.5.1.5. *Sit to stand to sit 60* (STS-60)

Según los resultados obtenidos en el ANOVA mixto en el *Sit to stand to sit 60* no se encuentran diferencias significativas entre los grupos de ejercicio convencional y Realidad Virtual ($p=0.872$, $p>0.05$), independientemente del tiempo (*Tabla 18*).

Los resultados del *Sit to stand to sit 60* (*Tabla 19*) muestran que el factor tiempo ($p=0.004$; tamaño del efecto 0.439) tiene un efecto significativo sobre esta variable. El análisis de los resultados dentro de cada grupo muestra una mejora significativa en el STS-60 tras la intervención en el grupo de ejercicio convencional [media (desviación estándar), EC de 22.0 (7.7) a 29.0 (10.2) repeticiones; RV de 23.9 (13.3) a 28.8 (11.8) repeticiones] (*Figura 51*). No se observa una significación estadística en el efecto principal de la interacción de los factores grupo y tiempo ($p=0.552$).

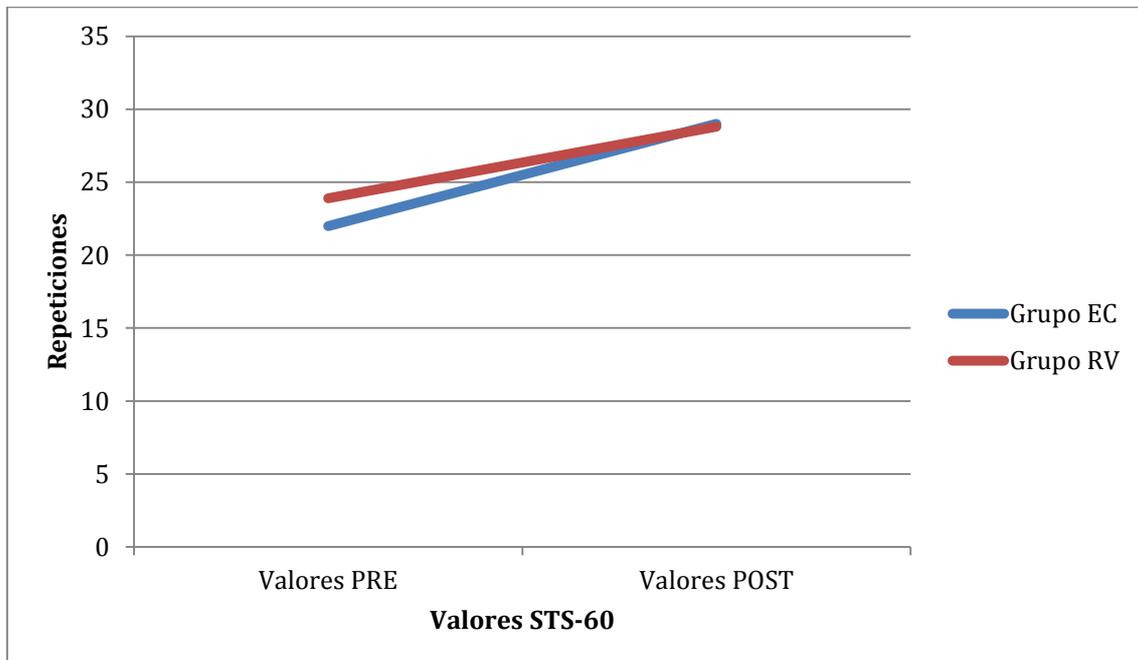


Figura 51. Resultados del STS-60 en diferentes periodos. Ejercicio convencional vs. Realidad Virtual

4.5.1.6. Dinamometría del agarre manual derecho

Según los resultados obtenidos en el ANOVA mixto en la dinamometría del agarre manual derecho no se encuentran diferencias significativas entre los grupos de ejercicio convencional y Realidad Virtual (0.960, $p > 0.05$), independientemente del tiempo (*Tabla 18*).

Los resultados de la dinamometría del agarre manual derecho (*Tabla 19*) muestran que el factor tiempo ($p = 0.914$) no tiene un efecto significativo sobre esta variable [media (desviación estándar), EC de 27.5 (16.1) a 28.5 (13.4) Kg; RV de 28.9 (6.5) a 27.7 (8.2) Kg] (*Figura 52*). No se observa una significación estadística en el efecto principal de la interacción de los factores grupo y tiempo ($p = 0.289$).

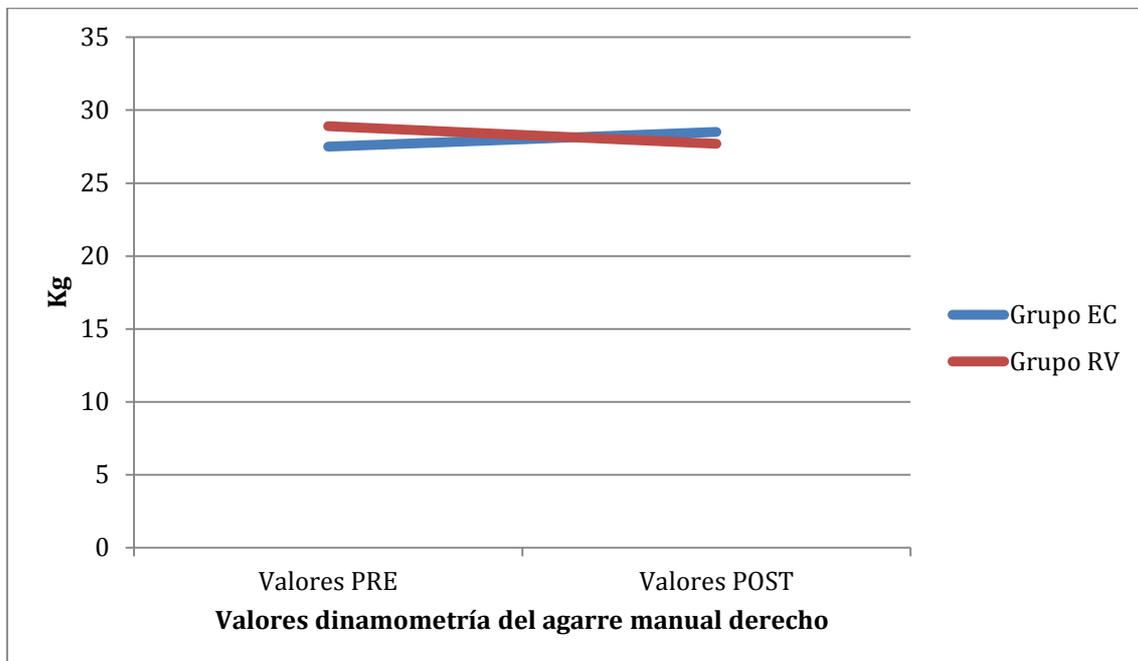


Figura 52. Resultados de la dinamometría del agarre de la mano derecha en diferente periodos. Ejercicio convencional vs. Realidad Virtual

4.5.1.7. Dinamometría del agarre manual izquierdo

Según los resultados obtenidos en el ANOVA mixto en la dinamometría del agarre manual izquierdo no se encuentran diferencias significativas entre los grupos de ejercicio convencional y Realidad Virtual ($p=0.933$, $p>0.05$) independientemente del tiempo (*Tabla 18*).

Los resultados de la dinamometría del agarre manual izquierdo (*Tabla 19*) muestran que el factor tiempo ($p=0.549$) no tiene un efecto significativo sobre esta variable [media (desviación estándar), EC de 23.6 (13.6) a 24.9 (10.8) repeticiones; RV de 24.7 (7.9) a 24.7 (8.3) repeticiones] (*Figura 53*). No se observa una significación estadística en el efecto principal de la interacción de los factores grupo y tiempo ($p=0.549$).

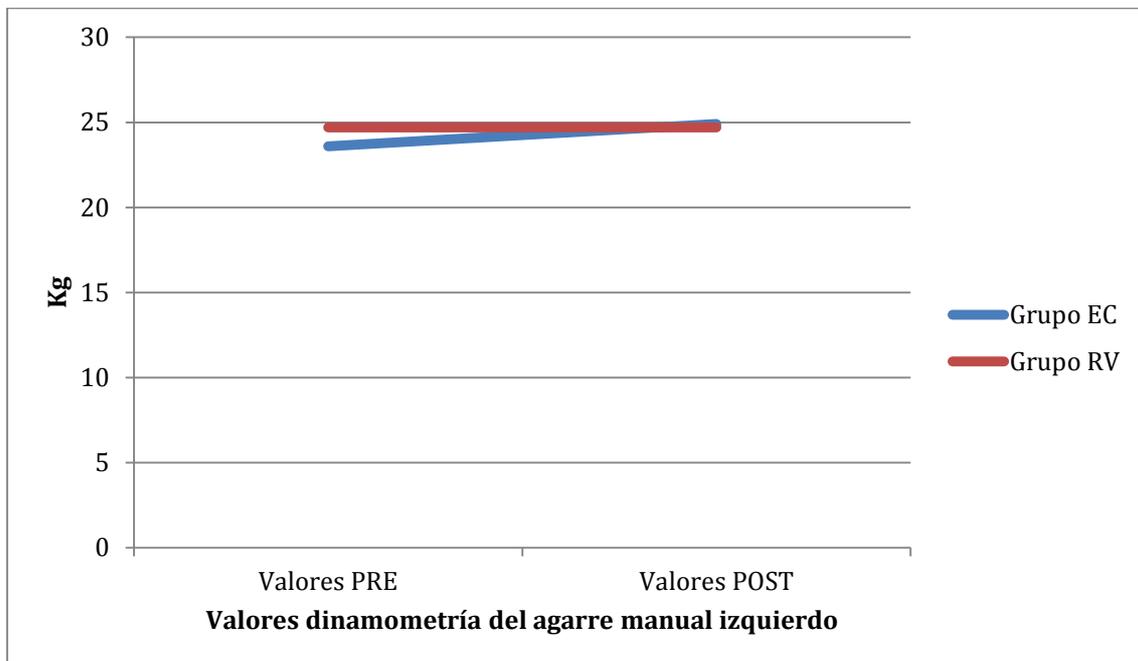


Figura 53. Resultados de la dinamometría del agarre manual izquierdo en diferentes periodos. Ejercicio convencional vs. Realidad Virtual

4.5.1.8. *One-Leg Heel-Rise* D (Fuerza del tríceps sural derecho)

Según los resultados obtenidos en el ANOVA mixto en el *One-Leg Heel-Rise* derecho, no se encuentran diferencias significativas entre los grupos de ejercicio convencional y Realidad Virtual ($p=0.910$, $p>0.05$) independientemente del tiempo (*Tabla 18*).

Los resultados de la fuerza del tríceps sural derecho (*Tabla 19*) muestran que el factor tiempo ($p=0.008$; tamaño del efecto 0.425) tiene un efecto significativo sobre esta variable. El análisis de los resultados dentro de cada grupo muestra una mejora significativa de esta variable tras la intervención solo en el grupo ejercicio convencional [media (desviación estándar), EC de 17.6 (7.1) a 22.6 (4.2) repeticiones; RV de 17.6 (9.4) a 21.8 (6.0) repeticiones] (*Figura 54*). No se observa una significación estadística en el efecto principal de la interacción de los factores grupo y tiempo ($p=0.771$).

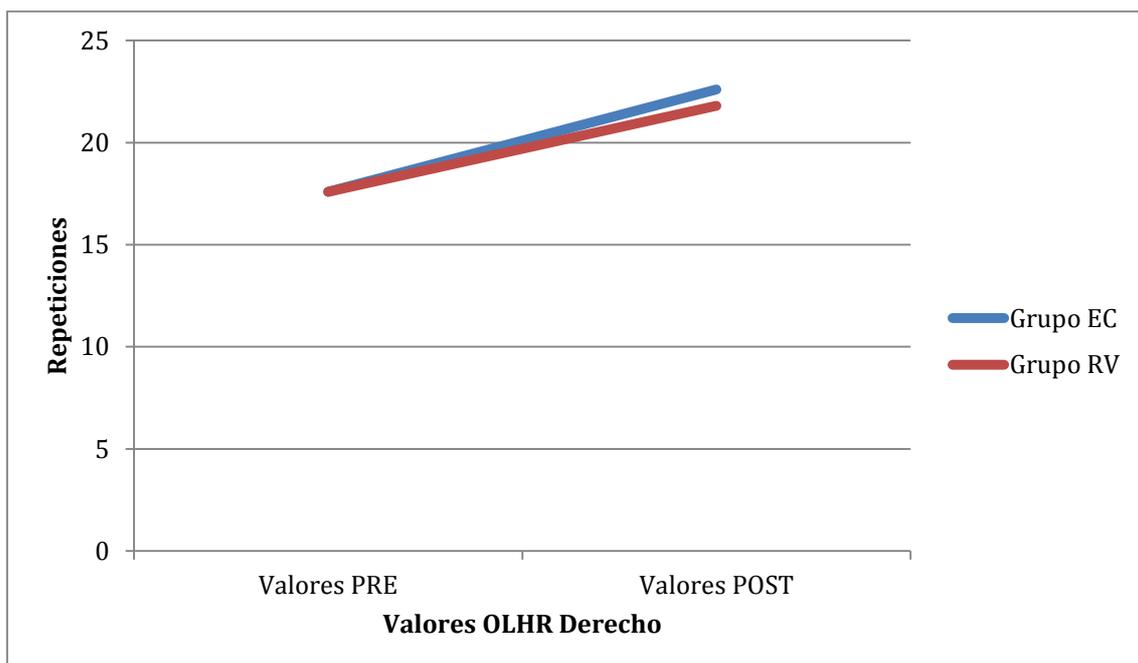


Figura 54. Resultados de la fuerza del tríceps sural derecho en diferentes periodos. Ejercicio convencional vs. Realidad Virtual

4.5.1.9. *One-Leg Heel-Rise* I (Fuerza del tríceps sural izquierdo)

Según los resultados obtenidos en el ANOVA mixto en el *One-Leg Heel-Rise* izquierdo, no se encuentran diferencias significativas entre los grupos de ejercicio convencional y Realidad Virtual ($p=0.979$, $p>0.05$) independientemente del tiempo (*Tabla 18*).

Los resultados de la fuerza del tríceps sural izquierdo (*Tabla 19*) muestran que el factor tiempo ($p=0.002$; tamaño del efecto 0.519) tiene un efecto significativo sobre esta variable. El análisis de los resultados dentro de cada grupo muestra una mejora significativa de esta variable tras la intervención en ambos grupos [media (desviación estándar), EC de 16.3 (8.5) a 22.1 (4.9) repeticiones; RV de 16.3 (8.3) a 22.0 (5.8) repeticiones] (*Figura 55*). No se observa una significación estadística en el efecto principal de la interacción de los factores grupo y tiempo ($p=0.973$).

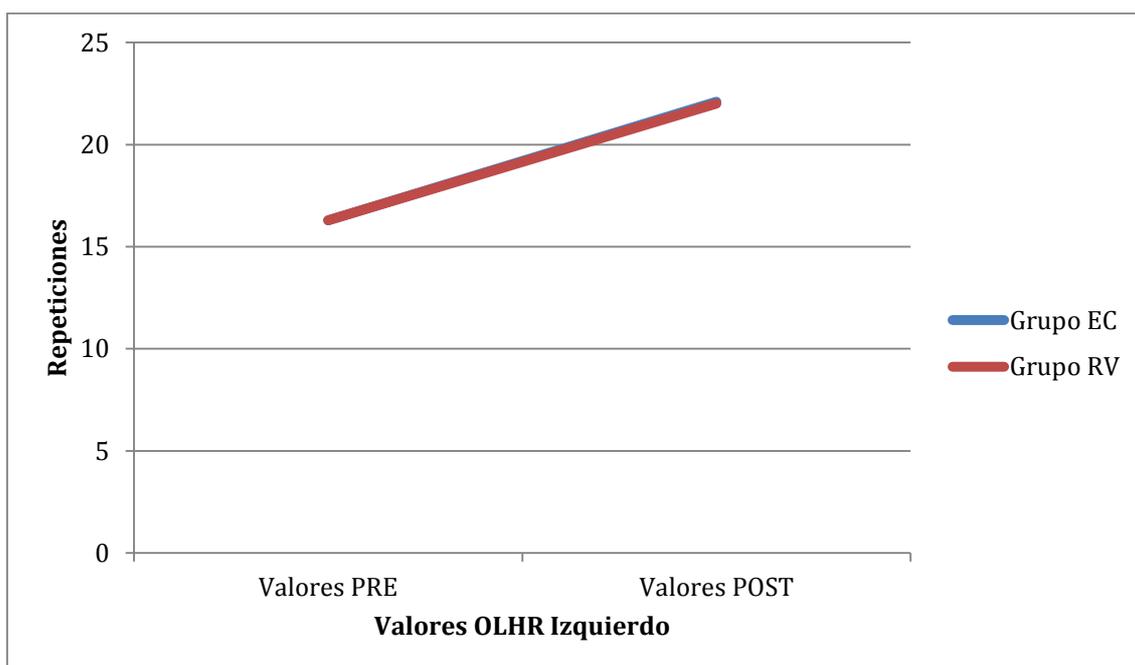


Figura 55. Resultados de la fuerza del tríceps sural izquierdo en diferentes periodos. Ejercicio convencional vs. Realidad Virtual

4.5.1.10. 6 Minute Walk Test (6MWT)

Según los resultados obtenidos en el ANOVA mixto en el *6 Minute Walk Test* no se encuentran diferencias significativas entre los grupos de ejercicio convencional y Realidad Virtual ($p=0.733$, $p>0.05$) independientemente del tiempo (*Tabla 18*).

Los resultados del *6 Minute Walk Test* (*Tabla 19*) muestran que el factor tiempo ($p=0.001$) tiene un efecto significativo sobre esta variable. El análisis de los resultados dentro de cada grupo muestra una mejora significativa en el 6MWT tras la intervención en ambos grupos [media (desviación estándar), EC de 395.6 (95.5) a 454.3 (42.3) metros; RV de 413.9 (127.9) a 454.6 (118.7) metros] (*Figura 56*). No se observa una significación estadística en el efecto principal de la interacción de los factores grupo y tiempo ($p=0.452$).

