

ADVERTIMENT. L'accés als continguts d'aquesta tesi doctoral i la seva utilització ha de respectar els drets de la persona autora. Pot ser utilitzada per a consulta o estudi personal, així com en activitats o materials d'investigació i docència en els termes establerts a l'art. 32 del Text Refós de la Llei de Propietat Intel·lectual (RDL 1/1996). Per altres utilitzacions es requereix l'autorització prèvia i expressa de la persona autora. En qualsevol cas, en la utilització dels seus continguts caldrà indicar de forma clara el nom i cognoms de la persona autora i el títol de la tesi doctoral. No s'autoritza la seva reproducció o altres formes d'explotació efectuades amb finalitats de lucre ni la seva comunicació pública des d'un lloc aliè al servei TDX. Tampoc s'autoritza la presentació del seu contingut en una finestra o marc aliè a TDX (framing). Aquesta reserva de drets afecta tant als continguts de la tesi com als seus resums i índexs.

ADVERTENCIA. El acceso a los contenidos de esta tesis doctoral y su utilización debe respetar los derechos de la persona autora. Puede ser utilizada para consulta o estudio personal, así como en actividades o materiales de investigación y docencia en los términos establecidos en el art. 32 del Texto Refundido de la Ley de Propiedad Intelectual (RDL 1/1996). Para otros usos se requiere la autorización previa y expresa de la persona autora. En cualquier caso, en la utilización de sus contenidos se deberá indicar de forma clara el nombre y apellidos de la persona autora y el título de la tesis doctoral. No se autoriza su reproducción u otras formas de explotación efectuadas con fines lucrativos ni su comunicación pública desde un sitio ajeno al servicio TDR. Tampoco se autoriza la presentación de su contenido en una ventana o marco ajeno a TDR (framing). Esta reserva de derechos afecta tanto al contenido de la tesis como a sus resúmenes e índices.

WARNING. The access to the contents of this doctoral thesis and its use must respect the rights of the author. It can be used for reference or private study, as well as research and learning activities or materials in the terms established by the 32nd article of the Spanish Consolidated Copyright Act (RDL 1/1996). Express and previous authorization of the author is required for any other uses. In any case, when using its content, full name of the author and title of the thesis must be clearly indicated. Reproduction or other forms of for profit use or public communication from outside TDX service is not allowed. Presentation of its content in a window or frame external to TDX (framing) is not authorized either. These rights affect both the content of the thesis and its abstracts and indexes.



Programa de Doctorado en Medicina

Departamento de Medicina

**“Evaluación de la eficacia de un programa de
rehabilitación precoz en el paciente trasplantado de
pulmón”**

TESIS DOCTORAL

Doctorando:

Bernat Planas Pascual

Directora:

Dra. Alba Gómez Garrido

Tutor:

Dr. Albert Selva O'Callaghan

Sant Pere de Ribes, 2024

Agradecimientos

Vull dedicar un moment per expressar el meu profund agraïment a aquelles persones estimades que han estat la meva constant font de suport i ànim al llarg d'aquesta increïble travessia de la meva tesi doctoral. Les seves contribucions han estat tan valuoses que no puc evitar sentir una gratitud immensa.

A la meva família, als meus pares, Josep Maria i Maria, al meu germà Guillem, als meus tiets Ferran i Elisa, a la meva cosina-germana Irene i als petits de la família, Savina i Eric, vull expressar el meu més sincer agraïment pel seu amor incondicional i pel seu suport constant al llarg dels anys. Cadascun de vosaltres heu estat la meva roca, la meva font de fortalesa i la meva constant inspiració. Les vostres paraules d'ànim i la vostra presència han estat la brúixola que m'ha guiat en cada pas d'aquest camí acadèmic. I també vull recordar amb especial estima el meu avi Eduard, que, tot i no estar ja amb nosaltres, sé que des d'on sigui, somriu orgullós i feliç pels meus assoliments.

Als meus amics, que han estat al meu costat en els moments bons i difícils, vull expressar el meu sincer agraïment per la vostra amistat. Les vostres paraules d'ànim i la vostra voluntat d'escoltar-me en moments de dubte i esgotament han estat un regal inestimable. Heu estat el meu refugi en mig de les pressions acadèmiques i la meva raó per seguir endavant amb determinació. Els vostres gestos d'amistat han il·luminat els meus dies i m'han recordat que la vida és molt més que els reptes acadèmics. Les rialles i els moments compartits han estat el balsam que ha alleujat l'estrès i les tensions, i han enriquit la meva experiència més enllà de les pàgines de la meva tesi.

Vull fer una menció especial a la Marta Sabaté i en Gonzalo Ballesteros. Marta, per m'ets com una germana. Has estat al meu costat en cada moment, aguantant els meus alts i baixos amb una paciència i comprensió immenses. La teva presència i suport han estat fonamentals per mantenir-me i no defallir en aquest procés. Gonzalo, la teva amistat i suport constant han estat essencials per a mi, especialment en els moments més difícils. Gràcies per ser-hi sempre, escoltant i animant-me quan més ho necessitava, i pel teu "Calla y escribe, picha".

Moltes gràcies a tots: Alberto Rojo, Virginia Fernández, Irene Bello, Alba Ruiz, Josep Casimiro, Marta Moreno, Stefania Spiliopoulou, Berta Mercader, Laura Vallejo, Inés Ruiz, Berta Canut, Marc Castañer, Cristina Segura, Carla Cordón, Adrià Peris, Ana Seoane, Gemma Torrents, Àlex Ginés, Ana Mayer, Xon Bosch, Chelo Álvarez, Ana M. Zafra, Roser Roca, Elisabet Gallart, Vicenta Pujol, Patricia Launois, Carmen Simon, Pere Avilés, Míriam Bayona, Montserrat Saldaña, Montserrat Coll, Iñaki Garcia, Lídia Bertran, Marta Romeu, Jaume Fortuny, Joan M. Paños, Georgina Martínez, María José Pauta, Àlex Martínez, Borja Peñalba, Xavier Muñoz, Mar Redondo, Denys Santamarina.

I si m'he deixat algú, espero que m'ho perdoni i es consideri inclòs en aquest agraïment amb tot el meu afecte; la memòria és limitada, però la meva gratitud és infinita!

També vull expressar el meu agraïment a totes aquelles persones que he tingut la sort de conèixer en aquests últims anys. Les interaccions amb cadascuna de vosaltres han afegit colors i perspectives úniques a aquesta etapa de la meva vida. Les converses compartides, les

connexions inesperades i les amistats noves han estat com una font refrescant d'inspiració i aprenentatge. Tot i que el temps hagi estat curt, les impressions que m'heu deixat són profundes i significatives. La vostra presència ha contribuït a fer d'aquesta experiència una tapisseria rica i diversa, i us porto en el meu cor amb estima i gratitud sincera. Gràcies, Roberto Martínez, Joan Daniel Martí, Marta Raurell, Inma Vinuesa, Majo Sagrera, Antonio Rios, Ricardo Rodrigues, Ane Arbillaga, Vinicius Rosa.

A la doctora Alba Gómez, la meva directora de tesi i amiga, vull expressar el meu profund respecte i agraïment per la teva orientació experta i el teu compromís incansable. La teva saviesa i dedicació han estat el far que ha il·luminat el camí enmig de la foscor del procés d'investigació. Els teus comentaris i guiatge han enriquit el meu treball i han donat forma al meu enfocament acadèmic. La teva confiança en mi ha estat un motor per superar els obstacles i assolir nous nivells d'excel·lència.

També vull estendre el meu agraïment a en Pablo Casero, el meu psicòleg, i a la doctora Cristina Teixidó, la meva psiquiatra, que han estat al meu costat en els moments de major desafiament. El seu suport i orientació han estat crucials per mantenir l'equilibri emocional i mental enmig de les tensions i pressions inherents a aquest procés. La seva habilitat per escoltar i oferir perspectives clares i objectives m'han ajudat a enfrontar moments d'incertesa i dubte. Gràcies per la vostra dedicació i per ser uns guies constants pel meu benestar psicològic durant aquesta etapa crítica de la meva vida acadèmica.

Aquest avenç no hauria estat possible sense cadascun de vosaltres. El vostre suport ha estat la meva motivació, la vostra confiança en mi ha estat el meu impuls i el vostre amor ha estat el refugi que m'ha mantingut en peu. En tancar aquest capítol, em sento profundament agraït per tenir persones tan meravelloses a la meva vida. Aquest avenç és vostre tant com meu, i ho celebro amb el cor ple de gratitud.

Gràcies!