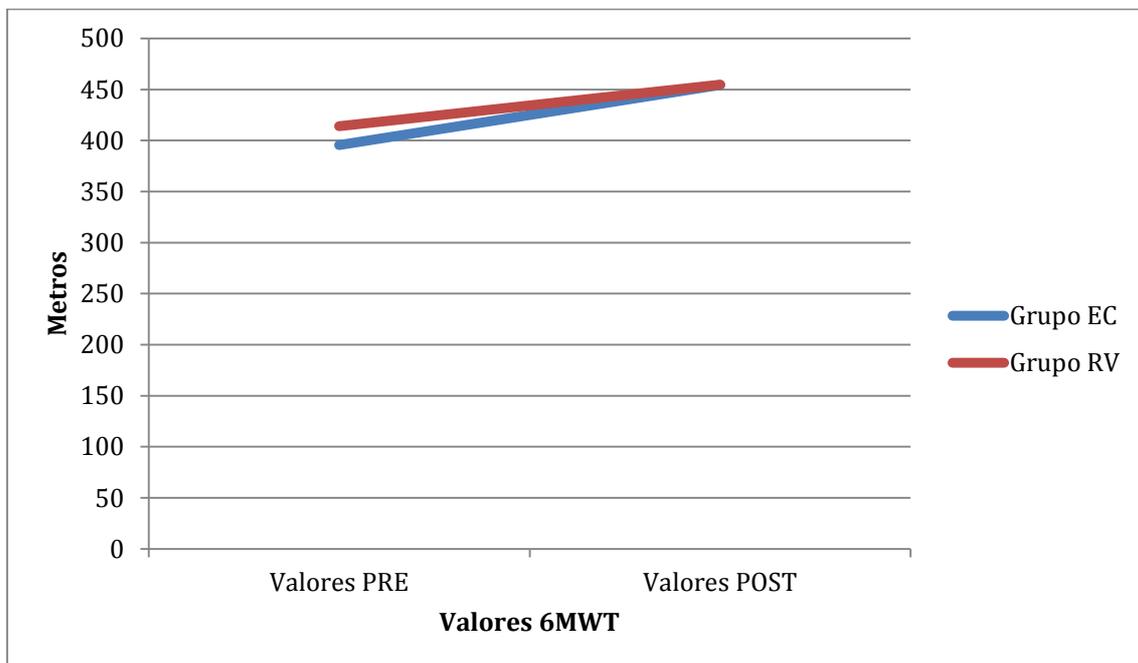


Figura 56. Resultados del 6MWT en diferentes periodos. Ejercicio convencional vs. Realidad Virtual

Tabla 18. Prueba de efectos inter-sujetos en las pruebas funcionales. Estudio ejercicio intradiálisis vs. Realidad Virtual

Variable	Grupo	F	Valor p	Tamaño del efecto
SPPB	Grupo	0.077	0.785	0.005
Equilibrio Monopodal	Grupo	0.024	0.880	0.002
TUG	Grupo	0.431	0.521	0.028
STS-10	Grupo	0.215	0.650	0.014
STS-60	Grupo	0.027	0.872	0.002
Dinamometría agarre manual D	Grupo	0.003	0.960	0.000
Dinamometría agarre manual I	Grupo	0.007	0.933	0.000
OLHR D	Grupo	0.013	0.910	0.001
OLHR I	Grupo	0.001	0.979	0.000
6MWT	Grupo	0.036	0.852	0.002

D) Derecha; (I) Izquierda; (OLHR) One Leg Heel Rise; (SPPB) Short Performance Physical Battery; (STS) Sit to stand to sit; (TUG) Timed Up and Go; (6MWT) 6 Minute Walk Test

Tabla 19. Significación del ANOVA en las pruebas funcionales. Estudio ejercicio convencional vs. Realidad Virtual

Variable	Grupo	Media (SD) PRE	POST	Análisis de la varianza (Grupo- Tiempo), valor p	Efecto del tamaño	Análisis de la varianza (Tiempo), valor p	Efecto del tamaño
SPPB (puntos)	EC	10.6 (1.5)	11.3 (1.0)	F=0.767, p=0.395	0.049	F=3.395, p=0.085	0.185
<i>Media (SD)</i>	RV	10.6 (3.0)	10.8 (2.1)				
Equilibrio Monopodal (segundos) <i>Media (SD)</i>	EC	13.7 (16.0)	18.9 (15.4)	F=0.109, p=0.748	0.010	F=6.398, p=0.028	0.368
	RV	14.2 (15.2)	21.0 (17.6)				
TUG (segundos) <i>Media (SD)</i>	EC	8.2 (1.3)	7.8 (2.0)	F=0.079, p=0.783	0.005	F=1.604, p=0.225	0.097
	RV	9.8 (7.1)	9.1 (5.1)				
STS-10 (segundos) <i>Media (SD)</i>	EC	22.8 (7.6)	19.5 (5.5)	F=0.163, p=0.692	0.011	F=15.731, p=0.001	0.512
	RV	25.5 (17.3)	22.8 (17.2)				
STS-60 (repeticiones) <i>Media (SD)</i>	EC	22.0 (7.7)	29.0 (10.2)	F=0.370, p=0.552	0.024	F=11.740, p=0.004	0.439
	RV	23.9 (13.3)	28.8 (11.8)				
Handgrip D (Kg) <i>Media (SD)</i>	EC	27.5 (16.1)	28.5 (13.4)	F=1.209, p=0.289	0.075	F=0.012, p=0.914	0.001
	RV	28.9 (6.5)	27.7 (8.2)				
Handgrip I (Kg) <i>Media (SD)</i>	EC	23.6 (13.6)	24.9 (10.8)	F=0.377, p=0.549	0.024	F=0.377, p=0.549	0.024
	RV	24.7 (7.9)	24.7 (8.3)				
OLHR D (repeticiones) <i>Media (SD)</i>	EC	17.6 (7.1)	22.6 (4.2)	F=0.088, p=0.771	0.007	F=9.602, p=0.008	0.425
	RV	17.6 (9.4)	21.8 (6.0)				
OLHR I (repeticiones) <i>Media (SD)</i>	EC	16.3 (8.5)	22.1 (4.9)	F=0.001, p=0.973	0.000	F=14.021, p=0.002	0.519
	RV	16.3 (8.4)	22.0 (5.8)				
6MWT (metros) <i>Media (SD)</i>	EC	395.6 (95.5)	454.3 (42.3)	F=0.596, p=0.452	0.038	F=18.214, p=0.001	0.548
	RV	413.9 (127.9)	454.6 (118.7)				

(D) Derecha; (EC) Ejercicio Convencional; (I) Izquierda; (OLHR) One Leg Heel Rise; (OLST) One-Leg Standing Test; (SPPB) Short Performance Physical Battery; (RV) Realidad Virtual; (STS) Sit to stand to sit; (TUG) Timed Up and Go; (6MWT) 6 Minute Walk Test

4.6. Adherencia a los programas de ejercicio

4.6.1 Adherencia a los programas de ejercicio intradiálisis y domiciliario

Acorde al porcentaje de sesiones de ejercicio que los sujetos pudieron completar sobre el total de sesiones ofertadas, se les clasificó en una de tres categorías para determinar su adherencia: Se consideraba una adherencia baja si el pacientes completaba de un 0-33% de las sesiones de ejercicio, adherencia media si completaba de 34-66% de las sesiones, y adherencia alta si completaba mas de 67% de las sesiones. En los siguientes gráficos (*Figura 57*) se describe la adherencia tanto del programa de ejercicio intradiálisis como del programa de ejercicio domiciliario. Sólo un 25% de los sujetos obtuvo una adherencia baja al ejercicio en el programa intradiálisis en comparación con un 49% en el programa domiciliario. Sin embargo, esto contrasta con un 42% de los participantes que obtuvo adherencia alta en el programa domiciliario frente a sólo un 25% en el programa intradiálisis.

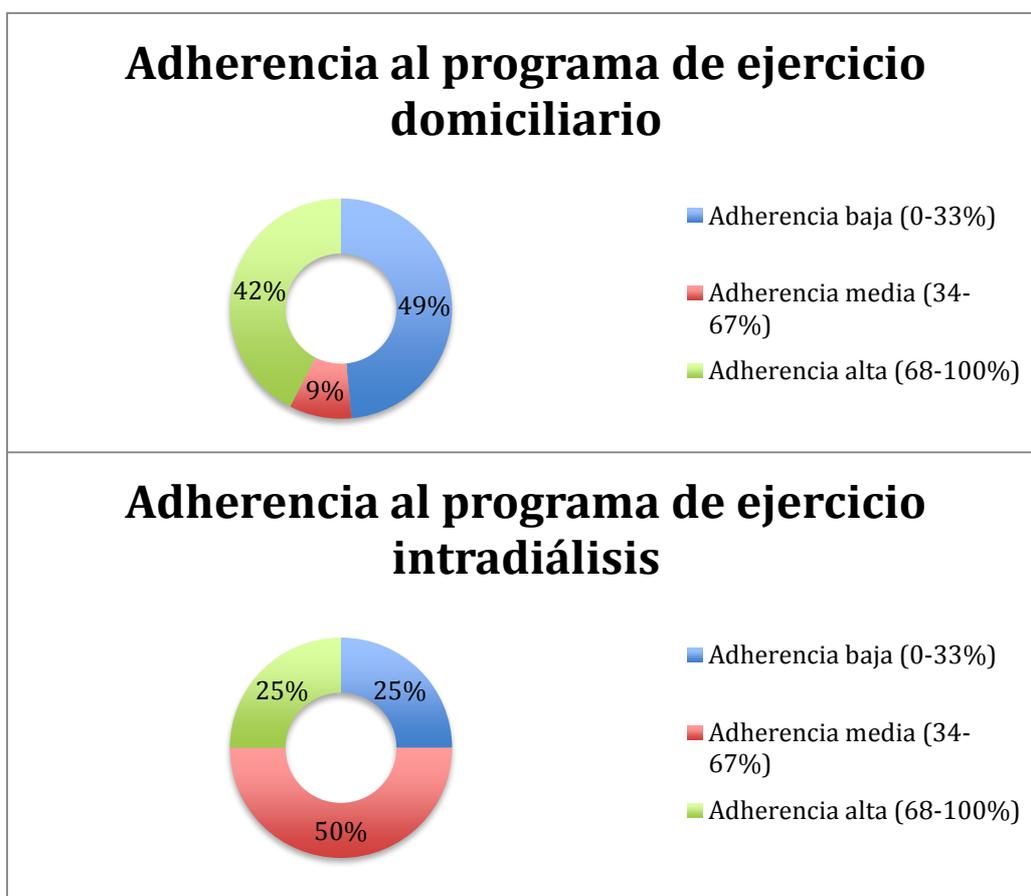


Figura 57. Representación gráfica de la adherencia. Ejercicio intradiálisis vs. ejercicio domiciliario

4.6.2 Adherencia a los programas de ejercicio convencional y Realidad Virtual

Acorde al porcentaje de sesiones de ejercicio que los sujetos pudieron completar sobre el total de sesiones ofertadas, se les clasificó en una de tres categorías para determinar su adherencia: Se consideraba una adherencia baja si el pacientes completaba de un 0-33% de las sesiones de ejercicio, adherencia media si completaba de 34-66% de las sesiones, y adherencia alta si completaba mas de 67% de las sesiones. En los siguientes gráficos (*Figura 58*) se describe la adherencia tanto del programa de ejercicio convencional como del programa de Realidad Virtual. En este estudio puede observarse una adherencia media-alta en todos los sujetos, no hubo adherencia baja en ninguno de los grupos de intervención. Hubo más sujetos con adherencia alta en el programa de Realidad Virtual, 78%, frente a un 75% en el programa de ejercicio convencional.

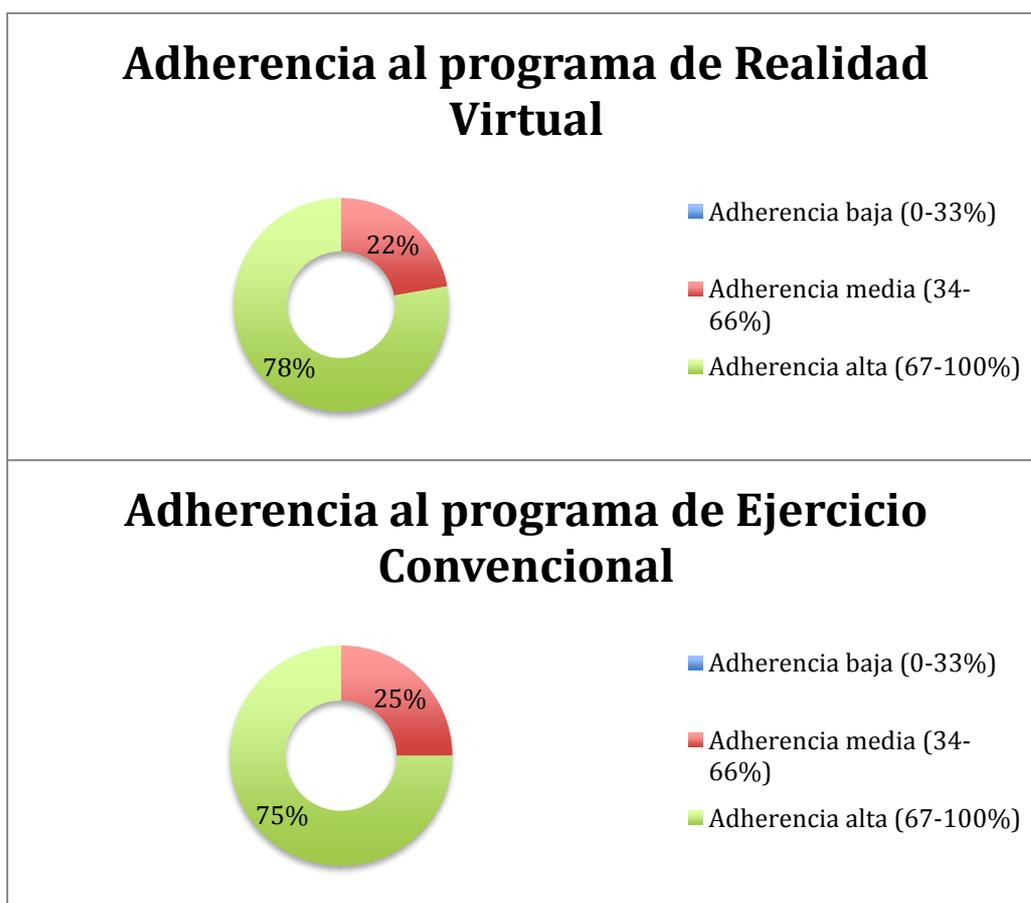


Figura 58. Representación gráfica de la adherencia. Ejercicio convencional vs. Realidad Virtual

Capítulo 5. Discusión

5.1. Introducción

Los objetivos de esta tesis incluyen analizar la fiabilidad de la medición de la fuerza muscular mediante el uso de un dinamómetro *handheld* en pacientes en hemodiálisis; la comparación de los efectos de un programa de ejercicio físico implementado intradiálisis por el personal de la Unidad frente a otro domiciliario supervisado por fisioterapeutas del centro asistencial; y la comparación de los efectos de un programa de ejercicio físico convencional frente a otro mediante el uso de la Realidad Virtual.

En este capítulo se analizan los resultados obtenidos en cada uno de los 3 estudios que se han realizado (*Tablas 20 a 22*), comparándolos con los resultados obtenidos en la literatura ya existente de cada uno de los estudios.

Tabla 20. Síntesis de resultados obtenidos en la tesis. Estudio I

Objetivo	Resultado
<p>¿Es fiable (ICC) la medición de la fuerza muscular mediante el uso de un dinamómetro <i>handheld</i> en pacientes en hemodiálisis?</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Cuádriceps D ICC=0.81 (CI 95% 0.69-0.89) • Cuádriceps I ICC=0.84 (CI 95% 0.69-0.91) • Tríceps Sural D ICC=0.76 (CI 95% 0.60-0.86) • Tríceps Sural I ICC=0.38 (CI 95% 0.11-0.59) • Flexores Cadera D ICC=0.82 (CI 95% 0.69-0.90) • Flexores Cadera I ICC=0.80 (CI 95% 0.67-0.89) • ABD Cadera D ICC=0.70 (CI 95% 0.52-0.82) • ABD Cadera I ICC=0.76 (CI 95% 0.61-0.86) • Isquiotibiales D ICC=0.91 (CI 95% 0.81-0.95) • Isquiotibiales I ICC=0.82 (CI 95% 0.59-0.90) • ADD Cadera D ICC=0.82 (CI 95% 0.70-0.89) • ADD Cadera I ICC=0.79 (CI 95% 0.66-0.88)
<p>¿Cuál es el cambio mínimo clínicamente relevante (MDC) en la medición de la fuerza muscular con un dinamómetro <i>handheld</i> en pacientes en hemodiálisis?</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Cuádriceps D MDC=33.6 N (25.6-43.6) • Cuádriceps I MDC=27.9 N (20.5-38.0) • Tríceps Sural D MDC=31.6 N (24.3-40.3) • Tríceps Sural I MDC=48.7 N (39.4-58.1) • Flexores Cadera D MDC=29.3 N (22.2-38.2) • Flexores Cadera I MDC=30.4 N (23.1-39.3) • ABD Cadera D MDC=20.6 N (15.9-26.0) • ABD Cadera I MDC=28.7 N (22.1-36.79) • Isquiotibiales D MDC=17.9 N (13.0-23.3) • Isquiotibiales I MDC=23.6 N (16.6-35.0) • ADD Cadera D MDC=23.2 N (17.7-29.9) • ADD Cadera I MDC=23.6 N (18.0-30.3)

(ABD) Abductores; (ADD) Aductores; (CI) Intervalo de Confianza; (D) Derecho; (I) Izquierdo; (ICC) Índice de Correlación Interclase; (MDC) Cambio Clínicamente Relevante; (N) Newtons.

Tabla 21. Síntesis de resultados obtenidos en la tesis. Estudio II

Objetivo	Resultado
¿Existe mejoría en las pruebas funcionales tras 16 semanas de ejercicio intradiálisis o domiciliario en pacientes en hemodiálisis?	<ul style="list-style-type: none"> • SPPB: Mejora factor tiempo ($p < 0.001$), mejoran ambos grupos, grupo-tiempo NS • Equilibrio monopodal: Factor tiempo NS, grupo-tiempo NS • TUG: Factor tiempo NS, grupo-tiempo NS • STS-10: Mejora en factor tiempo ($p = 0.007$), mejora grupo ID, grupo-tiempo NS • STS-60: Factor tiempo NS, grupo-tiempo NS • Dinamometría fuerza agarre manual D: Factor tiempo NS, grupo-tiempo NS • Dinamometría fuerza agarre manual I: Factor tiempo NS, grupo-tiempo NS • OLHR D: Mejora factor tiempo ($p = 0.023$), mejora grupo ID, grupo-tiempo NS • OLHR I: Mejora factor tiempo ($p = 0.036$), mejora grupo HB, grupo-tiempo NS • 6MWT: Mejora factor tiempo ($p = 0.006$), mejora grupo ID, grupo-tiempo NS
¿Existe mejoría en el nivel de actividad física tras 16 semanas de ejercicio intradiálisis o domiciliario en pacientes en hemodiálisis?	<ul style="list-style-type: none"> • PASE: Factor tiempo NS, grupo-tiempo NS • HAP AAS: Mejora factor tiempo ($p = 0.001$), mejoran ambos grupos, grupo-tiempo NS
¿Existe mejoría en la calidad de vida relacionada con la salud tras 16 semanas de ejercicio intradiálisis o domiciliario en pacientes en hemodiálisis?	<ul style="list-style-type: none"> • Physical Function: Mejora factor tiempo ($p = 0.000$), mejoran ambos grupos, grupo-tiempo NS • Role Physical: Mejora factor tiempo ($p = 0.000$), mejoran ambos grupos, grupo-tiempo NS • Bodily Pain: Mejora factor tiempo ($p = 0.023$), grupo-tiempo NS • General Health: Mejora factor tiempo ($p = 0.000$), mejora grupos ID, grupo-tiempo NS • Vitality: Mejora factor tiempo ($p = 0.018$), mejora grupo HB, grupo-tiempo NS • Social Function: Factor tiempo NS, grupo-tiempo NS • Role Emotional: Mejora factor tiempo ($p = 0.000$), mejoran ambos grupos, grupo-tiempo NS • Mental Health: Mejora factor tiempo ($p = 0.024$), mejora grupo HB, grupo-tiempo NS • Physical Component Scale: Mejora factor tiempo ($p = 0.001$), mejora grupo ID, grupo-tiempo NS • Mental Component Scale: Mejora factor tiempo ($p = 0.004$), mejora grupo HB, grupo-tiempo NS
¿En qué grupo de intervención se observó una mayor adherencia para el ejercicio?	<ul style="list-style-type: none"> • ID= 75% (Adherencia baja 49%; Adherencia media 9%; Adherencia alta 42%) • HB= 51% (Adherencia baja 25%; Adherencia media 50%; Adherencia alta 25%)

(D) Derecha; (HB) Home Based, Domiciliario; (I) Izquierda; (ID) Intradiálisis; (HAP AAS) Human Activity Profile Adjusted Activity Score; (NS) No Significativa; (OLHR) One-Leg Heel-Rise; (PASE) Physical Activity Score for the Elderly; (SPPB) Short Physical Performance Battery; (STS) Sit to stand to sit; (TUG) Timed Up and Go; (6MWT) 6 Minute Walk Test

Tabla 22. Síntesis de resultados obtenidos en la tesis. Estudio III

Objetivo	Resultado
¿Existe mejoría en las pruebas funcionales tras 16 semanas de entrenamiento con ejercicio intradiálisis convencional o Realidad Virtual en pacientes en hemodiálisis?	<ul style="list-style-type: none"> • SPPB: Factor tiempo NS, grupo-tiempo NS • Equilibrio monopodal: Mejora factor tiempo ($p=0.028$), grupo-tiempo NS • TUG: Factor tiempo NS, grupo-tiempo NS • STS-10: Mejora factor tiempo ($p=0.001$), mejoran ambos grupos, grupo-tiempo NS • STS-60: Mejora factor tiempo ($p=0.004$), mejora grupo EC, grupo-tiempo NS • Dinamometría fuerza agarre manual D: Factor tiempo NS, grupo-tiempo NS • Dinamometría fuerza agarre manual I: Factor tiempo NS, grupo-tiempo NS • OLHR D: Mejora factor tiempo ($p=0.008$), mejora grupo EC, grupo-tiempo NS • OLHR I: Mejora factor tiempo ($p=0.002$), mejoran ambos grupos, grupo-tiempo NS • 6MWT: Mejora factor tiempo ($p=0.001$), mejoran ambos grupos, grupo-tiempo NS
¿En qué grupo de intervención se observó una mayor adherencia para el ejercicio?	<ul style="list-style-type: none"> • RV= 81% (Adherencia baja 0%; Adherencia media 78%; Adherencia alta 22%) • EC= 79% (Adherencia baja 0%; Adherencia media 75%; Adherencia alta 25%)

(D) Derecha; (EC) Ejercicio Convencional; (I) Izquierda; (ID) Intradiálisis; (NS) No Significativa; (OLHR) One-Leg Heel-Rise; (RV) Realidad Virtual; (SPPB) Short Physical Performance Battery; (STS) Sit to stand to sit; (TUG) Timed Up and Go; (6MWT) 6 Minute Walk Test

5.2. Fiabilidad medición muscular con dinamómetro handheld (Estudio I)

En nuestro estudio se evaluó la fiabilidad relativa, mediante el ICC, de los principales grupos musculares del miembro inferior. La mayoría de las evaluaciones mostraron una fiabilidad alta (>0.8) (Portney & Watkins. 2000), por lo que podemos considerar el uso de un dinamómetro *handheld* como un buen instrumento para evaluar la fuerza muscular en pacientes en HD. Sólo una de la evaluaciones estaba por encima de 0.90 (ICC Isquiotibiales derechos= 0.91), seis de ellas obtuvieron resultados igual o por encima de 0.80 (ICC Cuádriceps derecho= 0.81, ICC Cuádriceps izquierdo= 0.84, ICC Flexores de Cadera derechos=0.82, ICC Flexores de Cadera izquierdos= 0.80, ICC Isquiotibiales izquierdos= 0.82 e ICC Aductores de Cadera derechos= 0.82), cuatro de ellas igual o por encima de 0.70 (ICC Tríceps Sural derecho=0.76, ICC Abductores de Cadera derechos=0.70, ICC Abductores de Cadera Izquierdos=0.76 e ICC Aductores de Cadera izquierdos=0.79), y solamente una de ellas mostró una fiabilidad baja (ICC Tríceps Sural izquierdo=0.38).

Nuestro estudio es el primero que analiza la fiabilidad de la dinamometría medida mediante el dinamómetro *handheld* en sujetos en tratamiento de hemodiálisis, en la posición de tratamiento de HD para un gran número de músculos de miembros inferiores. Existen otros estudios donde se evalúa la fiabilidad de este instrumento en otras poblaciones especiales, como en sujetos con patologías hematológicas (ICC=0.94) (Knols et al. 2009), sujetos con osteoartritis de rodilla (ICC=0.79-0.95) (Fransen et a. 2003), o sujetos en espera de recibir una artroplastia total de rodilla (ICC=0.76-0.97) (Koblbauer et al. 2011).

Hay varios estudios sobre fiabilidad de esta medida en sujetos con edad avanzada (Arnold et al. 2010). Uno de ellos analizó la fiabilidad test-retest e inter-evaluadores en sujetos con edad comprendida entre 60 y 90 años y encontró que más de un 60% de los valores de ICC eran superiores a 0.8, y casi todos eran superiores a 0.7 (Bandinelli et al. 1999). Los datos de nuestro estudio muestran valores similares, ya que todos los valores de ICC (a excepción del tríceps sural izquierdo) estaban por encima de 0.7 y un 58% de los valores estaban por encima de 0.8. Estas similitudes pueden deberse a que gran parte de nuestra muestra eran también sujetos de edad avanzada. En la mayoría de estudios se ha evaluado la fuerza de la musculatura extensora de rodilla, en sujetos de edad avanzada (Bohannon. 2012) y en sujetos que se encuentran en rehabilitación tras fractura de cadera (Roy et al. 2004)

En referencia a la fiabilidad en la medición de la fuerza muscular en sujetos con enfermedad renal crónica en hemodiálisis, se han publicado trabajos donde se utiliza este mismo dinamómetro (Chen et al. 2010) u otros métodos de valoración de la fuerza, como el *Response Seated Leg Curl Thigh Extension System* (ICC=0.95) (de Paul et al. 2002), un dinamómetro isométrico digital (Cheema et al. 2007), un sistema dinamométrico PC-2 SDT (EXAMO, Recens, Brno, República Checa (Dobsak et al. 2011) o equipamiento específico para la medición de la condición física (Helmas III, O₂Run, Seúl, Corea) (Song et al. 2012).

Chen et al. (Chen et al. 2010) utilizaron el *Nicholas Manual Muscle Tester* de Lafayette®, el mismo método que en esta investigación para una intervención con entrenamiento de la fuerza en un estudio controlado aleatorizado, con el objetivo de valorar el efecto del ejercicio sobre la fuerza muscular de los extensores de rodilla. Este instrumento ya había demostrado tener un buen nivel de correlación con la fuerza isocinética de los extensores de rodilla en la población general y ser fiable (ICC=0.90-0.91) (Roy et al. 2004) (ICC>0.70) (Mentiplay et al. 2015). Estos resultados de fiabilidad son similares a los de nuestra investigación, donde encontramos una fiabilidad alta (ICC=0.81 derecho y 0.84 izquierdo).

En un estudio previo se evaluó la fiabilidad de la valoración de la fuerza de cuádriceps e isquiotibiales mediante el *Response Seated Leg Curl Thigh Extension System*, una máquina de medida de fuerza en la que el paciente se sitúa en sedestación y realiza una contracción concéntrica de la musculatura contra una resistencia (de Paul et al. 2002), encontrando un ICC de 0.96, superior a nuestros resultados (cuádriceps derecho e izquierdo, 0.81 y 0.84 respectivamente; isquiotibiales derecho e izquierdo, 0.91 y 0.82 respectivamente). Además de en el instrumento de valoración existen otras diferencias entre estos estudios. En de Paul et al (de Paul et al. 2002) se evaluó la fiabilidad test-retest las mediciones fueron realizadas por 2 evaluadores, y con 1 semana de diferencia entre medidas. Esto contrasta con nuestra investigación, donde se realizaron mediciones en la mayoría de grupos musculares de miembros inferiores, separadas por una semana y las mediciones fueron realizadas por 1 sólo evaluador (fiabilidad intraobservador). La valoración de la fuerza en nuestro estudio se hizo mientras el paciente estaba realizando la sesión de hemodiálisis, frente a De Paul que la realizó antes o después, según la conveniencia del sujeto, de entrar a la sesión de HD (de Paul et al. 2002).

El dinamómetro *handheld* presenta varias ventajas respecto a otros instrumentos de evaluación de la fuerza muscular, ya que su coste económico es relativamente bajo y permite la valoración durante la sesión de hemodiálisis, evitando que los sujetos tengan que desplazarse a instalaciones específicas en días de no diálisis. Otros estudios han realizado esta evaluación con aparatajes de mayor coste económico (Cheema et al. 2007) (Dobsak et al. 2011) (Song et al. 2012) o con la necesidad de hacer desplazarse al sujeto a instalaciones específicas para ser evaluado (de Paul et al. 2002) (Song et al. 2012). Futuros estudios deberán clarificar el impacto de que la valoración de la fuerza se realice durante el tratamiento de hemodiálisis.

En cuanto al cambio clínicamente relevante (MDC), existen estudios previos que lo evalúan para la medición de la fuerza de varios grupos musculares con el uso de un dinamómetro *handheld*, aunque en sujetos sanos ([Mentiplay et al. 2015](#)), no en sujetos en HD, por lo que la comparación con nuestros resultados debe hacerse con cautela. A pesar de esto, nuestros resultados (MDC de entre 17.9 N en isquiotibiales derechos y 48.7 N en tríceps sural izquierdo) fueron similares a los del estudio de Mentiplay et al (MDC en isquiotibiales entre 19.2 y 22.4 N y en tríceps sural entre 7.7 y 23.6 N), probablemente debido a que los sujetos de nuestro estudio presentaban baja comorbilidad, y por lo tanto eran en cierto modo comparables a los sanos, y, como en el caso de Mentiplay et al, también pudimos observar una alta variabilidad en los en las medidas de fuerza del tríceps sural..

La mayor limitación del estudio es que se ha realizado la medición durante el tratamiento de hemodiálisis, por lo que los valores absolutos obtenidos pueden no reflejar por completo la fuerza que el músculo es capaz de generar. Futuros estudios deberían investigar si la fiabilidad de este instrumento de fácil uso sigue siendo alta cuando la valoración se produce antes de la conexión a la máquina de hemodiálisis. Además, no existe un protocolo de evaluación de la fuerza muscular estandarizado y adaptado a sujetos en HD, ya que la mayoría de los protocolos de la evaluación de la fuerza ([Bandinelli et al. 1999](#)) no pueden aplicarse a un sujeto en HD que se encuentra conectado a un dializador, y que no puede colocarse en decúbito lateral o prono para realizar algunas de las evaluaciones.

El dinamómetro *handheld* es un instrumento fiable para la medición de la fuerza muscular de la mayoría de los grupos musculares de los miembros inferiores del sujeto que está en tratamiento de hemodiálisis.

5.3. Comparación de los efectos de un programa de ejercicio intradiálisis frente a otro domiciliario (Estudio II)

Este es el primer estudio que compara un programa de ejercicio intradiálisis implementado por el personal de enfermería de la unidad de hemodiálisis vs ejercicio domiciliario, con el apoyo de fisioterapeutas del centro sanitario.

Nuestro estudio demuestra que tanto un programa de ejercicio intradiálisis implementado por el personal de enfermería de la propia unidad, como un programa de ejercicio domiciliario, obtienen mejoras en pruebas funcionales (factor tiempo significativo para SPPB, STS 10, OLHR, 6MWT), nivel de actividad física (HAP AAS) y calidad de vida relacionada con la salud (todas las subescalas y componentes salvo la función social). Un análisis más detallado de los resultados dentro de cada grupo de estudio muestra que el grupo de ejercicio intradiálisis es el que mayores mejoras funcionales consigue (SPPB, STS 10, OLHR, 6MWT), mientras que ambos grupos consiguen incrementar de forma significativa el nivel de actividad física. Respecto a la calidad de vida relacionada con la salud, el ejercicio domiciliario parece que tenga un especial beneficio en aspectos psicológicos de esta variable (vitalidad, rol emocional, salud mental, componente mental). La adherencia al programa intradiálisis es mayor que la del programa domiciliario.

La interacción de los factores grupo y tiempo no tuvo ningún efecto significativo en ninguna de las variables del estudio, por lo que podemos decir que cualquiera de los dos programas de ejercicio físico propuestos en esta investigación resultó efectivo para conseguir una mejora en pacientes en HD.

Numerosos estudios previos han estudiado los efectos beneficiosos de la implementación de programas de ejercicio físico para mejorar la capacidad funcional y la calidad de vida relacionada con la salud en esta cohorte (Heiwe & Jacobson.2014) (Segura-Ortí. 2010) (Cheema et al. 2005). La gran mayoría de estos estudios utilizan el entrenamiento aeróbico como base del ejercicio físico, aunque también se ha podido observar en otros los resultados del entrenamiento de fuerza (Storer et al. 2005) (Oh-Park et al. 2002) (Cheema et al. 2005) (Segura-Ortí et al. 2008). En nuestro estudio ambos programas combinaban tanto ejercicio de fuerza como ejercicio aeróbico.

A pesar de los beneficios del ejercicio físico ya demostrados en estos sujetos, y las recomendaciones de instituciones como la *National Kidney Foundation* a través de sus *KDOQI Guidelines* (National Kidney Foundation. 2002), no se contempla normalmente al ejercicio físico como parte del tratamiento de sujetos con enfermedad renal crónica en tratamiento sustitutivo mediante hemodiálisis.

Esto puede deberse, entre otras muchas barreras y limitaciones para su implementación (Delgado et al. 2012), al factor económico, y ya se están empezando a desarrollar estudios con estrategias para combatirlo, como la implementación de programas de ejercicio domiciliario (Heiwe & Jacobson. 2011) o la implementación de programas de ejercicio físico intradiálisis por el propio personal de la Unidad (Tao et al. 2014).

5.3.1. Pruebas Funcionales

Las evaluaciones precisas de la capacidad funcional son vitales para entender el deterioro físico que demuestran los pacientes en tratamiento de HD (Heiwe & Jacobson.2011) (Heiwe & Jacobson. 2014) (Painter et al. 2005) (Johansen et al. 2007) (Johansen et al. 2013) (Segura-Ortí et al. 2010). Con un mejor entendimiento del deterioro físico pueden desarrollarse mejores estrategias para su tratamiento, y por lo tanto puede mejorarse la capacidad funcional y evitar la dependencia de estos pacientes.

5.3.1.1 *Short Physical Performance Battery Test (SPPB)*

El SPPB consta de una batería de pruebas para la función de los miembros inferiores similares a actividades de la vida diaria, y se ha evidenciado su utilidad como predictor de caídas, institucionalización y mortalidad en la población de edad avanzada. A mayores limitaciones físicas, peores resultados del SPPB, y valores por debajo de 7 en los resultados de esta prueba podrían predecir discapacidad ([Guralnik et al. 1994](#)).

En nuestro estudio se observa una mejora significativa ($p < 0.001$) del SPPB en el factor tiempo para ambos grupos de intervención, independientemente del tipo de ejercicio que realizasen. Aunque el grupo ID mejoró en 0.8 (IC 95% 0.3 a 1.4) puntos y el grupo domiciliario en 0.7 (IC 95% 0.1 a 1.3) puntos, no se alcanza la mejora clínicamente relevante de 1.7 puntos ([Ortega-Pérez de Villar et al. 2016](#)). La muestra de nuestro estudio se caracteriza por elevadas puntuaciones iniciales, por lo que se puede producir un efecto techo en el que el sujeto tiene menos margen de mejora. Es posible que los voluntarios de este estudio se autoseleccionaran, de forma que sólo aceptaron participar los que se encontraban con mejor estado de salud, con menor edad y menor comorbilidad.