Listado de abreviaturas

Por orden de aparición:

- TP: *trasplante pulmonar*
- VIH: *virus de la inmunodeficiencia humana*
- IMC: *índice de masa corporal*
- DCIP: *disfunción crónica del injerto pulmonar*
- FQ: *fibrosis quística*
- LAM: *linfangioleiomomatosis*
- FPI: *fibrosis pulmonar idiopática*
- ATS: *American Thorax Society*
- FVC: *capacidad vital forzada*
- NYHA: *New York Heart Association*
- FEV₁: *volumen espiratorio forzado en el primer segundo*
- HTP: *hipertensión pulmonar*
- OMS: *Organización Mundial de la Salud*
- VD: *ventrículo derecho*
- RVP: *resistencia vascular pulmonar*
- HAP: *hipertensión arterial pulmonar*
- ECMO-BLTL: *oxigenación por membrana extracorpórea como puente hacia el trasplante pulmonar*
- ERC: *enfermedades respiratorias crónicas*
- CVDRS: *calidad de vida relacionada con la salud*
- RR: *rehabilitación respiratoria*
- SPPB: *short performance physical battery*
- DAU: *debilidad aquirida en UCI*
- UCI: *unidad de cuidados intensivos*
- VMI: *ventilación mecánica invasiva*
- MRCss: *Medical Resarch Council Sumscore*
- EMG: *electromiografía*
- MP: *movilización precoz*
- IMS: *intensive care mobility scale*
- SEEIUC: *Sociedad Española de Enfermería Intensiva y Unidades Coronarias*
- CEC: *ciclismo en cama*
- ERS: *European Respiratory Society*
- GC: *grupo control*
- PIM: *presión inspiratoria máxima*
- GE: *grupo experimental*
- IP: *investigador principal*
- PEM: *presión espiratoria máxima*
- FEM-T: *flujo máximo de tos*
- DOT: *uso de oxigenoterapia domiciliaria*
- VMNI: *ventilación mecánica no invasiva*

- LAS: *lung allocation score*
- 6MWT: *prueba de marcha de los 6 minutos*
- LLN: *límite inferior de normalidad*
- AST: *aspartato aminotransferasa*
- ALT: *alanina aminotransferasa*
- QMP: *rendimiento del músculo cuádriceps*
- BMP: *rendimiento bíceps braquial*
- DE: *desviación estándar*
- RIC: *rango intercuartílico*
- EPOC: *enfermedad obstructiva crónica*
- EPID: *enfermedad pulmonar idiopática difusa*
- ICC: *índice de comorbilidad de Charlson*
- OCD: *oxigenoterapia domiciliaria*
- preTP: *pre trasplanta pulmonar*
- HGD: *dinamometría de garra*
- DM: *dinamometría*
- PR: *programas de rehabilitación*
- VO2 Pico: *pico de oxígeno*
- EWGSOP2: *European Working Group on Sarcopenia in Older People*
- GLIM: *Global Leadership Initiative on Malnutrition*
- PTD: presión transdiafragmá
- VC: *capacidad vital*
- Ve: *volumen minuto*
- CPT: *capacidad pulmonar total*
- EMR: *entrenamiento musculatura respiratoria*
- EMI: *entrenamiento muscular inspiratorio*

Índice de ilustraciones

Ilustración 1 CEC en paciente intubado.....	36
---	----

Índice de tablas

Tabla 1 Causas de no implante de pulmones extraídos . España 2023.	13
Tabla 2 Sistema de puntaje de riesgo en la FPI (14)	19
Tabla 3 Comité de Criterios NYHA, 1964	20
Tabla 4 IMS Validada al Español (69).....	35
Tabla 5 de factores poblacionales detalla las características demográficas, antropométricas y clínicas de los pacientes.....	98
Tabla 6 Valoración funcional y respiratoria de los candidatos a TP	99
Tabla 7 Valoración funcional y respiratoria por grupos de los candidatos que fueron a TP	100
Tabla 8 Análisis estadístico entre GE y GC al alta de UCI.....	101
Tabla 9 Análisis estadístico entre GE y GC al alta de UCI con el alta hospitalaria.....	102
Tabla 10 resultados del análisis ANOVA de medidas repetidas.....	103
Tabla 11 Análisis ANOVA no paramétrico de Friedman	103

Índice de gráficos

Gráfico 1 Evolución del número de ofertas pulmonares por grupo de edad del donante. España 2014-2023.....	12
Gráfico 2 Evolución del número de ofertas pulmonares por tipo de donante. España 2014-2023.....	12
Gráfico 3 Evolución del número de donantes pulmonares eficaces y porcentaje de utilización (donantes utilizados/donantes pulmonares). España 2014-2023.	13
Gráfico 4 Distribución de pacientes según indicación para trasplante pulmonar	47
Gráfico 5 Fragilidad medida con el SPPB de los pacientes candidatos a TP	48
Gráfico 6 Dinamometria EESS/EEII y fuerza de garra en kg.	51
Gráfico 7 Comparativa de presiones respiratorias máximas de ambos grupos	51
Gráfico 8 Puntación SPPB	52
Gráfico 9 Diagnóstico SPPB.....	52
Gráfico 10 Fuerza muscular GE & GC con sus DE.....	53
Gráfico 11 HGD GE & GC con sus DE.....	53
Gráfico 12 PIM/PEM GE & GC con sus DE.....	54
Gráfico 13 Capacidad de tos del GE & GC.....	54
Gráfico 14 Porcentajes de fragilidad de ambos grupos	55

Índice

Resumen.....	9
Abstract.....	10
1 Introducción.....	11
 1.1 Trasplante de pulmón.....	11
1.1.1 Estado actual de la actividad trasplantadora en el Estado Español	11
1.1.2 Criterios de inclusión y/o exclusión de los candidatos a trasplante pulmonar	14
1.1.3 Consideraciones quirúrgicas especiales	18
 1.2 Indicaciones y consideraciones específicas en enfermedades	19
1.2.1 Fibrosis pulmonar idiopática:	19
1.2.2 Fibrosis quística	20
1.2.3 Hipertensión pulmonar	22
1.2.4 Puentes mecánicos al trasplante.....	23
 1.3 La rehabilitación en el trasplante pulmonar.....	24
 1.4 Fragilidad	26
 1.5 Debilidad adquirida	28
 1.6 Movilización precoz.....	32
 1.7 In-bed cycling / cicloergómetro de cama	36
2 Hipótesis.....	38
3 Objetivos	39
4 Material y método	40
 4.1 Metodología.....	40
 4.2 Intervención	41
 4.3 Método de aleatorización y ciego	42
 4.4 Variables de estudio	43
 4.5 Análisis estadístico	45
5 Resultados	47
 5.1 Descripción de la muestra	47
 5.2 Resultados de la valoración preTP por grupos en los pacientes que fueron a TP ...	50
 5.3 Resultados de la comparación de la intervención en UCI entre grupos.....	53
 5.4 Resultados de la comparación de la intervención entre UCI y alta hospitalaria	55
 5.5 Resultados ANOVA de medidas repetidas y Post Hoc.....	56
6 Discusión.....	60
 6.1 Limitaciones	70

7	<i>Conclusiones</i>	71
8	<i>Líneas de futuro</i>	72
9	<i>Bibliografia</i>	73
10	<i>Anexos</i>	83
10.1	Guía MRC SumScore	83
10.2	Tablas estadísticas.....	98
10.3	Hoja de consentimiento informado	104
10.4	Aprobación del comité de ética	110
10.5	Hoja de recogida de datos	112

Resumen

Antecedentes

El trasplante pulmonar (TP) es una opción terapéutica consolidada para pacientes con enfermedades respiratorias crónicas en fase terminal. Sin embargo, las complicaciones postoperatorias, como la debilidad muscular adquirida y la fragilidad, continúan afectando la recuperación. Los programas de rehabilitación precoz han demostrado ser eficaces en la mejora de la capacidad funcional y reducción de la estancia hospitalaria. Este estudio evaluó la eficacia de un programa estructurado de rehabilitación precoz en comparación con la práctica clínica habitual en pacientes trasplantados de pulmón.

Material y Métodos

Se llevó a cabo un ensayo clínico aleatorizado con 61 pacientes trasplantados de pulmón, divididos en un grupo experimental y uno control. El grupo experimental recibió fisioterapia respiratoria, cicloergómetro de cama (CEC), electroestimulación y entrenamiento inspiratorio al 60% de la presión inspiratoria máxima (PIM), mientras que el grupo control recibió fisioterapia respiratoria estándar y entrenamiento inspiratorio al 40% de la PIM. Las variables estudiadas incluyeron la capacidad funcional, medida con la prueba de caminata de seis minutos (6MWT), la fuerza muscular periférica y respiratoria, la incidencia de fragilidad y los días de estancia hospitalaria.

Resultados

Ambos grupos mostraron mejoras significativas en la capacidad funcional y la fuerza muscular al alta hospitalaria. Sin embargo, en cuanto a la fragilidad, el grupo experimental presentó una menor incidencia de fragilidad en comparación con el grupo control. Además, una mayor proporción de pacientes en el grupo experimental no fueron clasificados como frágiles al alta (54,5% frente al 40,9% en el grupo control). No se observaron diferencias significativas en los días de estancia en la UCI ni en la hospitalización total entre los grupos.

Conclusiones

El programa de rehabilitación precoz con cicloergómetro de cama y electroestimulación no mostró beneficios adicionales sobre la práctica clínica habitual en términos de mejora funcional o reducción de la estancia hospitalaria en pacientes trasplantados de pulmón. Se requieren más estudios para optimizar las estrategias de rehabilitación en este grupo de pacientes.

Abstract

Background

Lung transplantation (LT) is a well-established therapeutic option for patients with end-stage chronic respiratory diseases. However, postoperative complications such as acquired muscle weakness and frailty continue to affect recovery. Early rehabilitation programs have proven effective in improving functional capacity and reducing hospital stay. This study evaluated the effectiveness of a structured early rehabilitation program compared to usual clinical practice in lung transplant patients.

Materials and Methods

A randomized clinical trial was conducted with 61 lung transplant patients, divided into an experimental group and a control group. The experimental group received respiratory physiotherapy, bed cycle ergometer (BCE), electrostimulation, and inspiratory training at 60% of maximum inspiratory pressure (MIP), while the control group received standard respiratory physiotherapy and inspiratory training at 40% of MIP. The studied variables included functional capacity, measured by the six-minute walk test (6MWT), peripheral and respiratory muscle strength, incidence of frailty, and days of hospital stay.

Results

Both groups showed significant improvements in functional capacity and muscle strength at hospital discharge. However, regarding frailty, the experimental group had a lower incidence of frailty compared to the control group. Additionally, a higher proportion of patients in the experimental group were not classified as frail at discharge (54.5% vs. 40.9% in the control group). No significant differences were observed in ICU days or total hospital stay between the groups.

Conclusions

The early rehabilitation program with bed cycle ergometer and electrostimulation did not show additional benefits over usual clinical practice in terms of functional improvement or reduction in hospital stay in lung transplant patients. Further studies are needed to optimize rehabilitation strategies in this patient group.

1 Introducción

1.1 Trasplante de pulmón

1.1.1 Estado actual de la actividad trasplantadora en el Estado Español

El trasplante de pulmón (TP) es una opción de tratamiento bien consolidada en los pacientes con enfermedad respiratoria crónica. El TP está implantado en la mayor parte de países desarrollados desde hace más de 20 años.(1)

El año 2017 según datos de la *Global Observatory on Donation and Transplantation* se realizaron un total de 2013 trasplantes de pulmón en la Unión Europea, datos obtenidos de 28 países con una población aproximada de 508.9 millones de habitantes. En la actualidad la actividad trasplantadora del Estado Español supone entre 6 y 8,9 trasplantes por cada millón de habitantes y supone alrededor de un 6% a nivel mundial.(1,2)

En la actualidad la actividad trasplantadora en nuestra Comunidad Autónoma, Cataluña, supone aproximadamente el 21,3% del total del Estado y en el año 2023 se realizaron un total de 102 trasplantes pulmonares de los cuales 90 fueron bipulmonares y 12 unipulmonares en el Hospital Universitario Vall d'Hebron.(3)

Actualmente hay 8 centros trasplantadores de pulmón para pacientes adultos en toda España: el Hospital Universitari Vall d'Hebron en Barcelona, el Hospital Doce de Octubre y el Hospital Puerta del Hierro en Madrid, el C.H.U. A Coruña en La Coruña, el Hospital Marqués de Valdecilla en Santander, el Hospital de la Fe en Valencia, el Hospital Reina Sofía en Córdoba y recientemente el Hospital Universitario Dr. Negrín en Gran Canaria.(4)

Para poder realizar el TP, es necesario contar con la donación altruista por voluntad expresa del donante aún en vida, o bien por parte de los familiares del donante. En nuestro país, la edad de los donantes es altamente variada, pero el mayor porcentaje se concentra en las franjas de 45 a 59 años y en más de 60 años. El tipo de donante mayoritario es aquel que ha sufrido muerte encefálica, mientras que en menor porcentaje se realiza la donación en asistolia controlada y en la no controlada.(3)

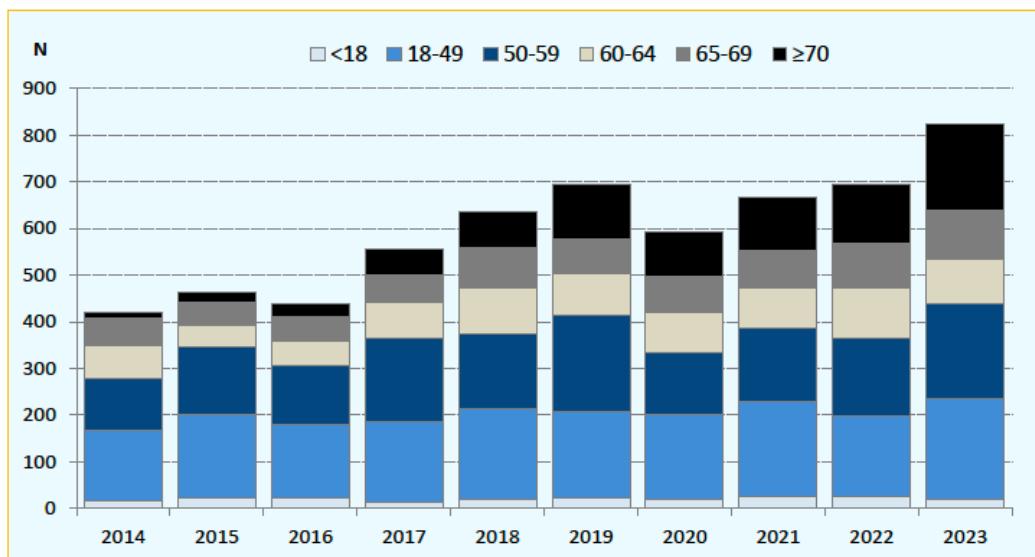


Gráfico 1 Evolución del número de ofertas pulmonares por grupo de edad del donante. España 2014-2023.

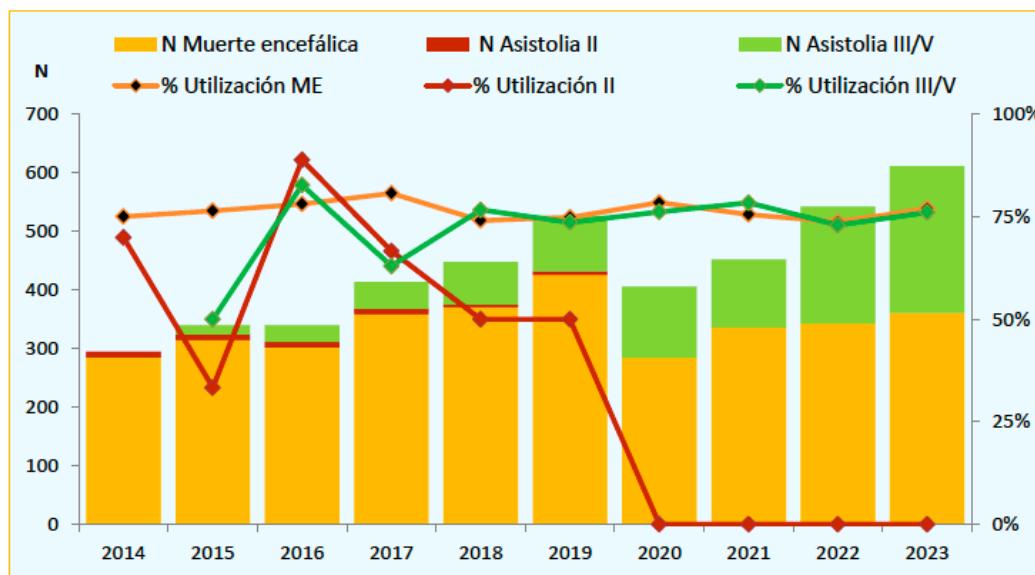


Gráfico 2 Evolución del número de ofertas pulmonares por tipo de donante. España 2014-2023.