Nuestros resultados coinciden con estudios previos que evidencian también una mejora en el SPPB tras la realización de un programa de ejercicio físico. [Chen et al. 2010](#) encontraron mejores valores en esta prueba. Este estudio incluyó 2 grupos, el grupo de intervención realizó ejercicio de fortalecimiento de los miembros inferiores y el grupo control realizó estiramientos. El cambio alcanzó los 2 puntos en el grupo de ejercicio y los 1.5 puntos en el grupo control. Los sujetos tenían una edad similar a la de nuestro estudio, 71.1 ± 12.6 años en grupo de ejercicio y 66.9 ± 13.4 años en grupo control, frente a 67.2 años de media para ambos grupos en nuestro estudio. [Ortega-Pérez de Villar et al. 2016](#) encontraron un efecto significativo del factor tiempo en el SPPB tras la realización de ejercicio domiciliario de 16 semanas de duración, en una muestra de pacientes de edad comprendida entre 62 y 65 años, con una mejora de 1 punto (IC 95% 0.1-1.2) en el SPPB.

5.3.1.2. *One Leg Standing Test* (Equilibrio monopodal)

No se obtuvo una mejora significativa del equilibrio monopodal, aunque se observa una tendencia a la mejora en el grupo de ejercicio domiciliario, que incrementa en 2.5 (IC 95% 7.1-2.2) segundos el tiempo de apoyo. Tampoco se alcanzó la mejora clínicamente relevante de 11.3 segundos ([Ortega-Pérez de Villar et al. 2016](#)). Esto puede deberse, en primer lugar, a la falta de especificidad en el programa de ejercicio para mejorar el equilibrio monopodal. El ejercicio intradiálisis no trabajaba el equilibrio (cambio observado -1.8, IC 95% -5.9- 2.3 segundos), y el ejercicio domiciliario sí, pero la adherencia al programa fue baja y puede que no alcanzara el nivel suficiente para la mejora de esta variable. Además, existen gran cantidad de factores que influyen en la capacidad para mantener el equilibrio, que no sólo viene dada por la fuerza muscular. El balanceo postural, tiempo de reacción, sensibilidad periférica y la visión son otros de los factores que pueden influir en los resultados de esta prueba ([Lord et al. 2002](#)).

En el estudio se observaron muchos valores extremos en esta prueba. 13 sujetos de los evaluados fueron capaces de alcanzar el total de 45 segundos al inicio del estudio, por lo que en estos ya no existía margen de mejora, y otros 13 sujetos fueron incapaces de realizar la prueba por diversas problemáticas. 25 sujetos no fueron capaces de alcanzar un mínimo de 5 segundos al inicio del estudio. El hecho de contar con una muestra relativamente pequeña para valorar una prueba con tanta variabilidad hace difícil que se puedan obtener resultados significativos. Según la búsqueda bibliográfica que hemos realizado, hay un único estudio que utiliza el OLST, y también presenta mucha variabilidad ([Ortega-Pérez de Villar et al. 2016](#)). Sin embargo, Ortega-Pérez de Villar et al sí observaron mejoras significativas (1.3 segundos, 95% CI=1.42– 10.55; $p=0.013$) en el grupo de 9 sujetos de ejercicio intradiálisis de edad similar a la de nuestro estudio, pero que alcanzó el 81% de adherencia al ejercicio.

5.3.1.3. *Timed Up & Go* (TUG)

No se encontraron mejoras significativas en los resultados del TUG. A pesar de esto, se pudo observar una disminución de tiempo del grupo ID de 0.5 (IC 95% 3.3- -2.4) segundos en la realización de la prueba, no alcanzando la mejora clínicamente relevante de 2.9 segundos ([Ortega-Pérez de Villar et al. 2016](#)).

El TUG es una prueba funcional que evalúa la movilidad del sujeto, y a mayor edad del sujeto menor movilidad ([Tentori et al. 2010](#)). Teniendo en cuenta que la mayor parte de la población en tratamiento de hemodiálisis tiene una edad avanzada, es normal asumir que, en términos generales, la movilidad en esta población ya está severamente reducida, y cuesta mucho obtener mejoras significativas.

Koh et al ([Koh et al. 2010](#)) compararon los efectos de un programa intradiálisis de ejercicio aeróbico frente a otro domiciliario, con una muestra de edad media 52.3 ± 10.9 para grupo de ejercicio intradiálisis y 52.1 ± 13.6 para grupo de ejercicio domiciliario, muy inferior a la de nuestro estudio. Los valores del TUG en este estudio variaron de 5.8 ± 1.5 a 5.3 ± 1.5 (CI 95% -1.39-0.77) segundos en el grupo de ejercicio intradiálisis y 5.7 ± 2.0 a 5.8 ± 2.1 (CI 95% -0.94-1.36) en el grupo de ejercicio domiciliario, no pudiendo encontrar diferencias entre grupos, al igual que en nuestro estudio.

Ortega-Pérez de Villar et al ([Ortega-Pérez de Villar et al. 2016](#)) evaluaron el TUG tras 16 semanas de ejercicio domiciliario, y se encontró en una muestra de 12 sujetos que el TUG mejoró en 0.4 segundos (IC 95% = -0.66 – -0.08; $p= 0.013$).

El hecho de que el programa de ejercicio intradiálisis no puede trabajar el tipo de movimientos que requiere esta prueba, y que la adherencia al programa de ejercicio fue baja pueden explicar la falta de resultados significativos. Además, los sujetos partían de unos valores inferiores a 20 segundos, correspondientes a la mejor franja posible propia de pacientes independientes en transferencias básicas según Podsiadlo et al ([Podsiadlo et al. 1991](#)), por lo que era difícil alcanzar una mejora.

5.3.1.4. *Sit to Stand to Sit Tests* (STS)

En referencia al STS-10, los resultados de las pruebas del STS muestran significación estadística en cuanto al factor tiempo ($p=0.007$) y una mejora significativa en la prueba del STS-10 en el grupo de ejercicio intradiálisis, que reduce el tiempo necesario para realizar 10 repeticiones de levantarse y volver a sentarse en 3.3 (IC 95% 0.9-5.6) segundos. En el grupo domiciliario pudimos observar también una mejora no significativa, ya que redujo el tiempo en 1.5 (IC 95% 1.0-3.9) segundos. En cualquier caso, ambas cifras están lejos de alcanzar el nivel de cambio clínicamente relevante, establecido en 8.4 segundos (Segura-Ortí & Martínez-Olmos 2011). Respecto al STS-60, el factor tiempo no resultó ser significativo, aunque en el grupo de ejercicio intradiálisis sí que pudimos observar un incremento en el número de repeticiones realizadas por el paciente en 60 segundos de 3.0 (IC 95% 0.4-5.7) repeticiones. El cambio clínicamente relevante para esta variable está establecido en 4 repeticiones (Segura-Ortí & Martínez-Olmos 2011).

Existen estudios previos en la literatura donde también se ha utilizado el STS-10 en la evaluación funcional de sujetos en HD. Ortega-Pérez de Villar (Ortega-Pérez de Villar et al. 2016) encontraron cambios significativos en el STS-10 para el grupo de ejercicio intradiálisis tras 16 semanas de ejercicio combinado aeróbico y de fuerza, en una muestra de edad media cercana a los 70 años. Los cambios en esta prueba fueron muy similares a los encontrados por nosotros, con un cambio de 25.4 (10.1) a 22.3 (7.2) segundos en el grupo de ejercicio intradiálisis y de 25 (10.7) a 23.6 (8) segundos en grupo de ejercicio domiciliario. En nuestro estudio conseguimos los mismos cambios a pesar de que en Ortega-Pérez de Villar contaron con la ventaja de que el entrenamiento de fuerza, básico para el STS-10, fue supervisado por fisioterapeutas especializados en ejercicio terapéutico

Rossi et al ([Rossi et al. 2014](#)) también encontraron cambios significativos tras 12 semanas de ejercicio combinado aeróbico y de resistencia en una muestra de pacientes de edad similar a los pacientes incluidos en nuestro estudio. Los resultados del STS-10 en este estudio muestran un 29% de mejora en el grupo de ejercicio. Sin embargo, en este estudio el programa de ejercicio físico se realizó en unas instalaciones específicas de rehabilitación, no en la Unidad de HD, por lo que posiblemente se pudo trabajar de forma más específica y con mayor intensidad

Tao et al ([Tao et al. 2015](#)) hicieron lo propio para el STS-10 en un programa de ejercicio de resistencia guiado por el personal de enfermería durante 12 semanas en una muestra de pacientes de alrededor de 55 años de edad. El cambio en los valores del STS-10 en este estudio fue de 19.8 (SD 6.6) segundos a 14.0 (SD 5.0) segundos en grupo de ejercicio y de 21.9 (SD 16.6) años a 16.9 (SD 6.2) segundos en grupo control. Tanto en este estudio como en el nuestro puede observarse una alta adherencia (94.6% en el estudio de Tao et al) al ejercicio, y en ambos es el propio personal de la Unidad el que lo implementa, por lo que parece que cuando se consigue elevada adherencia al programa de ejercicio, los programas supervisados por el personal de enfermería consiguen mejoras significativas, aunque no clínicamente relevantes ([Segura-Ortí & Martínez-Olmos 2011](#)).

En referencia al STS-60, Koufaki et al. ([Koufaki et al. 2002](#)) encontraron mejoras significativas en el STS-60 tras un programa de 12 semanas de ejercicio aeróbico progresivo. La edad media de los sujetos era inferior a la de nuestro estudio, oscilaba alrededor de los 52 años, lo que podría haber provocado mejores adaptaciones. Evaluaron el STS-60, al igual que en este estudio, encontrando mejora en el número de repeticiones alcanzado, que pasó de 21.2 (7.2) repeticiones a 26.9 (6.2) repeticiones en grupo de ejercicio aeróbico y de 23.7 (6.8) repeticiones a 24.1 (7.2) repeticiones en grupo control. En este estudio, a diferencia del nuestro, antes de iniciar el programa de ejercicio se realizó un test para determinar la capacidad máxima de oxígeno de los pacientes y así poder establecer mejor la intensidad del ejercicio inicial. Una mejor intensidad inicial de ejercicio podría proporcionar un margen de mejora más amplio.

Bohm et al. (Bohm et al. 2014), utilizaron un STS--60 modificado, en el que midieron el número de repeticiones que los sujetos podían realizar en 30 segundos. Compararon un grupo de ejercicio intradiálisis con cicloergómetro y otro domiciliario con podometría, todos ellos de edad alrededor de 50 años, y encontraron una mejora significativa para ambos grupos, aunque no se observó diferencia entre ellos. El cambio en la prueba del STS en este estudio fue de 10.6 (CI 95% 8.7-11.6) a 11.4 (CI 95% 10.2-12.6) repeticiones para el grupo de ejercicio intradiálisis con cicloergómetro y de 10.1 (CI 95% 8.8-11.5) a 12.2 (CI 95% 10.7-13.7) repeticiones para el grupo de ejercicio domiciliario con podometría.

Las posibles causas que han conducido a que en nuestro estudio no se hayan encontrado cambios clínicamente relevantes para las pruebas STS podrían relacionarse pues con los valores antropométricos de nuestra muestra, con una edad media relativamente baja que se relaciona con mejores valores iniciales para estas pruebas, con no haber realizado las sesiones de entrenamiento en instalaciones adecuadamente preparadas para ello que permiten realizar ejercicio a mayor intensidad, o con la necesidad de que quien implemente el ejercicio sea personal con la preparación adecuada para conducir sesiones de ejercicio terapéutico.

5.3.1.5. Dinamometría para la fuerza del agarre manual

Los resultados de este estudio no muestran cambios significativos en la dinamometría del agarre manual, solamente podemos observar una ligera mejoría no significativa en el grupo de ejercicio intradiálisis para la fuerza del agarre manual derecha, que aumenta 1.2 (IC 95% 3.5- -1.1) Kg. Este valor queda lejos de los 3.4 kg, que se ha establecido como cambio clínicamente relevante para esta prueba ([Segura-Ortí & Martínez-Olmos 2011](#)).

Estos resultados pueden deberse al protocolo de entrenamiento de la fuerza por sí mismo. La musculatura principalmente responsable de la fuerza del agarre manual es aquella situada en la cara ventral del antebrazo, y en los programas de ejercicio físico no hay ejercicios que se enfoquen directamente en el entrenamiento de esta musculatura. Otro de los principales problemas con los que nos encontramos es la fístula arterio-venosa (FAV). Lo sujetos, por falta de fuerza en el brazo donde estaba situada la FAV, o por simple miedo a poder provocar daño en la misma, no realizaban con total seguridad esta prueba, a pesar de que el evaluador les insistió en que no había ningún riesgo por realizar la dinamometría.

Existen pocos estudios que previamente hayan relacionado la fuerza del agarre manual como valor de diagnóstico para sujetos en HD. [Olvera-Soto et al. 2015](#) fueron capaces de determinar un aumento significativo de la fuerza del agarre manual en un grupo de sujetos mucho más jóvenes que los incluidos en nuestro estudio (edad media alrededor de 29 años, y edad máxima de 46.5 años) tras un programa anaeróbico de resistencia durante la diálisis de 12 semanas. Los cambios en la mediana y valores mínimos y máximos de la dinamometría del agarre manual fueron de 19.6 (11-28) Kg a 21.2 (13-32) Kg para el grupo ejercicio y de 19.8 (14-26) a 17.8 (15-26) para el grupo control. Las diferencias en la edad de las muestras, la mayor variabilidad de nuestra muestra y en el dinamómetro utilizado (*Analogue Handgrip Dynamometer Takei TKK 5001®*) podrían explicar las diferencias con nuestro estudio.

Ortega-Pérez de Villar et al ([Ortega-Pérez de Villar et al. 2016](#)) encontraron una mejora significativa en la fuerza de agarre de mano izquierda de 2.1 Kg (IC 95% = 1.03 – 3.31; p=0.001) en una muestra pequeña de edad media cercana a los 70 años, tras 16 semanas de ejercicio intradiálisis, y no encontraron diferencias en el ejercicio domiciliario. Uno de los factores que podrían determinar las diferencias en los resultados es que nosotros no contamos con un fisioterapeuta especializado en ejercicio terapéutico para realizar las sesiones.

Yurtkuran et al ([Yurtkuran et al. 2006](#)) encontraron cambios significativos en la fuerza del agarre manual tras un programa de ejercicio mediante el *Hatha Yoga* de 12 semanas de duración en un grupo de pacientes mucho más jóvenes que los de nuestro estudio (alrededor de 40 años de media). Los resultados del estudio de Yurtkuran et al muestran una mejora de la fuerza del agarre manual de 150.3 (SD 40.3) (CI 95% 229.4-71.3) mmHg a 172.6 (SD 50.8) (CI 95% 272.2-72.9) mmHg en grupo de intervención con *Hatha Yoga* y de 141.7 (SD 45.8) (CI 95% 231.5-51.9) mmHg a 138.3 (SD 44.8) (CI 95% 226.2-50.5) mmHg en grupo control. La diferencia en los resultados de este estudio con respecto al nuestro podría ser, además de la edad, las diferencias en el tipo de intervención que sea realiza.

5.3.1.6. *One-Leg Heel-Rise* (Fuerza del tríceps sural)

Nuestros resultados muestran cambios significativos con el tiempo en la fuerza del tríceps sural. El grupo de ejercicio intradiálisis aumentó en 3.8 (IC 95% 0.6- 7.0) repeticiones para el tríceps sural derecho y el grupo de ejercicio domiciliario aumentó en 5.4 (IC 95% 1.2- 9.6) repeticiones para el tríceps sural izquierdo. También pueden observarse mejoras no significativas para el tríceps sural derecho en el grupo de ejercicio domiciliario (de 19.0 a 21.0 repeticiones) y para el tríceps sural izquierda en el grupo de ejercicio intradiálisis (16.5 a 17.0 repeticiones). En general, podemos considerar una mejoría en los resultados de esta prueba para todos los pacientes. El cambio clínicamente relevante para esta variable se ha establecido en 3.7 repeticiones para el tríceps derecho y 5.2 repeticiones para el tríceps izquierdo ([Segura-Ortí & Martínez-Olmos 2011](#)), por lo que algunos de los cambios observados son clínicamente relevantes.

Hasta donde conocemos, a día de hoy, sólo existe un estudio que haya utilizado el OLHR para la evaluación de sujetos en HD, y encontró un efecto significativo del tiempo en esta variable tras aplicar 16 semanas de ejercicio combinado, bien intradiálisis (incrementó de 3 repeticiones) o de forma domiciliaria (incremento de 2 repeticiones) ([Ortega-Pérez de Villar et al. 2016](#)).

Incluir ejercicios específicos para tríceps sural en ambos programas de ejercicio ha podido contribuir en la obtención de mejoras significativas en pruebas como esta.

5.3.1.7. 6 Minute Walk Test (6MWT)

Los resultados del 6MWT en nuestro estudio evidencian cambios significativos en el grupo de ejercicio intradiálisis, que incrementó la distancia recorrida en 37.8 (IC 95% 11.1- 64.5) metros, y mejoras no significativas en el grupo de ejercicio domiciliario (17.7 metros, IC 95% 10.1- 45.4) . El cambio clínicamente relevante para esta prueba es de 66.3 metros ([Segura-Ortí & Martínez-Olmos. 2011](#))

Los resultados de esta prueba concuerdan con los encontrados en numerosos estudios anteriores. Dobsak et al ([Dobsak et al. 2011](#)) encontraron cambios significativos en esta prueba tras 20 semanas tanto de ejercicio aeróbico como de ejercicio asistidos con electroestimulación. La edad media de los sujetos en todos los grupos estaba alrededor de los 60 años, valor inferior al de nuestra muestra. Los valores del cambio en la prueba del 6MWT fueron de 387.6 (87.2) metros a 445.8 (72.6) metros en grupos de ejercicio; de 401.3 (55.0) metros a 428.9 (69.2) metros en grupo asistido con electroestimulación; y de 379.1 (84.9) a 366.5 (65.6) metros en grupo control.

Orcy et al ([Orcy et al. 2012](#)) también evidenciaron mejoras significativas en el 6MWT de un grupo de sujetos de edad alrededor de 55 años, tras 10 semanas de ejercicio combinado aeróbico y de resistencia. Los resultados de este estudio fueron de 440.5 (108.8) a 480.2 (108.7) metros totales de media en grupo con ejercicio combinado, y de 431.0 (108.7) a 411.7 (133.6) metros en grupo con sólo ejercicio de resistencia. Estos resultados parecen indicar que el entrenamiento aeróbico guarda relación directa con la prueba del 6MWT, aunque otros estudios que aplicaron ejercicio de resistencia aislado sí consiguieron mejorar de forma significativa la distancia recorrida en el 6MWT ([Segura-Ortí et al 2009](#)).

Segura-Ortí et al ([Segura-Ortí et al. 2009](#)) mostraron cambios significativos en una muestra de pacientes de alrededor de 55 años de edad con un programa de ejercicio resistido [432.5 (109.3) a 481.0 (100.3) metros], pero no con un programa de ejercicio aeróbico de baja intensidad [491.7 (87.3) a 535.7 (77.3) metros]. A pesar de que se ha evidenciado en la literatura una disminución en la capacidad para deambular en sujetos en HD ([de Paul et al. 2002](#)) ([Painter et al. 2000](#)) ([Cheema et al. 2007](#)), en este estudio no se observaron cambios significativos en esta prueba en el grupo de ejercicio aeróbico, probablemente debido a la baja intensidad del programa, por lo que la intensidad del ejercicio también puede guardar una relación directa con los resultados del 6MWT. Esto ayudaría a explicar por qué nuestros resultados en el grupo domiciliario no fueron significativos. Es posible que la intensidad del ejercicio de marcha no fuera suficiente para alcanzar esas mejoras.

Ortega-Pérez de Villar et al ([Ortega-Pérez de Villar et al. 2016](#)) mostraron un efecto significativo del factor tiempo en su investigación, además de una mejora significativa en el grupo de ejercicio intradiálisis tras 16 semanas (incremento en 25.5 metros, 95% CI= 2.83 – 48.07; p=0.029). Al igual que con otras variables como el STS-10, cabe destacar que en nuestro estudio conseguimos cambios significativos a pesar de que no contamos con la ventaja de que el programa fuera supervisado por fisioterapeutas especializados en ejercicio terapéutico.

Pelizzaro et al ([Pelizzaro et al. 2012](#)) demostraron en un grupo de sujetos de alrededor de 45 años, que la prueba mejoraba en el grupo cuyo entrenamiento se centró en musculatura respiratoria y en el grupo que trabajó la musculatura periférica. En el grupo con entrenamiento de musculatura respiratoria mejoró de 454.1 (95.8) a 519 (103.8) metros, y en el grupo con entrenamiento de la musculatura periférica de 444.6 (75.3) a 475.0 (SD 74.1) metros. En este estudio hubo muy pocas bajas, ya que un total de 39 participantes de 45 iniciales (87%) completaron uno u otro programa de ejercicio.

Rossi et al ([Rossi et al. 2014](#)) mostraron mejoras tras 12 semanas de ejercicio físico combinado en una muestra de pacientes de edad similar a los pacientes incluidos en nuestro estudio. Los valores de los resultados para esta prueba mejoraron en un 19%. El hecho de que la intervención se realizó fuera de la unidad de hemodiálisis pudo haber influido al poder entrenar específicamente la marcha. Los pacientes con ejercicio intradiálisis no pueden entrenar esta prueba al no poder deambular, y deben realizar su entrenamiento aeróbico con un cicloergómetro.

Cabe destacar también que existen estudios donde no se encontraron cambios significativos en esta prueba. En el estudio de Bohm et al ([Bohm et al. 2014](#)) (media de edad de alrededor de 50 años), los valores de esta prueba fueron de 404.2 (110) (CI 95% 396.6-411.8) metros a 420 (102) (CI 95% 370.9-469.4) metros en el grupo de ejercicio con cicloergómetro, y de 390.2 (77) (CI 95% 358.3-422.1) a 390.0 (92.6) (CI 95% 347.8-432.1) metros en grupo de ejercicio con podometría. Resulta llamativo que el grupo específico de podometría no consiguiera una mejora significativa en esta prueba.

En general, podemos decir que muchos estudios han encontrado mejoras significativas en el 6MWT fruto de la aplicación de diversos tipos de ejercicio. La intensidad parece ser un factor importante a la hora de alcanzar esas mejoras. Sin embargo, en pocos casos se ha alcanzado un cambio clínicamente relevante. La variabilidad en los resultados de esta prueba hace que la distancia a recorrer en la prueba para alcanzar ese cambio relevante sea bastante grande.

5.4. Cuestionarios

5.4.1. *Physical Activity Scale for the Elderly* (PASE) y *Human Activity Profile*

Adjusted Activity Score (HAP AAS)

Los valores del HAP mostraron cambios significativos en ambos grupos de ejercicio, en el grupo de ejercicio intradiálisis, que aumentó en 6.6 (IC 95%= 1.6 – 11.7) puntos, y en el grupo de ejercicio domiciliario que aumentó en 5.8 (IC 95%= 0.7 – 10.8) puntos de media. Respecto al PASE, no se encontraron cambios significativos.

Ortega-Pérez de Villar et al ([Ortega-Pérez de Villar et al. 2016](#)) mostraron efectos significativos en relación al tiempo para ambos cuestionarios (con incrementos en la media del HAP AAS de entre 7 y 8 puntos, por lo tanto similar a nuestros resultados) y mejoras en el PASE del grupo de ejercicio intradiálisis tras 16 semanas. A diferencia de en nuestro estudio, los resultados del PASE mostraron una mejora significativa y pasaron de 112.1 (113.7) puntos a 138.6 (113.1) puntos en grupo de ejercicio intradiálisis y de 59.4 (39.4) puntos a 83.4 (53.1) puntos en grupo de ejercicio domiciliario. Sería recomendable que futuros estudios definieran cuál es el cambio clínicamente relevante de estos cuestionarios para entender mejor el efecto de las intervenciones de ejercicio en el nivel de actividad física de los sujetos.

Podemos decir que tanto el ejercicio intradiálisis como el ejercicio domiciliario, consiguen aumentar el nivel de actividad física medido con el HAP AAS. Existe relación entre el deterioro físico y edad y un nivel bajo de actividad física, lo que ocasiona dificultad, limitación o incapacidad para realizar actividades de la vida diaria ([Painter et al. 2003](#)) ([Matsuzawa et al. 2012](#)). Es de vital importancia recuperar niveles de actividad física en sujetos en HD, normalmente condenados a la inactividad y al sedentarismo.

5.4.2. Calidad de vida relacionada con la salud (SF-36)

En este estudio encontramos cambios significativos para ambos grupos en las siguientes subescalas del SF-36 : “*Physical Function*”, mejorando el grupo de ejercicio intradiálisis en 12.2 (IC 95%= 4.7 – 19.6) puntos y el grupo de ejercicio domiciliario en 8.6 (IC 95%= 1.1 – 16.1) puntos; en “*Role Physical*”, mejorando el grupo de ejercicio intradiálisis en 24.2 (IC 95%= 5.6 – 42.8) puntos y el grupo de ejercicio domiciliario en 28.1 (IC 95%= 9.5 – 46.7) puntos; y “*Role Emotional*”, mejorando el grupo de ejercicio intradiálisis de en 24.0 (IC 95%= 8.7 – 39.2) puntos y el grupo de ejercicio domiciliario en 31.3 (IC 95%= 16.0 – 46.5) puntos. Se muestran mejoras en la subescala “*General Health*” en el grupo de ejercicio intradiálisis, mejorando en 15.9 (IC 95%= 8.4 – 23.5) puntos. Respecto al grupo de ejercicio domiciliario, hay mejoras significativas en la subescalas “*Vitality*”, mejorando de en 9.1 (IC 95%= 1.9 – 16.3) puntos, y “*Mental Health*”, mejorando de en 6.8 (IC 95%= 0.03 – 13.5) puntos. Si observamos qué ocurre con los componentes, mejora en grupo de ejercicio intradiálisis el “*Standardized Physical Component*”, de en 5.3 (IC 95%= 1.8 – 8.7) puntos totales, y en grupo domiciliario el “*Standardized Mental Component*”, en 6.1 (IC 95%= 2.2 – 10.0) puntos. Independientemente de si los resultados fueron significativos o no, se evidencia una mejora general en los valores del SF-36 para ambos grupos, demostrando una mejora en la calidad de vida relacionada con la salud como resultado de realizar ejercicio, independientemente de si este se realizaba durante la hemodiálisis o en casa

Molsted et al ([Molsted et al. 2004](#)) encontraron mejoras significativas en las puntuaciones tras la realización de ejercicio aeróbico y anaeróbico en las subescalas *Physical Function*, con unos resultados (mediana y valores mínimo y máximo) de 80 (45-90) puntos a 85 (65-95) puntos ($p=0.01$), *Bodily Pain*, de 84 (31-100) puntos a 100 (62-100) puntos ($p=0.03$) y *Physical Component Scale*, de 46.6 (25-53) puntos a 47.0 (33-56) puntos ($p=0.004$) tras 20 semanas de intervención. Esto refleja una mejora de la función física y el dolor percibido por parte del sujeto, al igual que en nuestro estudio.

Ouzouni et al ([Ouzouni et al. 2009](#)) también encontraron cambios significativos en la *Physical Component Scale*, de 40.5 (SD 5.6) puntos a 44.5 (SD 5.5) puntos en grupo de ejercicio aeróbico y anaeróbico, y de 39.0 (SD 5.4) puntos a 38.9 (SD 5.8) puntos en grupo control, $p < 0.05$, tras 40 semanas de intervención. Sin embargo, los cambios en la *Mental Component Scale* en este estudio no fueron significativos, por lo que sólo se mejoró la percepción del sujeto sobre su componente físico.

Otros estudios también encuentran mejoras en la calidad de vida relacionada con la salud con otros cuestionarios, como Rossi et al ([Rossi et al. 2014](#)), que utilizaron el RAND-36, Kouidi et al ([Kouidi et al. 1997](#)), que utilizaron el *Quality of Life Index*, o de Lima et al ([de Lima et al. 2013](#)) y Tao et al ([Tao et al. 2015](#)), que utilizaron el *Kidney Disease Quality of Life-36*.

Tao et al ([Tao et al. 2015](#)), en un programa de ejercicio realizado por el propio personal de la Unidad, mostraron mejoras significativas en los valores de la calidad de vida relacionada con la salud, por lo que podemos asumir que la implicación del personal en el programa de ejercicio físico supone un factor determinante en la mejora de esta variable

Por otro lado, Giannaki et al ([Giannaki et al. 2013](#)), sin embargo, no encontraron mejoras significativas en el SF-36 tras 24 semanas de ejercicio aeróbico progresivo, a pesar de encontrar una tendencia a la mejora en la *Physical Component Scale* y la *Mental Component Scale*. Segura et al 2009 ([Segura-Ortí et al. 2009](#)) tampoco encontraron mejoras en ninguna subescala ni componente tras 6 meses de ejercicio resistido o aeróbico de baja intensidad.

Vistos los resultados de los estudios publicados, no es frecuente encontrar cambios significativos en aspectos mentales del SF36. Sin embargo, en nuestro estudio el aspecto emocional, subescala "*Role Emotional*", es el que mayor cambio ha experimentado, en el grupo de ejercicio intradiálisis 24.0 (IC 95%= 8.7 – 39.2) puntos y el grupo de ejercicio domiciliario en 31.3 (IC 95%= 16.0 – 46.5) puntos. A diferencia de otros estudios, en el nuestro hemos podido obtener también mejoras en aspectos diferentes al físico. Si observamos las subescalas en las que el grupo domiciliario presenta mejoras significativas, encontramos que son *Vitality*, *Mental Health* y *Mental Component Scale*, lo cual resulta especialmente llamativo. Ya que lo que principalmente distingue nuestro estudio del resto es que la intervención de ejercicio físico es implementada por el propio personal de la Unidad o supervisada por fisioterapeutas del propio Hospital, podemos asumir que esto supone un factor determinante para la mejora de la calidad de vida relacionada con la salud del sujeto en HD, no solamente en su aspecto físico.

5.5. Comparación de un programa de ejercicio convencional con otro de Realidad Virtual (Estudio III).

Este es el primer estudio que implementa un programa de ejercicio de Realidad Virtual durante el tratamiento de Hemodiálisis. Se observan mejoras en muchas variables funcionales tras un programa de Realidad Virtual realizado durante la Hemodiálisis de sólo 4 semanas de duración.

En este estudio pudimos observar mejorías significativas en el STS-10 para ambos grupos de intervención, de 22.8 (CI 95% 16.4-29.2) a 19.5 (CI 95% 14.9-24.1) segundos en el grupo de ejercicio convencional y de 25.5 (CI 95% 12.2-38.3) a 22.8 (CI 95% 9.6-36.0) segundos en el grupo de ejercicio con RV. La fuerza del tríceps izquierdo también mejoró significativamente para ambos grupos en la pierna izquierda, de 16.3 (CI 95% 8.4-24.1) repeticiones a 22.1 (CI 95% 17.6-26.7) repeticiones en grupo de ejercicio convencional y de 16.3 (CI 95% 9.3-23.2) repeticiones a 22.0 (CI 95% 17.6-26.7) repeticiones en grupo de ejercicio con RV. El 6MWT también evidenció cambios significativos para ambos grupos, de 395.6 (CI 95% 315.8-475.5) metros a 454.3 (CI 95% 418.9-490.0) metros en grupo de ejercicio convencional y de 413.9 (CI 95% 315.6-512.2) metros a 454.6 (CI 95% 363.3-545.8) metros en grupo de ejercicio con RV. Sin embargo, sólo hubo diferencias significativas en el grupo de ejercicio convencional para el STS-60, de 22.0 (CI 95% 15.6-28.4) repeticiones a 29.0 (CI 95% 20.5-37.5); y en la fuerza de tríceps derecho, de 17.6 (CI 95% 11.0-24.2) repeticiones a 22.6 (CI 95% 18.7-26.5) repeticiones. A pesar de esto, pudieron observarse también mejorías no significativas en la mayoría de las pruebas.

Hasta donde conocemos, sólo existe un estudio anterior sobre Realidad Virtual en sujetos en HD. En el estudio de Cho et al ([Cho et al. 2014](#)) dividieron a 46 sujetos a uno de dos grupos, uno con ejercicio mediante Realidad Virtual y otro control. Tras 8 semanas de intervención con RV mediante el Wii Fit Plus (Nintendo. 2010), donde los sujetos realizaban ejercicio 3 veces a la semana durante 40 minutos cada sesión antes de entrar a la diálisis, encontraron mejoras significativas en la fuerza del tronco y de los miembros inferiores, en el equilibrio monopodal con ojos cerrados, y en la masa muscular del grupo que realizaba ejercicio, además de mostrar valores reducidos en el nivel de fatiga. Sin embargo, y en consonancia con nuestros resultados, no fueron capaces de encontrar cambios significativos en la fuerza del agarre manual, probablemente debido a que el programa de ejercicio requería menos movimientos de agarre que en otros programas.

En nuestro estudio hemos sido capaces de encontrar mejorías significativas en variables que se relacionan con la fuerza (STS-10 y fuerza del tríceps sural izquierdo) y con la resistencia aeróbica (6MWT). Esto nos indica que la utilización de la Realidad Virtual para la realización de ejercicio físico podría suponer una alternativa al ejercicio convencional para la mejora global de la condición física de sujetos en HD, ya que en este estudio ambos programas aportan los mismos resultados. La mejora guardaría relación con el programa de ejercicio *per se*, puesto que con el uso de la RV el paciente era capaz de entrenar la fuerza (realizando contracciones para desplazar el miembro inferior para alcanzar los objetivos marcados) y la resistencia aeróbica (tener que mantener el ejercicio durante 3 minutos para cada uno de los niveles que el sujeto iba completando).

Algunos resultados, como la fuerza del tríceps sural derecho y el STS-60, sólo encontraron mejoría en el grupo de ejercicio convencional. Podríamos asumir que esto se debe a que con la RV existe una menor carga de entrenamiento, y quizás, a igual duración que un programa convencional, no se pueda alcanzar el umbral suficiente para una mejora significativa que sí se alcanza con ejercicios específicos de fortalecimiento en programas convencionales.

Existen pruebas (SPPB, TUG y fuerza del agarre manual) en las que no se encontraron cambios significativos para ninguno de los grupos de ejercicio. Respecto al TUG, los sujetos partían de unos tiempos muy bajos, de alrededor de 10 segundos, que eran difíciles de mejorar. Esto no debe sorprender puesto que eran sujetos voluntarios que ya habían participado en un programa de 16 semanas de duración. No contar con ejercicios específicos que reproduzcan estas pruebas, ya que con la RV el sujeto no debía ni levantarse y deambular ni realizar fuerza de agarre, podría ser otro de los motivos por los que no se encontraron cambios significativos. En referencia a los resultados del SPPB, cuando analizamos el efecto de los programas sobre dos de las tres pruebas de esta batería por separado, la velocidad de la marcha y el STS-5, sí que se observó una mejora significativa en ambos grupos de ejercicio (no se muestran los resultados).

Otro de los elementos que se podrían evaluar, y que no se realizó en este estudio, es el nivel de actividad física y la calidad de vida relacionada con la salud tras la utilización de la Realidad Virtual. Futuros estudios deberían, por un lado, aumentar el tiempo de duración de una intervención en RV, y, por otro lado, añadir la valoración de estas variables.

En cualquier caso, hay que señalar que se encontró un efecto significativo de ambas intervenciones en muchas de las variables a pesar de que los pacientes incluidos ya llevaban 16 semanas realizando ejercicio. Podría pensarse que 4 semanas no eran suficiente para obtener mejoras significativas, pero no fue así. Esta muestra tuvo una adherencia muy elevada, de alrededor del 80% de las sesiones ofertadas, y sólo hubo un sujeto perdido. Por lo tanto, el interés y el seguimiento de un programa de ejercicio, sea del tipo que sea, es fundamental para obtener mejoras significativas.