De los pulmones ofertados en el año 2023, un total de 612 fueron eficaces, pero solo un 76,6% de estos finalmente fueron utilizados. (Figura 3). Las causas de la desestimación suelen ser por alguna alteración en su aspecto macroscópico, como enfisema, nódulos, sospecha de TBC. Entre otras causas destacan la broncoscopia patológica, procesos infecciosos, presencia de tumores o mala perfusión.(Figura 4) (3)

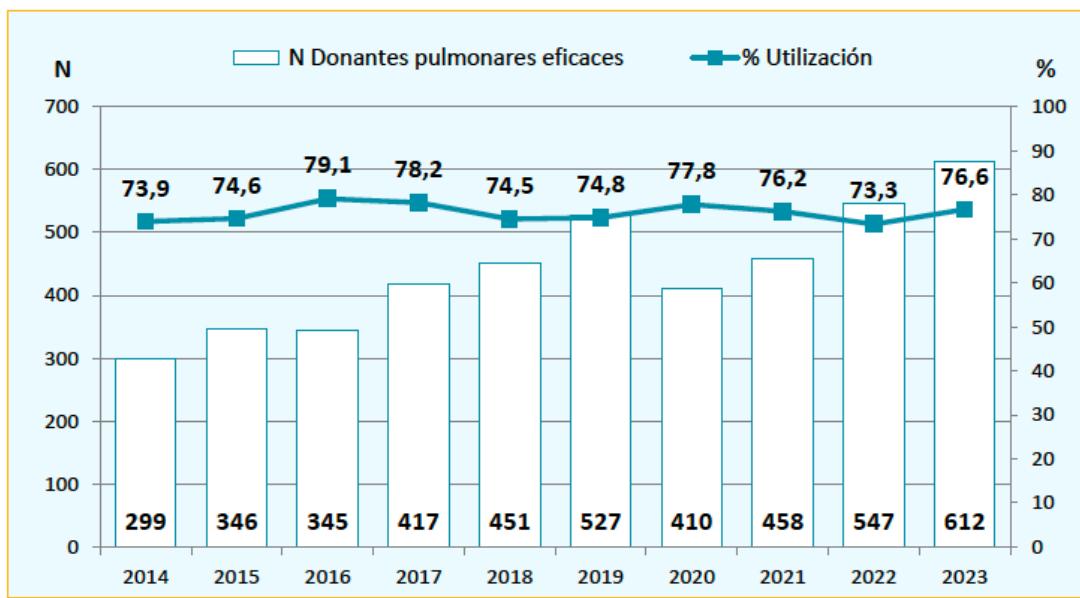


Gráfico 3 Evolución del número de donantes pulmonares eficaces y porcentaje de utilización (donantes utilizados/donantes pulmonares). España 2014-2023.

Los pulmones extraídos para trasplante bipulmonar se cuentan en bloque		N	%
Aspecto macroscópico			
Enfisema	8	5%	81
Adherencias	4	2%	1
Bullas	3	2%	1
Fibrosis	2	1%	1
Edema	2	1%	1
Nódulos	2	1%	1
Condensación	2	1%	1
Antracosis	2	1%	51
Calcificaciones			47%
Trombos			1%
Metaplasia			1%
Secreciones			1%
Atelectasias			1%
Hematoma			1%
Hipertensión pulmonar			1%
No especificado			30%
PaO ₂ < 300 mmHg		24	14%
Proceso infeccioso		21	12%
Broncoscopia patológica		11	6%
Tumor fuera del órgano valorado		6	3%
Problemas receptor		5	3%
No receptor		4	2%
Mala perfusión		4	2%
Tumor órgano valorado		4	2%
Problemas quirúrgicos en la extracción		3	2%
Contusión		3	2%
Problemas anatómicos		3	2%
Problemas quirúrgicos en el trasplante		1	1%
Otras		2	1%

Hay casos en los que hay más de una causa en la descripción del aspecto macroscópico.
Incluidos los extraídos fuera de España no trasplantados

Tabla 1 Causas de no implante de pulmones extraídos . España 2023.

1.1.2 Criterios de inclusión y/o exclusión de los candidatos a trasplante pulmonar

Se debería pensar en realizar un trasplante de pulmón en pacientes adultos que tengan enfermedades respiratorias avanzadas y que cumplan con todos los requisitos generales necesarios para ser considerados para el procedimiento. Asimismo, los trasplantes pulmonares también pueden ser una opción en pacientes pediátricos que presenten enfermedades respiratorias terminales, siempre y cuando cumplan con los criterios establecidos.(5)

- >50% de riesgo de muerte por enfermedad respiratoria en 2 años si no se realiza el trasplante pulmonar.
- Alta probabilidad (> 80%) de supervivencia de al menos 90 días después del trasplante pulmonar.
- Alta probabilidad (> 80%) de supervivencia post-trasplante de 5 años desde una perspectiva médica general proporcionada que hay una función de estrategia.

Contraindicaciones absolutas para el trasplante de pulmón (5):

- Falta de disposición o aceptación del paciente para el trasplante.
- Cáncer con alto riesgo de recurrencia o muerte relacionada con el cáncer: Cáncer reciente con un alto riesgo de recurrencia; generalmente se recomienda un intervalo libre de enfermedad de 5 años, especialmente para ciertos tipos de cáncer.
- Tasa de filtración glomerular < 40 mL/min/1.73m² a menos que se considere para trasplante de múltiples órganos.
- Síndrome coronario agudo o infarto de miocardio en los últimos 30 días (excluyendo isquemia por demanda).
- Accidente cerebrovascular en los últimos 30 días.
- Cirrosis hepática con hipertensión portal o disfunción sintética a menos que se considere para trasplante de múltiples órganos.
- Fallo hepático agudo.
- Fallo renal agudo con creatinina en aumento o en diálisis y baja probabilidad de recuperación.
- Shock séptico: Incluye inestabilidad médica aguda como sepsis aguda.
- Infección extrapulmonar activa o infección diseminada: Incluye infecciones crónicas con microbios altamente virulentos y/o resistentes, e infección activa por *Mycobacterium tuberculosis*.
- Infección por VIH con carga viral detectable.
- Obesidad de clase II o III (IMC ≥35.0 kg/m²).
- Estado funcional limitado (por ejemplo, no ambulatorio) con bajo potencial para rehabilitación post-trasplante.
- Deterioro cognitivo progresivo.
- Episodios repetidos de incumplimiento sin evidencia de mejora.

- Uso o dependencia activa de sustancias, incluyendo uso actual de tabaco, vapeo, consumo de marihuana o uso de drogas intravenosas: Se requiere prueba clara de abstinencia prolongada, incluyendo participación en terapias para tratar la adicción.
- Afecciones psiquiátricas o psicológicas graves que afectan la capacidad del paciente para cumplir con el plan de cuidados post-trasplante: Incluye afecciones que afectan la capacidad para cooperar y adherirse al plan de cuidados.
- Ausencia de un sistema de apoyo social adecuado o confiable.
- Otra condición médica severa no controlada que se espera limite la supervivencia después del trasplante: Incluye disfunción intratable de otro sistema orgánico a menos que se realice un trasplante de órganos combinado.(6)

Contraindicaciones relativas (6) para el trasplante de pulmón:

Factores con riesgo alto de complicaciones.

Cuando se presentan varios de estos factores de riesgo, se cree que pueden potenciar el riesgo de resultados adversos. Las condiciones que se pueden modificar deben ser optimizadas siempre que sea posible. Los pacientes con estas condiciones deberían ser derivados a centros especializados en la enfermedad.

1. Edad avanzada:

- Edad > 70 años.

2. Obesidad y desnutrición extrema:

- IMC > 35 kg/m².
- IMC < 16 kg/m².

3. Infecciones por microorganismos específicos:

- Infección por *Mycobacterium abscessus*.
- Infección por *Lomentospora prolificans*.
- Infección por *Burkholderia cenocepacia* o *Burkholderia gladioli*.
- Colonización o infección con bacterias, hongos y cepas de micobacterias altamente resistentes o virulentas.

4. Hepatitis y VIH:

- Hepatitis B o C con carga viral detectable y fibrosis hepática.
- VIH con carga viral indetectable (si no hay enfermedades activas relacionadas).

5. Enfermedad coronaria severa:

- Enfermedad coronaria severa que requiere cirugía de bypass coronario en el trasplante.
- Enfermedad coronaria que no puede ser revascularizada antes del trasplante.