Por último, tenemos el convencimiento de que la gran aportación de la Realidad Virtual es que puede hacer que más sujetos se animen a realizar ejercicio, puesto que la sensación es que están jugando más que están ejercitándose. Dada la dificultad de conseguir la participación de los pacientes en programas de ejercicio, consideramos que esa ventaja es muy importante, y futuros estudios deberán valorar se efectivamente el uso de la Realidad Virtual durante la diálisis se traduce en un mayor número de pacientes realizando ejercicio. Como desventaja de este sistema está el coste de los equipos necesarios, superior al coste del material necesario para el programa convencional.

5.6. Adherencia a los programas de ejercicio

Los datos de adherencia del estudio de ejercicio intradiálisis frente al ejercicio domiciliario son: Los sujetos en el programa de ejercicio intradiálisis (25% de los sujetos con adherencia baja, 50% con adherencia media y 25% con adherencia alta) y los sujetos del programa de ejercicio domiciliario (49% de los sujetos con adherencia baja, 9% con adherencia media y 42% con adherencia alta) completaron satisfactoriamente el programa. Los datos del estudio de ejercicio convencional frente a ejercicio mediante Realidad Virtual son: Los sujetos en el programa de ejercicio convencional participaron en una media del 78.9 (20.5) de las sesiones ofertadas (75% con adherencia alta y 25% con adherencia media), y los del ejercicio con Realidad Virtual en una media del 81.2 (16.7) (78% de adherencia alta y 22% adherencia media) completaron el programa. Esto evidenció una mayor adherencia para el grupo que realizaba ejercicio mediante Realidad Virtual, aunque las diferencias entre grupos no fueron significativas. Futuros estudios con muestras no tan motivadas como esta deberán clarificar si el uso de la Realidad Virtual supone un aumento de adherencia al ejercicio por parte de los pacientes en Hemodiálisis.

El principal objetivo que perseguíamos por el hecho de que el programa de ejercicio intradiálisis fuera guiado por el personal de enfermería de la propia Unidad era conseguir mayor adherencia de los sujetos al ejercicio. A pesar de esto, la adherencia al programa no llegó a alcanzar el 95% alcanzado en un estudio anterior con gran implicación por parte del personal de enfermería de la unidad de hemodiálisis ([Tao et al. 2015](#)).

El programa de ejercicio domiciliario fue supervisado por fisioterapeutas que eran parte del personal del centro sanitario, a diferencia de otros estudios donde el fisioterapeuta era ajeno al centro sanitario ([Segura-Ortí 2008](#)) ([Segura-Ortí 2009](#)) ([Ortega-Pérez de Villar et al. 2016](#)). Esta implicación del personal de las unidades de hemodiálisis y de los fisioterapeutas del centro sanitario donde se realiza el tratamiento es fundamental para avanzar hacia el ejercicio como parte de la rutina de tratamiento de los sujetos.

Futuros estudios deberían explorar el efecto de intervenciones con seguimiento telemático para aumentar el refuerzo en programas domiciliarios con el fin de conseguir mayor adherencia.

5.7. Limitaciones de los estudios

Los resultados de los estudios deberían interpretarse con cautela, ya que el tamaño de la muestra era relativamente reducido. Esto se debe a la dificultad de conseguir que estos pacientes participen en un programa de ejercicio físico, y una vez incluidos en los programas, de conseguir que estos pacientes completen dichos programas. A pesar de tener en cuenta las múltiples barreras para el ejercicio existentes, y el desarrollo de las pertinentes estrategias para vencerlas, un total de 22 sujetos se negaron voluntariamente a participar en estos estudios, y de los 71 que iniciaron el programa, sólo 57 pudieron completarlo satisfactoriamente.

Existe gran variabilidad en los resultados de las pruebas funcionales en esta cohorte, explicada por la alta comorbilidad que presentan estos pacientes.

Existe una gran variabilidad en cuanto a la metodología empleada para la evaluación de la capacidad funcional, nivel de actividad física, calidad de vida relacionada con la salud y fuerza muscular en la literatura revisada, lo que dificulta en ocasiones la comparación entre estudios. La búsqueda de un consenso y estandarización en la metodología de la evaluación debería suponer un pilar básico para avanzar en el ámbito del ejercicio en pacientes con patología renal.

Otra de las limitaciones encontradas en estos estudios es el corto espacio de tiempo del que los evaluadores disponían para realizar las evaluaciones. Las pruebas funcionales se realizaban previamente a las sesiones de HD, y sólo se podían realizar si el sujeto llegaba con el tiempo suficiente para realizar la prueba y no llegar tarde a la sesión de HD. El elevado número de sujetos provocó una dificultad logística a la hora de realizar las pruebas funcionales también. Sin embargo, consideramos que la mejor opción para valorar a los pacientes es en días en que acuden al centro de tratamiento, y la valoración realizada previamente a alguna de las sesiones de hemodiálisis semanal permite además reproducir las condiciones en las que se realizan las pruebas de valoración funcional.

Capítulo 6. Conclusiones

1. **El ejercicio físico durante la diálisis implementado por el personal de enfermería de la unidad no produce más mejoras en la capacidad funcional en sujetos en hemodiálisis que el entrenamiento domiciliario.**
2. **El ejercicio físico durante la diálisis implementado por el personal de enfermería de la unidad no produce más mejoras en el nivel de actividad física en sujetos en hemodiálisis que el entrenamiento domiciliario.**
3. **El ejercicio físico durante la diálisis implementado por el personal de enfermería de la unidad no produce más mejoras en la calidad de vida relacionada con la salud en sujetos en hemodiálisis que el entrenamiento domiciliario.**
4. **El ejercicio físico durante la diálisis implementado por el personal de enfermería de la unidad consigue mayor adherencia al ejercicio en sujetos en hemodiálisis que el entrenamiento domiciliario.**
5. **La evaluación de la fuerza muscular con un dinamómetro *handheld* manual en sujetos en hemodiálisis es un método fiable.**
6. **El ejercicio físico durante la diálisis realizado con Realidad Virtual no consigue mayor adherencia en sujetos en hemodiálisis que el entrenamiento durante la diálisis convencional.**
7. **El ejercicio físico durante la diálisis realizado con Realidad Virtual consigue mejorar la capacidad funcional en sujetos en hemodiálisis.**

Referencias Bibliográficas

1. Afshar R, Emany A, Saremi A, Shavandi N, Sanavi S, Akiba T. *Effects of intradialytic aerobic training on sleep quality in hemodialysis patients*. Iran J Kidney Dis. 2011 Mar;5(2):119-23.
2. Alvarez-Ude F, Fernández-Reyes MJ, Vázquez A, Mon C, Sánchez R, Rebollo P. *Physical symptoms and emotional disorders in patients on periodic hemodialysis program*. Nefrologia. 2001. Mar-Apr;21(2):191-199.
3. Arnold CM, Warkentin KD, Chilbeck PD, Magnus CR. *The reliability and validity of handheld dynamometry for the measurement of lower-extremity muscle strength in older adults*. J.Strength.Cond.Res. 2010. 24(3); 815-24.
4. ATS Committee on Proficiency Standards for Clinical Pulmonary Function Laboratories. *ATS Statement: Guidelines for the six-minute walk test*. Am.J.Respir.Crit.Care.Med. 2002. Jul;166(1): 111-7.
5. Augustyniak RA, Tuncel M, Zhang W, Toto RD, Victor RG. *Sympathetic overactivity as a cause of hypertension in chronic renal failure*. J. Hypertens. 2002 Jan; 20(1): 3-9.
6. Bandinelli S, Benvenuti E, Del Lungo I, Baccini M, Benvenuti F, Di Iorio A, Ferrucci L. *Measuring muscular strength of the lower limbs by handheld dynamometer: A standard protocol*. Aging Clin.Exp.Res. 1999. 11: 287-293
7. Baria F, Kamimura MA, Aoike DT, Ammirati A, Rocha ML, de Mello MT, Cuppari L. *Randomized controlled trial to evaluate the impact of aerobic exercise on visceral fat in overweight chronic kidney disease patients*. Nephrol Dial Transplant. 2014 Apr;29(4):857-64.

8. Berger JR, Hedayati SS. *Renal replacement therapy in the elderly population*. Clin.J.Am.Soc.Nephrol. 2012. Jun:7(6): 1039-46.
9. Bohannon RW, Larkin PA, Cook AC, Gear J, Singer J. *Decrease in timed balance test scores with aging*. Physical Therapy. 1984. 64(7), 1067–70.
10. Bohannon RW. *Sit-to-stand test for measuring performance of lower extremity muscles*. Perceptual and Motor Skills. 1995. 80(1), 163-66.
11. Bohannon RW. *Reference values for the five-repetition sit-to-stand test: a descriptive meta-analysis of data from elders*. Perceptual and Motor Skills. 2006. 103(1), 215–22.
12. Bohannon RW. *Minimal detectable change of knee extension force measurements obtained by handheld dynamometry from older patients in 2 settings*. Journal of Geriatric Physical Therapy. 2012. 35(2); 79–81.
13. Bohm C, Stewart K, Onyskie-Marcus J, Esliger D, Kriellaars D, Rigatto C. *Effects of intradialytic cycling compared with pedometry on physical function in chronic outpatient hemodialysis: a prospective randomized trial*. Nephrol Dial Transplant. 2014. 29(10); 1947-55.
14. Booth FW, Tseng BS, Fluck M, Carson JA. *Molecular and cellular adaptation of muscle in response to physical training*. Acta.Physiol.Scand. 1998. 162: 343-50.
15. Butland RJ, Pang J, Gross ER, et al. *Two-, six-, and 12-minute walking tests in respiratory disease*. Br Med J (Clin Res Ed) 1982 May 29;284(6329):1607-1608.

16. Bulckaen M, Capitanini A, Lange S, Caciula A, Giuntoli F, Cupisti A. *Implementation of exercise training programs in a hemodialysis unit: Effects on physical performance.* J.Nephrol. 2011. Dec;24(6): 790-97.
17. Cameirao MS, Badia SB, Duarte E, Frisoli A, Verschure, PF. *The combined impact of virtual reality neurorehabilitation and its interfaces on upper extremity functional recovery in patients with chronic stroke.* Stroke; a Journal of Cerebral Circulation. 2012. 43(10), 2720-2728.
18. Cappy CS, Jablonka J, Schroeder ET. *The effects of exercise during hemodialysis on physical performance and nutrition assessment.* J.Ren.Nutr. 1999. Apr;9(2): 63-70.
19. Carrero JJ, de Jager DJ, Verduijn M, Ravani P, De Meester J, Heaf JG. *Cardiovascular and noncardiovascular mortality among men and women starting dialysis.* Clin.J.Am.Soc.Nephrol. 2011. Jul;6(7): 1722-30.
20. Carmack CL, Amaral-Melendez M, Boudreaux E, Brantley PJ, Jones GN, Franks BD, McKnight GT. *Exercise as a component of the physical and psychological rehabilitation of hemodialysis patients.* Int J Rehab Health (1995) 1: 13.
21. Carney RM, Templeton B, Hong BA, Harter HR, Hagberg JM, Schechtman KB. *Exercise training reduces depression and increases performance of pleasant activities in hemodialysis patients.* Nephron. 1987;47(3): 194-98.
22. Castaneda C, Gordon PL, Uhlin KL, Levey AS, Kehayias JJ, Dwyer JT, Fielding RA, Roubenoff R, Singh MF. *Resistance Training To Counteract the Catabolism of a Low-Protein Diet in Patients with Chronic Renal Insufficiency: A Randomized, Controlled Trial.* Ann Intern Med. 2001;135:(11):965-976.

23. Castaneda C, Gordon PL, Parker RC, Uhlin KL, Roubenoff R, Levey AS. *Resistance training to reduce the malnutrition-inflammation complex syndrome of chronic kidney disease*. Am J Kidney Dis. 2004 Apr;43(4):607-16.
24. Cheema B, Singh M. *Exercise training in patients receiving maintenance hemodialysis. A systematic review of clinical trials*. Am.J.Nephrol. 2005. 25(4): 352-64.
25. Cheema B, Smith B, Sing M. *A rationale for intradialytic exercise training as standard clinical practice in ESRD*. Am.J.Kidney.Dis. 2005. May;45(5):912-16.
26. Cheema B, Abas H, Smith B, O'Sullivan A, Chan M, Patwardhan A, Kelly J, Gillin A, Pang G, Lloyd B, Singh MF. *Progressive exercise for anabolism in kidney disease (PEAK): a randomized, controlled trial of resistance training during hemodialysis*. J Am Soc Nephrol. 2007 May;18(5):1594-601.
27. Cheema B, Chan D, Fahey P, Atlantis E. *Effect of a progressive resistance training on measures of skeletal muscle hypertrophy, muscular strength and health-related quality of life in patients with chronic kidney disease. A systematic review and meta-analysis*. Sports.Med. 2014. Aug;44(8): 1125-38.
28. Chen JL, Godfrey S, Ng TT, Moorthi R, Liangos O, Ruthazer R, Jaber BL, Levey AS, Castaneda-Sceppa C. *Effect of intra-dialytic, low-intensity strength training on functional capacity in adult haemodialysis patients: a randomized pilot trial*. Nephrol Dial Transplant. 2010 Jun;25(6):1936-43.
29. Cho H, Sohng KY. *The effect of a Virtual Reality Exercise program on Physical fitness, body composition, and fatigue in hemodialysis patients*. J.Phys.Ther.Sci. 2014. Oct;26(10): 1661-1665.

30. Clyne N. *Physical working capacity in uremic patients*. Scand.J.Urol.Nephrol. 1996. Aug;30(4): 247-252.
31. Cook WL, Jassal SV. *Functional dependencies among the Elderly on Hemodialysis*. 2008. Kidney International. 73; 1289-1295.
32. Coyne DW, Cheng SC, Delmez JA. *Bone Disease. Handbook of Dialysis. 4th Edition*. Philadelphia, PA. Lippincott Williams & Wilkins; 2007.
33. Csuka M, McCarty DJ. *Simple method for measurement of lower extremity muscle strength*. Am.J.Med. 1985. Jan;78(1): 77-81.
34. Cukor D, Coplan J, Brown C, Friedman S, Cromwell-Smith A, Peterson RA. *Depression and anxiety in urban hemodialysis patients*. Clin.J.Am.Soc.Nephrol. 2007. May;2(3): 484-90.
35. Cukor D, Ver Halen N, Fruchter Y. *Anxiety and quality of life in ESRD*. Semin.Dial. 2013. Jun;26(3): 265-68.
36. De Lima MC, Cicotoste Cde L, Cardoso Kda S, Forgiarini LA Jr, Monteiro MB, Dias AS. *Effect of exercise performed during hemodialysis: strength versus aerobic*. Ren Fail. 2013;35(5):697-704.
37. De Paul V, Moreland J, Eager T, Clase CM. *The effectiveness of aerobic and muscle strength training in patients receiving hemodialysis and EPO: a randomized controlled trial*. Am J Kidney Dis. 2002 Dec; 40(6):1219-29
38. Delgado C, Johansen KL. *Deficient counseling on physical Activity among nephrologists*. Nephrol.Clin.Pract. 2010. 116(4): 330-6.

39. Delgado C, Johansen KL. *Barriers to exercise participation among dialysis patients*. Nephrol. Dial. Transplant. 2012. Mar;27(3):1152-7.
40. Deligiannis A, Kouidi E, Tourkantonis A. *Effects of physical training on heart rate variability in patients on hemodialysis*. Am J Cardiol. 1999 Jul 15;84(2):197-202.
41. Deligiannis A, Kouidi E, Tassoulas E, Gigis P, Tourkantonis A, Coats A. *Cardiac effects of exercise rehabilitation in hemodialysis patients*. Int.J.Cardiol. 1999. Aug 31;70(3): 253-266.
42. Deligiannis A. *Exercise rehabilitation and skeletal muscle benefits in hemodialysis patients*. Clin. Nephrol. 2004. May;61 Supple 1:46-50.
43. DeOreo PB. *Hemodialysis patient-assessed functional health status predicts continued survival, hospitalization, and dialysis-attendance compliance*. Am.J.Kidney Dis. 1997 Aug;30(2):204-212.
44. Diesel W, Noakes TD, Swanepoel C, Lambert M. *Isokinetic muscle strength predicts maximum exercise tolerance in renal patients on chronic hemodialysis*. Am.J.Kidney Dis. 1990. Aug;16(2): 109-114.
45. Diesel W, Emms M, Knight BK, Noakes TD, Swanepoel CR, van Zyl Smir R. *Morphologic features of the myopathy associated with chronic renal failure*. Am.J.Kidney Dis. 1993. Nov;22(5): 677-684.
46. Dobsak P, Homolka P, Svojanovsky J et al. *Intra-dialytic electrostimulation of leg extensors may improve exercise tolerance and quality of life in hemodialyzed patients*. Artif Organs 2012; 36: 71–78.

47. Dong J, Sundell MB, Pupim LB. *The effect of resistance exercise to augment long-term benefits of intradialytic oral nutritional supplementation in chronic hemodialysis patients.* J Ren Nutr 2011; 21: 149–159.
48. Eidemak I, Haaber AB, Feldt-Rasmussen B. *Exercise training and the progression of chronic renal failure.* Nephron 1997; 75: 36–40.
49. Esteve-Simó V, Junqué A, Fulquet M, Duarte V, Saurina A, Pou M, Moreno F, Carneiro J, Ramírez-de Arellano M. *Complete low-intensity endurance training programme in haemodialysis patients: Improving the care of renal patients.* Nephron.Clin.Pract. 2014;128: 387-393.
50. Esteve-Simó V, Junqué-Jiménez A, Moreno-Guzmán F, Carneiro-Oliveira J, Fulquet-Nicolas M, Pou-Potau M, Saurina-Sole A, Duarte-Gallego V, Tapia-González I, Ramírez-de Arellano M. *Beneficios del ejercicio físico de baja intensidad durante la sesión de hemodiálisis en el paciente anciano.* Nefrología. 2015;35(4): 385-394.
51. Esteve-Simó V, Junqué-Jiménez A, Moreno-Guzmán F, Carneiro-Oliveira J, Fulquet-Nicolas M, Pou-Potau M, Saurina-Sole A, Duarte-Gallego V, Tapia-González I, Ramírez-de Arellano M. *Efficacy of neuromuscular electrostimulation intervention to improve physical function in haemodialysis patients.* Int.Urol.Nephrol. 2015 Oct;47(10):1709-17.
52. Esteve Simó, Vicent (2016). *Programa adaptado de ejercicio físico completo de baja intensidad y electroestimulación neuromuscular intradiálisis: Efectos sobre la fuerza muscular, capacidad funcional y calidad de vida en los pacientes en hemodiálisis* (tesis doctoral). Terrassa (Barcelona): Universidad Autónoma de Barcelona, Facultad de Medicina, Departamento de Medicina.