6. Soporte vital extracorpóreo:

- Uso de ventilación mecánica y/o soporte vital extracorpóreo.

7. Retransplante:

- Retransplante <1 año después del trasplante inicial para la disfunción crónica del injerto pulmonar (DCIP) restrictiva.
- Retransplante por rechazo mediado por anticuerpos como etiología para DCIP.

Factores de riesgo con implicaciones desfavorables a corto y/o largo plazo

Los factores de riesgo pueden afectar negativamente los resultados a corto y largo plazo de un trasplante de pulmón. Aunque los programas de trasplante pueden considerar pacientes con estos riesgos, pero estos pueden incrementar el riesgo de resultados adversos.

1. Edad:

- Edad 65-70 años.

2. Obesidad y desnutrición:

- IMC 30-34,9 kg/m².
- IMC 16-17 kg/m².
- Hipalbuminemia (desnutrición).

3. Condiciones extrapulmonares:

- Diabetes mal controlada.
- Enfermedades del tejido conectivo (esclerodermia, lupus, miopatías inflamatorias).
- Enfermedad gastroesofágica severa (reflujo gastroesofágico).
- Dismotilidad esofágica.

4. Enfermedad coronaria:

- Enfermedad coronaria que puede ser revascularizada mediante intervención coronaria percutánea antes del trasplante.
- Historia de cirugía de baipás coronario.

5. Estado funcional y soporte social:

- Estado funcional limitado con potencial para rehabilitación post-trasplante.
- Fragilidad
- Sistema de apoyo social no confiable o plan de cuidado no fiable.

6. Condiciones psiquiátricas y psicológicas:

- Condiciones psiquiátricas, psicológicas o cognitivas que pueden interferir con la adherencia médica sin sistemas de apoyo suficientes.

7. Condiciones hematológicas:

- Trastornos hematológicos incurables, incluyendo diátesis hemorrágica, trombofilia, o disfunción severa de la médula ósea.
- Trombocitopenia, leucopenia, o anemia con alta probabilidad de persistencia después del trasplante.

8. Cirugía torácica previa:

- Historia de cirugía torácica previa que podría complicar el trasplante.

9. Retransplante:

- Retransplante >1 año después del trasplante inicial para DCIP obstructiva.

1.1.3 Consideraciones quirúrgicas especiales

Pre-intervención:

- La cirugía previa no es una contraindicación para el trasplante de pulmón.
- La pleurodesis previa puede presentar desafíos quirúrgicos, pero no es una contraindicación.
- El neumotórax en un paciente que puede convertirse en un futuro receptor de trasplante debe recibir el mejor tratamiento inmediato. Es poco probable que la elección de la intervención afecte la aceptación futura para el trasplante.
- Se esperan mayores tasas de sangrado, re-exploración y disfunción renal en pacientes con procedimientos torácicos previos. Estas condiciones pueden verse agravadas por tiempos de baipás cardiopulmonar más largos.
- En pacientes bien seleccionados, el resultado a mediano y largo plazo no se verá afectado por procedimientos torácicos previos.
- Por el contrario, los pacientes mayores (> 65 años) con otras comorbilidades tienen peores resultados, y el procedimiento intrapleural previo debe tenerse en cuenta durante la selección.

La historia de cirugía cardiotorácica previa en pacientes generalmente no representa una contraindicación para el trasplante pulmonar en la mayoría de los casos. Existen investigaciones retrospectivas desde la década de los 90 hasta la actualidad que brindan respaldo a esta práctica.(7-9) Resumiendo, ciertos procedimientos quirúrgicos que podrían haberse llevado a cabo antes de un trasplante pulmonar abarcan videotoracoscopias para biopsias en condiciones como la fibrosis pulmonar, reducciones de volumen en enfermedades como la fibrosis quística (FQ) o la limfangioleiomatosis (LAM), así como el tratamiento de neumotórax recurrentes.(8,10)

En resumen, según la literatura publicada, se puede concluir que cualquier cirugía previa, particularmente la pleurodesis (tanto quirúrgica como química), está asociada con un aumento del riesgo de complicaciones postoperatorias tempranas. Estas complicaciones incluyen pérdida de sangre, disfunción renal y disfunción del injerto. Además, se ha observado una mayor incidencia de daño en el nervio frénico, quilotórax y la necesidad de re-exploración.(11)

1.2 Indicaciones y consideraciones específicas en enfermedades

1.2.1 Fibrosis pulmonar idiopática:

La *American Thoracic Society* (ATS) definió la fibrosis pulmonar idiopática (FPI) como una forma específica de neumonía intersticial fibrosa progresiva y crónica de causa desconocida, que se presenta principalmente en adultos mayores y se limita a los pulmones. (12)

La FPI se caracteriza por un empeoramiento progresivo de la disnea y la función pulmonar y se asocia con un pronóstico desfavorable. En el último documento de consenso de la ATS el trasplante y el oxígeno suplementario son los dos únicos tratamientos fuertemente recomendados en el momento del diagnóstico. (11)

La FPI tiene un pobre pronóstico a corto plazo ya que estudios de cohortes retrospectivos reportan una media de 2-3 años de vida desde el diagnóstico y solo un 20-30% de los pacientes sobreviven a los 5 años de ser diagnosticados. (13)

Éste hecho remarca la importancia de remitir a estos pacientes recién diagnosticados al programa de trasplante para ser incluidos en lista ya que puede darse un deterioro rápido y inesperado. (14)

Los factores pronósticos en la FPI se han revisado recientemente y los predictores clínicos de peor supervivencia incluyen la edad avanzada, disnea, función pulmonar baja o en declive, hipertensión pulmonar, enfisema concomitante, compromiso radiológico extenso, baja capacidad de ejercicio o desaturación en esfuerzo y neumonitis intersticial habitual (UIP) en histopatología. Du Bois et al,(15) desarrollaron un sistema práctico de puntaje de riesgo de 4 ítems, donde se incluye la edad, la hospitalización por problema respiratorio, el porcentaje predicho de la capacidad vital forzada (FVC) y el cambio de la FVC en 24 semanas. Si se valida, particularmente en pacientes con FPI que son candidatos potenciales para un trasplante de pulmón, este modelo podría ser una ayuda útil para derivar y facilitar la toma de decisiones. (11)

TABLE 4. MORTALITY RISK SCORING SYSTEM FOR PATIENTS WITH IDIOPATHIC PULMONARY FIBROSIS

(1) Sum individual scores corresponding to level of each risk factor for a given patient*		(2) Find expected 1-year probability of death corresponding to total risk score	
Risk Factors	Score	Total Risk Score	Expected 1-Year Risk of Death
Age			
≥70	8	0-4	<2%
60-69	4	8-14	2-5%
<60	0	16-21	5-10%
History of respiratory hospitalization			
Yes	14	22-29	10-20%
No	0	30-33	20-30%
% Predicted FVC			
≤50	18	34-37	30-40%
51-65	13	38-40	40-50%
66-79	8	41-43	50-60%
≥80	0	44-45	60-70%
24-Week change in % predicted FVC			
≤ -10	21	47-49	70-80%
-5 to -9.9	10	>50	>80%
> -4.9	0		

* For example: total score for a patient aged 70 years, with no history of respiratory hospitalization, a % predicted FVC of 51-65, and a 24-week change in % predicted FVC of -5 to -9.9, is 31 (8 + 0 + 13 + 10) and predicted 1-year probability of death, 20-30%.

Tabla 2 Sistema de puntaje de riesgo en la FPI (14)

1.2.2 Fibrosis quística

La fibrosis quística (FQ) es la enfermedad genética más frecuente en la raza caucásica, con una frecuencia de 1:5.500 nacidos vivos. (16)

La enfermedad pulmonar es la principal causa de mortalidad en el 80% de los pacientes y la única terapia que ha demostrado mejorar la supervivencia de los pacientes con enfermedad pulmonar avanzada es el TP. (17)

El TP debe considerarse para pacientes con FQ que tienen una supervivencia prevista de menos de 50% a 2 años y que tienen limitaciones funcionales clasificadas como *New York Heart Association* (NYHA) Clase III o IV.