53. Farragher J, Jassal SV. *Rehabilitation of the geriatric dialysis patient*. Semin.Dial. 2012. Dec;25(6): 649-56.
54. Farreras-Valentí P, Rozman C. *Medicina Interna*. 13ª Edición. Madrid. Editorial Mosby-Doyma; 1995.
55. Fitts SS, Guthrie MR. *Six-minute walk by people with chronic renal failure. Assessment of effort by perceived exertion*. Am.J.Phys.Med.Rehabil. 1995. Jan-Feb;74(1):54-58.
56. Fitts SS, Guthrie MR, Blagg CR. *Exercise coaching and rehabilitation counseling improve quality of life for predialysis and dialysis patients*. Nephron 1999; 82: 115–121 .
57. Fishbane S. *Hematologic abnormalities. Handbook of Hemodialysis. 4th Edition*. Philadelphia, PA. Lippincott Williams & Wilkins; 2007.
58. Flanigan MJ, Lim VS. *Endocrine disturbances. Handbook of Dialysis. 4th Edition*. Philadelphia, PA. Lippincott Williams & Wilkins; 2007.
59. Floyd M, Ayyar DR, Barwick DD, Hudgson P, Weightman D. *Myopathy in chronic renal failure*. Q.J.Med. 1974. Oct;43(172): 509-524.
60. Franchignoni F, Tesio L, Martino MT, Ricupero C. *Reliability of four simple, quantitative tests of balance and mobility in healthy elderly females*. Aging.Clin.Exp.Res. 1997. 10:26-31.
61. Fransen M, Crosbie J, Edmonds J. *Isometric muscle force measurement for clinicians treating patients with osteoarthritis of the knee*. Arthritis & Rheumatism. 2003. 49; 29-35.

62. Frey S, Mir AR, Lucas M. *Visceral protein status and caloric intake in exercising versus non-exercising individuals with end-stage renal disease.* J Ren Nutr 1999; 9: 71–77.
63. Fried LF, Lee JS, Shlipak M, Chertow GM, Green C, Ding J, Newman AB. 2006. *Chronic kidney disease and functional limitation in older people: health, aging and body composition study.* Journal of the American Geriatrics Society, 54(5), 750–6.
64. García-García M, Griñó-Boira JM. *Tratamiento sustitutivo de la función renal.* Medicina interna. 13ª Edición. Madrid. Editorial Mosby-Doyma; 1995. p. 892-896.
65. Geneen, Louise (2014). *Resistance (exercise) training in non-dialysis dependent chronic kidney disease (CKD stage 3) and validation of ultrasound in the measurement of muscle size and structure in haemodialysis patients (CKD stage 5)* (tesis doctoral). Queen Margaret University, Edinburgh.
66. Gerritsen JKW, Vincent AJPE. *Exercise improves quality of life in patients with cancer. A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials.* Br.J.Sports Med. 2015. Dec 30.
67. Giannaki CD, Hadjigeorgiou GM, Karatzaferi C et al. *A single blind randomized controlled trial to evaluate the effect of 6 months of progressive aerobic exercise training in patients with uraemic restless legs syndrome.* Nephrol Dial Transplant 2013; 28: 2834–2840

68. Giannaki CD, Sakkas GK, Karatzaferi C et al. *Effect of exercise training and dopamine agonists in patients with uremic restless legs syndrome: a six-month randomized, partially double-blind, placebo-controlled comparative study.* BMC Nephrol 2013; 14: 194.
69. Goldberg AP, Geltman EM, Gavin JR, Carney RM, Hagberg JM, Delmez JA. *Exercise training reduces coronary risk and effectively rehabilitates hemodialysis patients.* Nephron 1986;42(4): 311-316.
70. Gómez-Gil JA, Gil-Gómez H, Lozano-Quilis JA, Manzano-Hernández P, Albiol-Pérez S, Aula-Valero C. *SEQ. Suitability Evaluation Questionnaire for virtual rehabilitation systems. Application in a virtual rehabilitation system for balance rehabilitation.* May 2013.
71. Gordon L, McGrowder DA, Pena YT et al. *Effect of exercise therapy on lipid parameters in patients with end-stage renal disease on hemodialysis.* J Lab Physicians 2012; 4: 17.
72. Greenwood SA, Lindup H, Taylor K, Koufaki P, Rush R, Macdougall IC. *Evaluation of a pragmatic exercise rehabilitation programme in chronic kidney disease.* Nephrol.Dial.Transplant. 2012. Oct;27. Suppl 3:iii.126-34
73. Greenwood SA, Koufaki P, Rush R, MacDougall IC, Mercer TH. *British Renal Society Rehabilitation Network. Exercise counseling practices for patients with chronic kidney disease in the UK: A renal multidisciplinary team perspective.* Nephron.Clin.Pract. 2014. 128(1-2): 67-72.
74. Guarneri G, Toigo G, Situlin R, Faccini L, Coli U, Landini S. *Muscle biopsy studies in chronically uremic patients. Evidence for malnutrition.* Kidney Int.Suppl. 1983. Dec;16: 187-93.

75. Guralnik JM, Simonsick EM, Ferrucci L, et al. *A short physical performance Battery assessing lower extremity function: association with self-reported disability and prediction of mortality and nursing home admission.* J Gerontol 1994 03;49(2):M85-M94.
76. Harter HR, Goldberg AP. *Endurance exercise training. An effective therapeutic modality for hemodialysis patients.* Med.Clin.North.Am. 1985. Jan;69(1): 159-75.
77. Hayano J, Takahashi H, Toriyama T, Mukai S, Okada A, Sakata S. *Prognostic value of heart rate variability during long-term follow-up in chronic haemodialysis patients with end-stage renal disease.* Nephrol.Dial.Transplant. 1999. Jun;14(6): 1480-1488.
78. Headley S, Germain M, Mailloux P, Mulhern J, Ashworth B, Burris J. *Resistance training improves strength and functional measures in patients with end stage renal disease.* Am.J.Kidney Dis. 2002. Aug;40(2): 355-364.
79. Hernando Avedaño, L. *Nefrología Clínica. 3ª Edición.* Madrid. Editorial Panamericana; 2008.
80. Heiwe S, Tollbäck A, Clyne N. *Twelve weeks of exercise training increases muscle function and walking capacity in elderly predialysis patients and healthy subjects.* Nephron. 2001. May;88(1): 48-56.
81. Heiwe S, Clyne N, Tollbäck A, Borg K. *Effects of regular resistance training on muscle histopathology and morphometry in elderly patients with chronic kidney disease.* Am.J.Phys.Med.Rehab. 2005. Nov;84(11): 865-74.
82. Heiwe S, Jacobson SH. *Exercise training for adults with chronic kidney disease.* Cochrane Database Syst.Rev.. 2011;(10): CD003236.

83. Heiwe S, Tollin H. *Patients' perspectives on the implementation of intra-dialytic cycling. A phenomenographic study.* Implement Sci. 2012; 7-68.
84. Heiwe S, Jacobson SH. *Exercise training in adults with CKD: A systematic review and meta-analysis.* Am.J.Kidney Dis. 2014. Sep;64(3): 383-93.
85. Henderson A, Korner-Bitensky N, Levin M. *Virtual reality in stroke rehabilitation: A systematic review of its effectiveness for upper limb motor recovery.* Topics in Stroke Rehabilitation. 2007. 14(2), 52-61.
86. Hiraki K, Yasuda T, Hotta C, Izawa KP, Morio Y, Watanabe S, Kimura K. *Decreased physical function in pre-dialysis patients with chronic kidney disease.* Clinical and Experimental Nephrology, 2013. 17(2), 225–31.
87. Johansen KL, Shubert T, Doyle J, Soher B, Sakkas GK, Kent-Braun JA. *Muscle atrophy in patients receiving hemodialysis: Effects on muscle strength, muscle quality and physical function.* Kidney Int. 2003. Jan;63(1): 291-297.
88. Johansen KL, Doyle J, Sakkas GK, Kent-Braun JA. *Neural and metabolic mechanisms of excessive muscle fatigue in maintenance hemodialysis patients.* Am.J.Physiol.Regul.Integr.Comp.Physiol. 2005. Sep; 289(3): R805-13.
89. Johansen KL, Painter PL, Sakkas GK, Gordon P, Doyle J, Shubert T. *Effects of resistance exercise training and nandrolone decanoate on body composition and muscle function among patients who receive hemodialysis: A randomized, controlled trial.* J Am Soc Nephrol 2006;17(8):2307-14.

90. John SG, Sigrist MK, Taal MW, McIntyre CW. *Natural history of skeletal muscle mass changes in chronic kidney disease stage 4 and 5 patients: an observational study.* PloS One. 2013. 8(5), e65372.
91. Kettner A, Goldberg A, Hagberg J, Delmez J, Harter H. *Cardiovascular and metabolic responses to submaximal exercise in hemodialysis patients.* Kidney Int. 1984. Jul;26(1): 66-71.
92. Koblbauser I, Lambrecht Y, van der Hulst M, Neeter C, Engelbert R, Poolman R, Scholtes V. *Reliability of maximal isometric knee strength testing with modified hand-held dynamometry in patients awaiting total knee arthroplasty. Useful in Research and individual patient settings. A reliable study.* BMC.Musc.Dis. 2011. 12; 2-49.
93. Knols RH, Aufdemkampe G, de Bruin ED, Uebelhart D, Aaronson NK. *Hand-held dynamometry in patients with haematological malignancies. Measurement error in the Clinical assessment of knee extension strength.* BMC. Musc.Dis. 2009. 10:31.
94. Koh KP, Fassett RG, Sharman JE, Coombes JS, Williams AD. *Effect of intradialytic versus home-based aerobic exercise training on physical function and vascular parameters in hemodialysis patients: a randomized pilot study.* Am J Kidney Dis. 2010 Jan;55(1):88-99.
95. Konstantinidou E, Koukouvou G, Kouidi E, Deligiannis A, Tourkantonis A. *Exercise training in patients with end-stage renal disease on hemodialysis: Comparison of three rehabilitation programs.* J Rehabil Med 2002;34(1):40-5.
96. Kopple JD, Wang H, Casaburi R. *Exercise in maintenance hemodialysis patients induces transcriptional changes in genes favoring anabolic muscle.* J Am Soc Nephrol 2007; 18: 2975–2986.

97. Kopple JD, Kim JC, Shapiro BB, Zhang M, Li Y, Porszasz J. *Factors affecting daily physical activity and physical performance in maintenance dialysis patients.* J.Ren.Nutr. 2015. Mar;25(2): 217-22.
98. Koufaki P, Mercer TH, Naish PF. *Effects of exercise training on aerobic and functional capacity of end-stage renal disease patients.* Clin Physiol Funct Imaging 2002; 22: 115–124
99. Kouidi E, Iacovides A, Iordanidis P, Vassiliou S, Deligiannis A, Ierodiakonou C, et al. *Exercise renal rehabilitation program: Psychosocial effects.* Nephron 1997;77(2):152-8.
100. Kouidi E, Albani M, Natsis K, Megalopoulos A, Gigis P, Guiba-Tziampiri O. *The effects of exercise training on muscle atrophy in haemodialysis patients.* Nephrol.Dial.Transplant. 1998. Mar;13(3): 685-699.
101. Kouidi E. *Exercise training in dialysis patients: Why, when and how?* Artif.Organs. 2002. Dec;26(12): 1009-13.
102. Kouidi E, Grekas D, Deligiannis A, Tourkantonis A. *Outcomes of long-term exercise training in dialysis patients: Comparison of two training programs.* Clin Nephrol 2004;61 (Suppl 1):S31-8.
103. Kouidi E. *Health-related quality of life in end-stage renal disease patients: The effects of renal rehabilitation.* Clin.Nephrol. 2004. May;61 Suppl. 1:S60-71.
104. Kouidi E, Grekas DM, Deligiannis AP. *Effects of exercise training on noninvasive cardiac measures in patients undergoing long-term hemodialysis: a randomized controlled trial.* Am J Kidney Dis 2009; 54: 511–521.

105. Kouidi E, Vergoulas G, Anifanti M. *A randomized controlled trial of exercise training on cardiovascular and autonomic function among renal transplant recipients*. *Nephrol Dial Transplant* 2013; 28: 1294–1305.
106. Krause DA, Neuger MD, Lambert KA, Johnson AE, DeVinny HA, Hollman JH. *Effects of examiner strength on reliability of hip-strength testing using a handheld dynamometer*. *Journal.Spor.Rehab.* 2014. 23; 56-64.
107. Leehey DJ, Moinuddin I, Bast JP. *Aerobic exercise in obese diabetic patients with chronic kidney disease: a randomized and controlled pilot study*. *Cardiovasc Diabetol* 2009; 8: 62.
108. Levendoglu F, Altintepe L, Okudan N, Ugurlu H, Gokbel H, Tonbul Z. *A twelve week exercise program improves the psychological status, quality of life and work capacity in hemodialysis patients*. *J.Nephrol.* 2004. Nov-Dec;17(6): 826-32.
109. Levy J, Morgan J, Brown E. *Oxford Handbook of Dialysis. 2nd Edition*. Oxford. Oxford University Press; 2004.
110. Lew SQ, Bosch JP. *Digestive tract. 4th Edition*. Philadelphia, PA. Lippincott Williams & Wilkins; 2007
111. Liu Y, Coresh J, Eustace JA, Longenecker JC, Jaar B, Fink NE. *Association between cholesterol level and mortality in Dialysis patients: Role of inflammation and malnutrition*. *JAMA* 2004. Jan 28; 291(4): 451-459.
112. López Gómez JM, Jofré R. *Tratado de hemodiálisis. 2^a Edición actualizada*. Barcelona. Editorial Médica JIMS; 2006.

113. López Revuelta K, García López FJ, de Alvaro Moreno F, Alonso J. *Perceived mental health at the start of Dialysis as a predictor of morbidity and mortality in patients with end-stage renal disease (CALVIDIA Study)*. *Nephrol.Dial.Transplant*. 2004. Sep;19(9): 2347-2353.
114. Lord SR, Murray SM, Chapman K, Munro B, Tiedemann A. *Sit-to-stand performance depends on sensation, speed, balance, and psychological status in addition to strength in older people*. *J.Gerontol.A Biol.Sci.Med.Sci*. 2002. Aug;57(8): M539-43.
115. Macdonald JH, Phanish MK, Marcora SM, Jibani M, Bloodworth LL, Holly JM, Lemmey AB. *Muscle insulin-like growth factor status, body composition, and functional capacity in hemodialysis patients*. *Journal of Renal Nutrition*. 2004. 14(4), 248–252.
116. Makhloogh A, Ilali E, Mohseni R et al. *Effect of intradialytic aerobic exercise on serum electrolytes levels in hemodialysis patients*. *Iran J Kidney Dis* 2012; 6: 119–123.
117. Mathias S, Nayak US, Isaacs B. *Balance in elderly patients: the "get-up and go" test*. *Arch Phys Med Rehabil* 1986 Jun;67(6):387-389
118. Matsumoto Y, Furuta A, Furuta S et al. *The impact of pre-dialytic endurance training on nutritional status and quality of life in stable hemodialysis patients (Sawada study)*. *Ren Fail* 2007; 29: 587–593.
119. Matsuzawa R, Matsunaga A, Wang G, Kutsuna T, Ishii A, Abe Y, Takagi Y, Yoshida A, Takahira N. *Habitual physical activity measured by accelerometer and survival in maintenance hemodialysis patients*. 2012. *Clin.J.Am.Soc.Nephrol* 7:2010-2016.

120. McIntyre CW, Selby NM, Sigrist M, Pearce LE, Mercer TH, Naish PF. *Patients receiving maintenance dialysis have more severe functionally significant skeletal muscle wasting than patients with dialysis-independent chronic renal disease.* Nephrol. Dial. Transplant. 2006. Aug;21(8): 2210-6.
121. Mentiplay BF, Perraton LG, Bower KJ, Adair B, Hao Pua Y, Williams GP, McGraw R, Clark RA. *Assessment of lower limb muscle strength and power using hand-held and fixed dynamometry: A reliability and validity study.* PLOS ONE 10(10): e0140822.
122. Mercer TH, Crawford C, Gleeson NO, Naish PF. *Low-volume exercise rehabilitation improves functional capacity and self-reported functional status on dialysis patients.* Am.J.Phys.Med.Rehabil. 2002. Mar;81(3): 162-67.
123. Mitrou GI, Grigoriou SS, Konstantopoulou E, Theofilou P, Giannaki C, Stefanidis I. *Exercise training and depression in ESRD. A review.* Semin.Dial. 2013. Oct;26(5): 604-13.
124. Mohseni R EZA, Ilali E, Adib-Hajbaghery M et al. *The effect of intradialytic aerobic exercise on dialysis efficacy in hemodialysis patients: a randomized controlled trial.* Oman Med J 2013; 28: 345–349.
125. Molsted S, Eidemak I, Sorensen HT et al. *Five months of physical exercise in hemodialysis patients: effects on aerobic capacity, physical function and self-rated health.* Nephron Clin Pract 2004; 96: c76–c81.
126. Moore GE, Parsons DB, Stray-Gundersen J, Painter PL, Brinker KR, Mitchell JH. *Uremic myopathy limits aerobic capacity in hemodialysis patients.* Am.J.Kidney Dis. 1993. Aug;22(2): 277-287.