CLASIFICACIÓN FUNCIONAL DE LA NEW YORK HEART ASSOCIATION

<i>Clase I</i>	No limitación de la actividad física. La actividad ordinaria no ocasiona excesiva fatiga, palpitaciones, disnea o dolor anginoso.
<i>Clase II</i>	Ligera limitación de la actividad física. Confortables en reposo. La actividad ordinaria ocasiona fatiga, palpitaciones, disnea o dolor anginoso.
<i>Clase III</i>	Marcada limitación de la actividad física. Confortables en reposo. La actividad física menor que la ordinaria ocasiona fatiga, palpitaciones, disnea o dolor anginoso.
<i>Clase IV</i>	Incapacidad para llevar a cabo cualquier actividad física sin confort. Los síntomas de insuficiencia cardiaca o síndrome anginoso pueden estar presentes incluso en reposo. Si se realiza cualquier actividad física, el confort aumenta.

Tabla 3 Comité de Criterios NYHA, 1964

Predecir la supervivencia en los pacientes con FQ usando datos objetivos no ha sido nunca fácil ya que no es suficiente con un solo factor para predecirla. La función pulmonar es una medida útil para predecir la evolución de la enfermedad. (18)

El Volumen Espiratorio Forzado en el primer segundo, FEV₁, ha sido el parámetro más usado como factor predictor de mortalidad. Desde 1992, Kerem *et al*, reportaron que una FEV₁ inferior al 30% del valor predicho estaba asociado a un 40% de mortalidad en hombres y un 55% en mujeres a 2 años vista. (19)

Mayer-Hamblett N et al, intentaron determinar si factores adicionales como la edad, el peso, los resultados del análisis microbiológico respiratorio, el número de hospitalizaciones y el uso de antibióticos intravenosos en el hogar podrían predecir la mortalidad temprana junto con la medición de la función pulmonar conocida como FEV1. Sin embargo, descubrieron que el modelo de regresión logística multivariante no fue más efectivo para predecir la mortalidad temprana que el FEV1 por sí solo. (20)

Desde sus inicios hasta la actualidad, los estudios sobre factores pronósticos en la FQ han ido mejorando paulatinamente. De hecho, dos grandes estudios de cohorte en pacientes americanos han sido capaces de predecir la supervivencia a 2 y 5 años, aunque con resultados discrepantes (20,21). Esta dificultad en desarrollar modelos pronósticos fiables probablemente radica en que el pronóstico de la FQ es altamente variable entre diferentes individuos, como corresponde a una enfermedad compleja con afectación multisistémica. (1)

En la práctica clínica, para tomar una decisión adecuada acerca de cuándo remitir al paciente a TP, se deben considerar tanto las variables pronósticas habituales como la opinión del paciente y la familia. Está claro que hay que remitir a los pacientes con un FEV₁ inferior al 30% o que empeoren rápidamente y tras el alta hospitalaria de un paciente ingresado en la UCI por una exacerbación grave (22). La decisión final de TP va a tener en cuenta múltiples factores como el FEV₁, las necesidades de oxígeno, la presencia o no de hipercapnia, la necesidad de ventilación no invasiva, el curso clínico del paciente y su historial de agudizaciones, el estado funcional y la situación del resto de la economía del paciente.(1)

1. Remisión (recomendación consistente, calidad de evidencia moderada):
 - a. FEV₁ inferior al 30% o descenso rápido, en particular en mujeres jóvenes.
 - b. Exacerbación que requiere el ingreso en una UCI.
 - c. Incremento de la frecuencia de exacerbaciones que requieren antibióticos.
 - d. Neumotórax recurrente o refractario.
 - e. Hemoptisis recurrente no bien controlada con embolizaciones bronquiales.
 - f. Desnutrición incontrolable sin otra causa que la infección bronquial crónica.
2. Trasplante (recomendación consistente, calidad de evidencia moderada):
 - a. Insuficiencia respiratoria que precisa oxigenoterapia continua.
 - b. Presencia de hipercapnia.
 - c. Presencia de hipertensión arterial pulmonar, HAP.

1.2.3 Hipertensión pulmonar

La hipertensión pulmonar (HTP) puede presentarse de manera idiopática o como consecuencia de otras enfermedades circulatorias. Se asocia con un incremento en la resistencia vascular pulmonar, un mayor flujo de sangre en las arterias pulmonares y/o con el aumento de las presiones de llenado en el corazón izquierdo.(23)

La Organización Mundial de la Salud (OMS) define la HTP como una condición en la que la presión en las arterias pulmonares se eleva debido al estrechamiento de estas, lo que dificulta el paso de la sangre. Este estrechamiento obliga al ventrículo derecho (VD) a esforzarse más para mantener el flujo sanguíneo hacia los pulmones. Con el tiempo, el músculo del corazón se debilita y pierde la capacidad de bombear suficiente sangre para satisfacer las necesidades del cuerpo. El aumento de la presión provoca que el corazón se agrande, lo que eventualmente resulta en su insuficiencia, causando fatiga (bajo gasto cardíaco) y congestión sistémica.

La HTP es una patología grave que tiene su origen en las arteriolas pulmonares precapilares, donde se producen fenómenos de hiperplasia e hipertrofia en todas sus capas. Este proceso genera un incremento en las resistencias vasculares pulmonares (RVP), lo que lleva a una carga elevada y constante sobre el ventrículo derecho (VD), cuyo funcionamiento terminará por deteriorarse a medio o largo plazo. (24,25)

Los síntomas de la HTP incluyen dificultad para respirar durante la actividad física, desmayos y una fatiga extrema, lo que reduce la capacidad de los pacientes para realizar ejercicio. Además, pueden presentar cianosis, hinchazón en los tobillos y alteraciones en el color de la piel.(26)

Se desconoce la prevalencia exacta de la hipertensión pulmonar en la población general, probablemente debido a su amplia clasificación y diversas causas. Aunque tradicionalmente se pensaba que la HTP afectaba principalmente a mujeres en edad fértil, ahora se sabe que esta condición impacta a personas de todas las edades, géneros y grupos raciales. Un estudio que analizó las tasas de mortalidad en bases de datos nacionales de vigilancia, abarcando a pacientes con diferentes tipos de HTP, ofrece una mejor comprensión de su prevalencia en la población general.(27)

Entre los diversos tipos de hipertensión pulmonar, el más investigado es la hipertensión arterial pulmonar (HAP), que es poco común en la población general. Se estima que su prevalencia varía entre 5 y 15 casos por cada millón de habitantes.(27)

1.2.4 Puentes mecánicos al trasplante

Históricamente, la ventilación mecánica servía como el principal soporte para la insuficiencia respiratoria grave y se usaba con reticencia para preparar a los pacientes para el trasplante de pulmón porque requería sedación profunda y agentes bloqueadores neuromusculares y se asociaba con malos resultados postrasplante.

La oxigenación por membrana extracorpórea como puente hacia el trasplante pulmonar (ECMO-BTLT) proporciona soporte cardiopulmonar que puede complementar o reemplazar la ventilación mecánica, facilitando la rehabilitación, mitigando la falla orgánica y preservando la elegibilidad para el trasplante pulmonar. Cada vez más, los centros de trasplante utilizan ECMO-BTLT cuando se requiere un soporte avanzado, en lugar de la ventilación mecánica.

La ECMO ha evolucionado de proporcionar soporte cardiopulmonar emergente y temporal en el periodo peritrasplante a una estrategia proactiva para facilitar la movilidad del paciente, optimizar su acondicionamiento y la función de los órganos, minimizar los efectos perjudiciales de la ventilación mecánica y, en última instancia, preservar la elegibilidad para el trasplante de pulmón. Los resultados del ECMO-BTLT han mejorado con el tiempo, aunque los datos son inconsistentes y variables. La selección de pacientes debe guiarse por principios similares a la elegibilidad para el trasplante de pulmón, aunque la edad y las características que conducen a tiempos prolongados en lista de espera pueden considerarse contraindicaciones relativas para ECMO-BTLT. El modo y la configuración se eligen en función de los déficits fisiológicos agudos y anticipados que se desarrollarán con la progresión de la enfermedad. El manejo clínico se guía por el diagnóstico y la etiología del componente agudo del compromiso clínico del paciente. El momento de la iniciación es crucial para evitar las secuelas del colapso respiratorio y hemodinámico y lograr un soporte fisiológico adecuado. El éxito del ECMO-BTLT depende de la toma de decisiones informada por las particularidades de los diferentes tipos de enfermedad y la colaboración y experiencia multidisciplinaria. El ECMO-BTLT se encuentra en el núcleo del ethos del trasplante pulmonar para maximizar el beneficio de los órganos disponibles.