127. Moros-García MT, Moros-García JS, Cisneros-Lanuza MT, Madariaga I, Jaurrieta D, Jaurata FJ. *Insuficiencia renal crónica: Rehabilitación a través del ejercicio*. *Rehabilitación*. 1993. 27(5): 343-47.
128. Moros MT, Moros J, Ros R, Villarroya A, Coarasa A. *Effects of exercise in the elderly with chronic renal failure*. *Rev.Med.Univ.Navarra*. 1995. Jul-Sep;39(3): 136-140.
129. Moros-García MT, Ros-Mar R, Coarasa-Liron de Robles A, Comin-Comin M, Nerin-Ballarriaga S. *Ejercicio Físico en el paciente en hemodiálisis*. *Archivos de Medicina del Deporte*. 2000. 17(77): 235-44.
130. Mortazavi M, Vahdatpour B, Ghasempour A et al. *Aerobic exercise improves signs of restless leg syndrome in end stage renal disease patients suffering chronic hemodialysis*. *ScientificWorldJournal* 2013; 2013: 4.
131. Nabolsi MM, Wardam L, Al-Halabi JO. *Quality of life, depression, adherence to treatment and illness perception of patients on haemodialysis*. *Int.J.Nurs.Pract*. 2015. Feb;21(1):1-10.
132. National Kidney Foundation. *KDOQI Clinical Practice Guidelines for Chronic Kidney Disease Evaluation, Classification and Stratification*. *Am.J.Kidney.Dis* 39:S1-S266. 2002.
133. Nicholls AJ, Benz RL, Pressman MR. *Nervous system and Sleep disorders. Handbook of Dialysis. 4th Edition*. Philadelphia, PA. Lippincott Williams & Wilkins; 2007.
134. Nissenson AR, Fine RN. *Handbook of Dialysis Therapy. 2nd Edition*. Philadelphia, PA. Hanley & Belfus INC; 2008.

135. Nindl BC, Headley SA, Tuckow AP, Pandorf CE, Diamandi A, Koshravi MJ. *IGF-I system responses during 12 weeks of resistance training in end-stage renal disease patients*. Growth Horm.IGF Res. 2004. Jun;14(3): 245-50.
136. O'Hare AM, Tawney K, Bacchetti P, Johansen KL. *Decreased survival among sedentary patients undergoing dialysis: Results from the dialysis morbidity and mortality study wave 2*. Am.J.Kidney.Dis. 2003. Feb;41(2): 447-54.
137. Odden MC, Whooley MA, Shlipak MG. *Depression, stress, and quality of life in persons with chronic kidney disease: The Heart and Soul study*. Nephron.Clin.Pract. 2006;13(1): c1-7.
138. Odden MC. *Physical functioning in elderly persons with kidney Disease*. Adv.Chronic. Kidney Dis. 2010. Jul;7(6): 1039-46.
139. Oh-Park M, Fast A, Gopal S, Lynn R, Frei G, Drenth R. *Exercise for the dialyzed: Aerobic and strength training during hemodialysis*. Am.J.Phys.Med.Rehab. 2002. Nov;81(11): 814-21.
140. Olvera-Soto MG, Valdez-Ortíz R, López-Alvarenga JC, Espinosa-Cuevas MA. *Effects of resistance exercises on the indicators of muscle reserves and handgrip strength in adult patients on hemodialysis*. J Ren Nutr. 2016 Jan;26(1):53-60.
141. Orcy RB, Dias PS, Seus TL et al. *Combined resistance and aerobic exercise is better than resistance training alone to improve functional performance of haemodialysis patients—results of a randomized controlled trial*. Physiother Res Int 2012; 17: 235–243.

142. Ortega-Pérez de Villar, Lucia (2016). *Comparison of two exercise programs for hemodialysis patients, intradialysis vs. home based program. Absolute and relative reliability of physical performance test* (tesis doctoral). Moncada (Valencia): Universidad CEU Cardenal Herrera, Facultad de Fisioterapia, Departamento de Fisioterapia.
143. Ortega-Pérez de Villar L, Antolí-García S, Lidón-Pérez MJ, Amer-Cuenca JJ, Benavent-Caballer V, Segura-Ortí S. *Comparación de un programa de ejercicio intradiálisis frente a ejercicio domiciliario sobre capacidad física funcional y nivel de actividad física*. *Enferm Nefrol*. 2016, vol.19, n.1, pp.45-54.
144. Ortega-Pérez de Villar L, Pérez-Domínguez B, Segura-Ortí E, Molina-Vila P, Lidón-Pérez MJ, Pallardó-Mateu L, Gil-Gómez JA. *Use of a Virtual Reality game as a part of exercise program for Chronic Kidney Disease patients undergoing Haemodialysis*. En: *International Conference on Recent Advantages in Neurorehabilitation (ICRAN)*. Valencia. 2015, 11-12 Marzo.
145. Otero A, de Francisco A, Gayoso P, García F, EPIRCE Study Group. *Prevalence of chronic renal disease in Spain: Results of the EPIRCE Study*. *Nefrologia*. 2010; 30(1):78-86.
146. Ouzouni S, Kouidi E, Sioulis A et al. *Effects of intradialytic exercise training on health-related quality of life indices in haemodialysis patients*. *Clin Rehabil* 2009; 23: 53–63.
147. Overend T, Anderson C, Sawant A, Perryman B, Locking-Cusolito H. *Relative and absolute reliability of physical function measures in people with end-stage renal Disease*. *Physiother. Can*. 2010. 62(2): 122-8.

148. Padilla J, Krasnoff J, Da Silva M, Hsu CY, Frassetto L, Johansen KL, Painter P. *Physical functioning in patients with chronic kidney disease*. Journal of Nephrology. 2008. 21(4), 550–9.
149. Painter PL. End-Stage Renal Disease. *Theoretical basis and clinical application*. 2nd Edition. Philadelphia, PA. Lea & Febiger; 1993. p. 351-361.
150. Painter PL, Stewart AL, Carey S. *Physical functioning: Definitions, measurement and expectations*. Adv. Ren. Replace. Ther. 1999. Apr;6(2): 110-123.
151. Painter P, Carlson L, Carey S, Paul SM, Myll J. *Physical functioning and health-related quality-of-life changes with exercise training in hemodialysis patients*. Am.J.Kidney Dis. 2000. Mar;35(3): 482-92.
152. Painter PL, Carlson L, Carey S, Paul SM, Myll J. *Low-functioning hemodialysis patients improve with exercise training*. Am.J.Kidney.Dis. 2000. Sep;36(3): 600-8.
153. Painter PL, Moore G, Carlson L, Paul S, Myll J, Phillips W, et al. *Effects of exercise training plus normalization of hematocrit on exercise capacity and health-related quality of life*. Am J Kidney Dis 2002;39(2):257-65.
154. Painter PL, Hector L, Ray K, Lynes L, Paul SM, Dodd M, Tomlanovich SL, Ascher NL. *Effects of exercise training on coronary heart disease risk factors in renal transplant recipients*. Am J Kidney Dis. 2003 Aug;42(2):362-9.
155. Painter PL. *Implementing exercise: What do we know? Where do we go?* Adv. Chronic. Kidney Dis. 2009. Nov;16(6): 536-44.

156. Painter PL, Marcus RL. *Assessing physical function and physical Activity in patients with CKD*. Clin.J.Am.Soc.Nephrol. 2013. May;8(5): 861-72.
157. Painter PL, Roshanravan B. *The association of physical activity and physical function with clinical outcomes in adults with chronic kidney disease*. Curr.Opin.Nephrol.Hypertens. 2013. Nov;22(6): 615-23.
158. Parsons TL, Toffelmire EB, King-VanVlack CE. *The effect of an exercise program during hemodialysis on dialysis efficacy, blood pressure and quality of life in end-stage renal disease (ESRD) patients*. Clin Nephrol 2004;61(4):261-74.
159. Pellizzaro CO, Thomé FS, Veronese FV. *Effect of peripheral and respiratory muscle training on the functional capacity of hemodialysis patients*. Ren Fail 2013; 35: 189–197.
160. Petraki M, Kouidi E, Grekas D et al. *Effects of exercise training during hemodialysis on cardiac baroreflex sensitivity*. Clin Nephrol 2008; 70: 210–219.
161. Podsiadlo D, Richardson S. *The timed "Up & Go": a test of basic functional mobility for frail elderly persons*. J Am Geriatr Soc 1991 02;39(2):142-148.
162. Portney LG, Watkins MP. *Foundations of Clinical Research. Applications to Practice*. 2nd Edition. PrenticeHall (2000).

163. Reboredo Mde M, Pinheiro Bdo V, Neder JA et al. *Effects of aerobic training during hemodialysis on heart rate variability and left ventricular function in end-stage renal disease patients*. J Bras Nefrol 2010; 32: 367–373.
164. Reboredo MM, Neder JA, Pinheiro BV et al. *Constant work-rate test to assess the effects of intradialytic aerobic training in mildly impaired patients with end-stage renal disease: a randomized controlled trial*. Arch PhysMed Rehabil 2011; 92: 2018–2024.
165. Rossi AP, Burris DD, Lucas FL et al. *Effects of a renal rehabilitation exercise program in patients with CKD: a randomized, controlled trial*. Clin J Am Soc Nephrol 2014; 9: 2052–2058.
166. Roy MA, Doherty TJ. Reliability of hand-held dynamometry in assessment of knee extensor strength after hip fracture. Am J Phys Med Rehabil 2004; 83: 813–818.
167. Sakkas GK, Sargeant AJ, Mercer TH, Ball D, Koufaki P, Karatzaferi C. *Changes in muscle morphology in dialysis patients after 6 months of aerobic exercise training*. Nephrol.Dial.Transplant. 2003. Sep;18(9): 1854-61.
168. Shalom R, Blumenthal JA, Williams RS, McMurray RG, Dennis VW. *Feasibility and benefits of exercise training in patients on maintenance hemodialysis*. Kidney.Int. 1984. Jun;25(6): 985-63.
169. Shastri S, Sarnak MJ. 2010. *Cardiovascular disease and CKD: core curriculum 2010*. American Journal of Kidney Diseases : The Official Journal of the National Kidney Foundation, 56(2), 399–417.

170. Segura Ortí E. *Social and demographic variables related to psychosocial aspects of ESRD in Valencia*. Oral communication. 3rd International Congress of Quality of Life in ESRD. 2004. 19-20 Marzo.
171. Segura-Ortí E, Momblanch T, Martínez-Olmos JF, Martí-i-Monrós A, Tormo G, Lisón JF. *Ejercicio físico en hemodiálisis y calidad de vida*. Rev.Soc.Esp.Enferm.Nefrol. 2007; 10 (3): 244-246
172. Segura-Ortí E, Rodilla-Alama V, Lisón JF. *Physiotherapy during hemodialysis: Results of a progressive resistance training programme*. Nefrologia. 2008;28(1): 67-72.
173. Segura Orti E, Kouidi E, Lison JF. *Effect of resistance exercise during hemodialysis on physical function and quality of life: randomized controlled trial*. Clin Nephrol 2009; 71: 527–537.
174. Segura-Ortí E, Johansen KL. *Exercise in end-stage renal disease*. Semin.Dial. 2010. Aug;23(4): 422-30.
175. Segura Ortí, Eva (2010). *Effects of resistance exercise training during hemodialysis on physical performance and health quality of life* (tesis doctoral). Moncada (Valencia) : Universidad CEU Cardenal Herrera, Facultad de Ciencias de la Salud, Departamento de Fisioterapia.
176. Segura-Ortí E. *Exercise in haemodialysis patients: A literature systematic review*. Nefrología. 2010;30(2): 236-46.
177. Segura-Ortí E, Martínez-Olmos FJ. *Test-retest reliability and minimal detectable change scores for sit-to-stand-to-sit tests, the six-minute walk test, the One-Leg Heel-Rise test, and handgrip strength in people undergoing hemodialysis*. Phys.Ther. 2011. Aug;91(8): 1244-52.

178. Sietsema KE, Amato A, Adler SG, Brass EP. *Exercise capacity as a predictor of survival among ambulatory patients with end-stage renal Disease*. *Kidney Int.* 2004. Feb; 65(2): 719-724.
179. Silva-Junior GB, Daher EF, Buosi AP, Lima RS, Lima MM, Silva EC. *Depression among patients with end-stage renal disease in hemodialysis*. *Physcol.Health.Med.* 2014. 19(5): 547-51.
180. Song WJ, Sohng KY. *Effects of progressive resistance training on body composition, physical fitness and quality of life of patients on hemodialysis*. *J Korean Acad Nurs* 2012; 42: 947–956.
181. Stack AG, Messana JM. *Renal replacement therapy in the elderly: Medical, ethical and psychosocial considerations*. *Adv.Ren.Replace. Ther.* 2000. Jan;7(1):52-62.
182. Stenvinkel P, Lindholm B, Heimbürger M, Heimbürger O. *Elevated serum levels of soluble adhesion molecules predict death in pre-dialysis patients: Association with malnutrition, inflammation, and cardiovascular disease*. *Nephrol.Dial.Transplant.* 2000. Oct;15(10): 1624-1630.
183. Storer TW, Casaburi R, Sawelson S, Kopple JD. *Endurance exercise training during haemodialysis improves strength, power, fatigability and physical performance in maintenance haemodialysis patients*. *Nephrol.Dial.Transplant.* 2005. Jul;20(7): 1429-37.
184. Suh MR, Jung HH, Kim SB, Park JS, Yang WS. *Effects of regular exercise on anxiety, depression, and quality of life in maintenance hemodialysis patients*. *Ren.Fail.* 2002. May;24(3): 337-45.

185. Tanaka K, Morimoto N, Tashiro N, Hori K, Katafuchi R, Fujimi S. *The features of psychological problems and their Significance in patients on hemodialysis-with reference to social and somatic factors.* Clin.Nephrol. 1999. Mar;51(3): 161-176.
186. Tao X, Chow SK, Wong FK. *A nurse-led case management program on home exercise training for hemodialysis patients: A randomized controlled trial.* Int J Nurs Stud. 2015 Jun;52(6):1029-41.
187. Tentori , Elder SJ, Thumma J, Pisoni RL, Bommer J, Fissell RB. *Physical exercise among participants in the Dialysis Outcomes and Practice Patterns study (DOPPS). Correlates and associated outcomes.* Nephrol.Dial.Transplant. 2010. Sep;25(9):3050-62.
188. Tipton KD, Wolfe RR. *Exercise-induced changes in protein metabolism.* Acta.Physiol.Scand. 1998. 162: 377-87.
189. Thompson S, Klarenbach S, Molzahn A, Lloyd A, Gabrys I, Haykowsky M, Tonelli M. *Randomized factorial mixed method pilot study of aerobic and resistance exercise in haemodialysis patients: DIALY-SIZE!* BMJ Open. 2016 Sep 6;6(9).
190. Toussaint ND, Polkinghorne KR, Kerr PG. *Impact of intradialytic exercise on arterial compliance and B-type natriuretic peptide levels in hemodialysis patients.* Hemodial Int 2008; 12: 254–263.
191. Toyama K, Sugiyama S, Oka H, Sumida H, Ogawa H. *Exercise therapy correlates with improving renal function through modifying lipid metabolism in patients with cardiovascular disease and chronic kidney disease.* J Cardiol. 2010 Sep;56(2):142-6.

192. Tsuyuki K, Kimura Y, Chiashi K et al. *Oxygen uptake efficiency slope as monitoring tool for physical training in chronic hemodialysis patients*. *Ther Apher Dial* 2003; 7: 461–467.
193. Van Vilsteren MC, de Greef MH, Huisman RM. *The effects of a low-to-moderate intensity pre-conditioning exercise programme linked with exercise counseling for sedentary haemodialysis patients in The Netherlands: results of a randomized clinical trial*. *Nephrol Dial Transplant* 2005; 20: 141–146.
194. Walker SR, Wagner M, Tangri N. *Chronic kidney disease, frailty, and unsuccessful aging. A review*. *J.Ren.Nutr.* 2014. Nov;24(6): 364-70.
195. Walters BA, Hays RD, Spritzer KL, Fridman M, Carter WB. *Health-related quality of life, depressive symptoms, anemia, and malnutrition in hemodialysis initiation*. *Am.J.Kidney Dis.* 2002 Dec;40(6): 1185-1194.
196. Weinstein JR, Anderson S. *The aging kidney: Physiological changes*. *Adv.Chronic.Kidney.Dis.* 2010. Jul;17(4): 302-7.
197. Wilund KR, Tomayko EJ, Wu P-T et al. *Intradialytic exercise training reduces oxidative stress and epicardial fat: a pilot study*. *Nephrol Dial Transplant* 2010; 25: 2695–2701.
198. Winearls CG. *Chronic Renal Failure. 4th Edition*. Oxford. Oxford University Press; 2003.
199. Woodrow G, Oldroyd B, Turney JH, Tompkins L, Brownjohn AM, Smith MA. *Whole body and regional body composition in patients with chronic renal failure*. *Nephrol.Dial.Transplant.* 1996. Aug;11(8): 1613-1618.

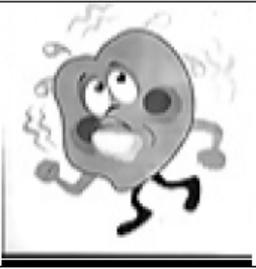
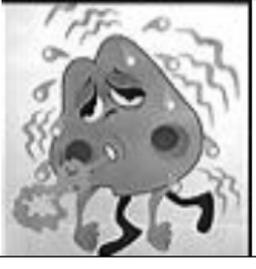
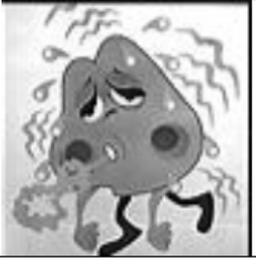
200. Yurtkuran M, Alp A, Yurtkuran M, Dilek K. *A modified yoga-based exercise program in hemodialysis patients: a randomized controlled study.* Complement Ther Med. 2007 Sep;15(3):164-71.
201. Zhang M, Kim JC, Li Y, Shapiro BB, Porszasz J, Bross R. *Relation between anxiety, depression, and physical activity and performance in maintenance hemodialysis patients.* J.Ren.Nutr. 2014. Jul;24(4): 252-60.

Anexos

Anexo 1. Escala de Esfuerzo Percibido (Escala de Borg)

ANEXO 1

ESCALA DE ESFUERZO PERCIBIDO (ESCALA DE BORG)

6	Ningún esfuerzo en absoluto	
7	Muy, muy ligero	
8		
9	Muy ligero	
10		
11	Ligero	
12		
13	Algo duro (medio)	
14		
15	Duro (intenso)	
16		
17	Muy duro (muy intenso)	
18		
19	Muy, muy duro (muy, muy intenso)	
20	Esfuerzo máximo	