1.3 La rehabilitación en el trasplante pulmonar

Los pacientes con enfermedades respiratorias crónicas (ERC) en estado avanzado presentan intolerancia al esfuerzo debido tanto a la disnea como a la fatiga muscular, lo que afecta negativamente su calidad de vida relacionada con la salud (CDVRS) y su capacidad para participar e integrarse en la sociedad. La disnea, o dificultad para respirar, se manifiesta como una sensación angustiante de falta de aire, mientras que la fatiga muscular, que se refiere a la debilidad y agotamiento de los músculos, limita significativamente las actividades diarias de estos pacientes. Esta combinación de síntomas no solo impide a los pacientes llevar una vida normal, sino que también puede llevar a un deterioro físico y emocional considerable. (28)

Los programas de rehabilitación respiratoria (RR) se han implementado mundialmente como una estrategia terapéutica para los pacientes con ERC. Estos programas están diseñados para mejorar la capacidad funcional de los pacientes a través de un enfoque multidisciplinario que incluye entrenamiento físico, educación y apoyo psicosocial. Sin embargo, la inclusión de pacientes que son candidatos a TP en estos programas no siempre está claramente definida. Los estudios han demostrado que los programas de RR pueden aumentar la capacidad de ejercicio de los pacientes, reducir la disnea y mejorar la CDVRS, lo cual es crucial para los pacientes que se preparan para un TP. Al mejorar la capacidad de ejercicio y la salud general antes de la cirugía, los pacientes tienen una mayor probabilidad de experimentar resultados de salud más exitosos después de la cirugía. (29)

El trasplante pulmonar es una opción de tratamiento para aquellos pacientes con ERC en fase terminal, cuando otras intervenciones médicas no han logrado controlar la progresión de la enfermedad. Los avances en la preservación de órganos, técnicas quirúrgicas, terapia de inmunosupresión y uso de antibióticos han contribuido significativamente a mejorar la supervivencia postoperatoria de estos pacientes. La rehabilitación pulmonar, en este contexto, juega un papel fundamental tanto antes como después del TP. Antes del TP, la rehabilitación ayuda a optimizar la condición física del paciente, lo cual es vital para soportar el estrés de la cirugía. Después del TP, la rehabilitación ayuda a los pacientes a recuperar la función pulmonar y muscular, facilitando una recuperación más rápida y eficaz.(30)

Los programas de RR incluyen una variedad de intervenciones como el entrenamiento aeróbico, ejercicios de resistencia, técnicas de manejo de la respiración y apoyo psicológico. Estos componentes están diseñados para abordar las diversas necesidades de los pacientes con ERC. El entrenamiento aeróbico mejora la capacidad cardiovascular y la resistencia, mientras que los ejercicios de resistencia fortalecen los músculos, incluidos los músculos respiratorios, lo que es crucial para mejorar la disnea. Además, las técnicas de manejo de la respiración ayudan a los pacientes a controlar mejor sus patrones respiratorios, reduciendo la sensación de disnea durante las actividades diarias. (31)

Un estudio sistemático mostró que los pacientes en lista de espera para trasplante pulmonar que participaron en programas de RR experimentaron mejoras significativas en su capacidad de caminar, medida a través de la prueba de caminata de 6 minutos, y en varios aspectos de la calidad de vida evaluada mediante el cuestionario Short Form 36. Estos resultados subrayan la efectividad de los programas de RR en la preparación de los pacientes para el trasplante. (31)

Los pacientes que se someten a rehabilitación pulmonar preoperatoria también pasan menos días en las UCI, menos días de ventilación mecánica y menos días con tubos torácicos postoperatorios, lo que refleja una recuperación más rápida y con menos complicaciones. (31)

La rehabilitación pulmonar también tiene beneficios psicológicos importantes. Los pacientes con ERC a menudo experimentan ansiedad y depresión debido a la naturaleza crónica y debilitante de su enfermedad. Los programas de RR proporcionan un entorno de apoyo donde los pacientes pueden aprender técnicas de manejo del estrés, participar en actividades grupales y recibir apoyo emocional, lo cual es crucial para su bienestar general. (31,32)

La rehabilitación respiratoria es un componente esencial en la gestión de pacientes con ERC en fase terminal que son candidatos a trasplante pulmonar. Al mejorar la capacidad de ejercicio, reducir la disnea y mejorar la calidad de vida, estos programas no solo preparan a los pacientes para una cirugía exitosa, sino que también promueven una recuperación postoperatoria más rápida y con menos complicaciones. La integración de programas de RR bien definidos y estructurados en el tratamiento de estos pacientes puede llevar a mejoras significativas en los resultados de salud y en la calidad de vida general, destacando la importancia de estos programas en la atención integral de los pacientes con enfermedades respiratorias crónicas. (31,32)

1.4 Fragilidad

Los candidatos a TP se los identifica fragilidad con una prevalencia que oscila entre el 0% y el 58%, dependiendo de la población, el entorno de estudio, las prácticas individuales del centro y la medida de fragilidad utilizada.⁽³³⁾ La fragilidad se define como un estado de vulnerabilidad ante factores estresantes, condicionada por la limitación de los mecanismos compensadores que, aunque es dinámica en el tiempo y potencialmente modificable, sitúa el individuo en una situación de alto riesgo de males resultados de salud.⁽³⁴⁾

La fragilidad en estos TP se ha asociado a resultados adversos antes y después de esta intervención. Previamente al trasplante, esta se asocia con la discapacidad, la retirada de la lista y la muerte antes de la intervención. Posteriormente a ésta, se relaciona con una mortalidad precoz, un aumento de la duración de la estancia hospitalaria, además reingresos hospitalarios y caídas, entre otros. ^(33,35-38) La herramienta de criba más utilizada para evaluar la fragilidad en candidatos a trasplante de pulmón es el Short Performance Physical Battery SPPB.⁽³³⁾

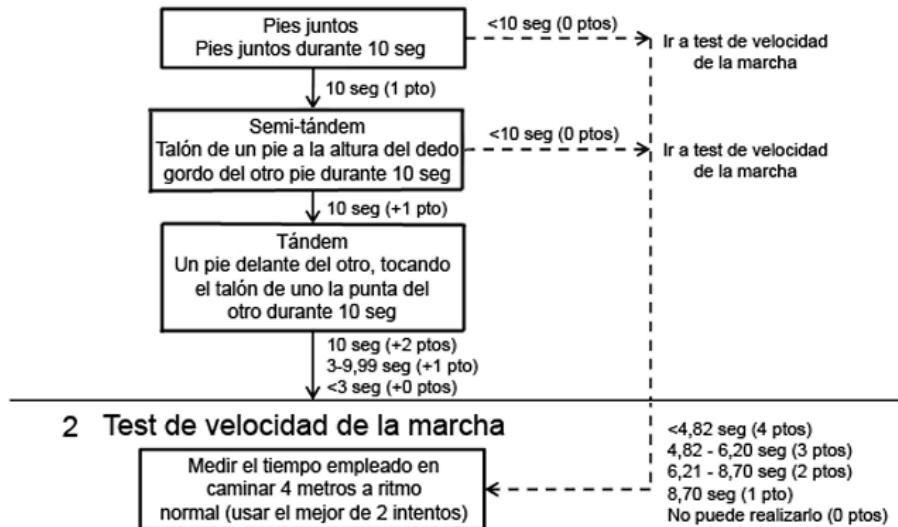
El estudio de cohortes de Courtwright et al.⁽³⁹⁾, en 2019, analizaba cómo era la fragilidad al alta hospitalaria y al alta del proceso ambulatorio con el SPPB. Este concluyó que al alta hospitalaria el 54,6% de los pacientes con TP eran frágiles con un SPPB <7, en cambio, al alta ambulatoria (aproximadamente después de seis semanas) el 85,7% de estos ya eran considerados no frágiles. Del mismo modo, a pesar de que hay una literatura emergente que sugiere esta reversibilidad, hay pocos estudios que informan sobre programas diseñados para mejorar la fragilidad en receptores del trasplante.

El SPPB es una herramienta de evaluación clínicamente útil para evaluar el rendimiento físico de los pacientes quirúrgicos. El bajo rendimiento físico detectado por la SPPB puede ser predictivo de complicaciones pulmonares postoperatorias después de la cirugía de resección pulmonar, tales como neumonías, fistulas, atelectasias o derrame pleural. ⁽⁴⁰⁾ También se ha demostrado que las puntuaciones más bajas en el SPPB predicen un mayor riesgo de caídas, pérdida de independencia en las actividades de la vida diaria, disminución de la movilidad, discapacidad, deterioro de la salud, re-hospitalización, aumento de la duración de la estancia hospitalaria, ingreso en hogares de anciano y muerte. ⁽⁴¹⁾

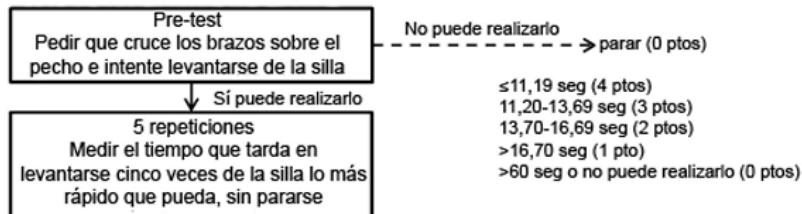
Es una prueba eficiente, efectiva y precisa que también puede usarse en investigación puesto que el tiempo utilizado para pasarlo es bajo y requiere de muy poco equipamiento, una silla y un cronómetro con lo que puede emplearse en cualquier lugar. ⁽⁴¹⁾

El SPPB ^(42,43) consta de tres evaluaciones que puntúan en una escala de 0 a 4 puntos (Figura 6). La puntuación final varía de 0 a 12, con puntuaciones más altas que indican una función superior de las extremidades inferiores (es decir, menos fragilidad). Pacientes con 0 - 6 puntos se clasifican como frágiles, con 7 - 9 puntos como pre-frágiles y con 10 – 12 puntos como no frágiles. ⁽⁴⁴⁾

1 Test de equilibrio



3 Test de levantarse de la silla



1.5 Debilidad adquirida

La debilidad muscular adquirida en la unidad de cuidados intensivos (DAU) se caracteriza por una disminución generalizada de la fuerza muscular que se observa clínicamente en pacientes críticos debido a la condición crítica que están atravesando y a su estancia en la unidad de cuidados intensivos (UCI). Cuando se encuentran debilidad muscular bilateral, disminución del tono muscular principalmente en las extremidades inferiores, se debe considerar la posibilidad de DAU y realizar un diagnóstico diferencial. Según los datos más recientes, alrededor del 40% de los pacientes ingresados en UCI desarrollan DAU durante su periodo de hospitalización. (45,46)

En la actualidad, se ha descubierto que la fisiopatología de la DAU es más compleja de lo que se creía inicialmente. Es importante no confundirla con una simple atrofia muscular, ya que en este último caso suele haber una causa evidente de desuso y suele recuperarse efectivamente con el tiempo y el ejercicio. Sin embargo, la DAU se caracteriza por un proceso de deterioro muscular distinto y, además, puede prolongarse durante un período considerable después del alta de la UCI y el hospital. (45)

El término DAU abarca distintos subtipos de presentación, incluyendo la polineuropatía del paciente crítico (lesión en los nervios periféricos), la miopatía del paciente crítico (lesión en las fibras musculares) y la combinación de ambas en un mismo individuo. Para diferenciar entre estos subtipos, se requiere un estudio electromiográfico. Conocer el tipo específico de DAU es fundamental para definir el tratamiento de manera más precisa y establecer un pronóstico más preciso. Por ejemplo, la polineuropatía tiende a ser más persistente y requiere un tiempo de recuperación más prolongado en comparación con la miopatía.(45) La polineuropatía puede provocar además alteraciones en las fibras sensitivas y tiende a afectar con mayor frecuencia a los grupos musculares distales, mientras que la miopatía suele afectar más a los grupos musculares proximales. Sin embargo, es importante destacar que la presentación de la enfermedad puede variar entre individuos y se requiere una evaluación individualizada. También es necesario considerar la posibilidad de que existan otras causas de debilidad muscular, las cuales pueden superponerse con la DAU. Por lo tanto, es crucial realizar una evaluación exhaustiva para identificar todas las posibles causas subyacentes de la debilidad muscular.(46)

Varios estudios han observado a nivel celular una serie de cambios en la DAU. Estos cambios incluyen una desorganización de los sarcómeros, una disminución en el grosor de los miocitos, pérdida de proteínas musculares con mayor afectación de la miosina, y una reducción en la proporción de fibras musculares de tipo II. Estos hallazgos a nivel celular tienen repercusiones clínicas, como una reducción en la fuerza muscular máxima y una disminución en la conducción en la placa motora durante la estimulación directa. Además, se requiere una mayor cantidad de calcio para activar la contracción muscular. Estos cambios también explican la disminución del tono muscular observada en los pacientes con DAU.(45,46)

Durante la estancia en la UCI, se produce un desequilibrio entre la degradación de proteínas musculares y la síntesis de proteínas, lo que resulta en un estado catabólico. Esta situación conduce a una pérdida significativa de masa muscular, llegando hasta un 20% en los primeros 10 días. Además, se observa una alteración en la capacidad mitocondrial para producir ATP, que es la principal fuente de energía para las células musculares. Como resultado de estos procesos, la DAU también se relaciona con una menor capacidad para realizar ejercicio activo, así como la aparición de fatiga precoz y claudicación. Estas manifestaciones clínicas se deben a la disminución en la función y la resistencia muscular causadas por el estado catabólico y la alteración en la producción de energía a nivel celular. (45)

Los cambios a nivel celular se detectaron después de 5 días de hospitalización, pero los síntomas clínicos pueden manifestarse en pocas horas después del ingreso en casos graves, lo que demuestra que la DAU no se limita únicamente a pacientes con una estancia prolongada en la UCI. (45,46)

La DAU puede manifestarse de diversas formas además de la pérdida de masa y fuerza muscular tanto periférica como respiratoria. La disfunción del diafragma asociada al uso de ventilador mecánico se observa en aproximadamente el 80% de los pacientes con DAU, mientras que la disfagia (dificultad para tragar) está presente en alrededor del 60% de los pacientes dados de alta. Esta condición no solo afecta a la musculatura periférica, sino también a los músculos respiratorios y deglutorios. En muchos casos, puede haber una superposición entre la DAU y la disfunción del diafragma asociada al ventilador, aunque también pueden manifestarse por separado. Estas condiciones combinadas dificultan el destete temprano de la ventilación mecánica invasiva (VMI) y prolongan el proceso de destete, lo que resulta en una mayor estancia en la UCI. Tanto la DAU como la presencia de un tubo endotraqueal o una cánula de traqueostomía son factores de riesgo para el desarrollo de disfagia, lo que representa un riesgo para la seguridad de las vías respiratorias y aumenta el riesgo de complicaciones adicionales. Además, la presencia de disfagia también se asocia con un aumento en los días de estancia en la UCI. (46)

Lamentablemente, el diagnóstico de la DAU a menudo se retrasa debido a la inestabilidad de los pacientes y a la presencia de la enfermedad subyacente que ha requerido su ingreso en la UCI. En la actualidad, no existe un Gold Standard establecido para su detección de manera definitiva. (45,46) Desde el punto de vista clínico, la debilidad muscular periférica se evalúa utilizando la escala de sumatoria de Medical Research Council (MRCss), que valora la función de tres grupos musculares principales en cada extremidad y asigna una puntuación de 0 a 5 según el nivel de fuerza muscular. La puntuación máxima total de las cuatro extremidades es de 60 puntos. Si el puntaje total es inferior a 48, se puede establecer el diagnóstico DAU si no hay otra causa plausible identificada. Si el puntaje se encuentra entre 36 y 48, se clasifica como DAU leve, mientras que por debajo de 36 se considera DAU grave. Sin embargo, es importante destacar que esta clasificación no está ampliamente aceptada y solo se utiliza en algunas referencias bibliográficas. Además, la DAU también se puede diagnosticar mediante el uso de la dinamometría de garra, que mide la fuerza de agarre. Un valor por debajo de 11 kg en hombres y 7 kg en mujeres puede indicar la presencia de DAU. (46)

La condición del paciente crítico presenta desafíos para lograr un diagnóstico clínico temprano. La sedación, el delirio y la administración de medicamentos como bloqueantes musculares, opiáceos y benzodiacepinas dificultan la colaboración activa del paciente, lo cual es necesario para realizar pruebas clínicas exhaustivas. En estas circunstancias, la electromiografía (EMG) puede ser una alternativa válida, aunque implica mayores costos y recursos.⁽⁴⁶⁾

Existen varios factores de riesgo asociados al desarrollo de la DAU. Estos incluyen la gravedad de la enfermedad subyacente^(46,47), la presencia de comorbilidades⁽⁴⁶⁾, la sepsis⁽⁴⁵⁻⁴⁸⁾, la disfunción multiorgánica^(45,46,48), la hiperglicemia^(45,46), el uso de glucocorticoides^(46,49), períodos prolongados de inmovilidad^(48,49) y una duración prolongada de la ventilación mecánica. La sepsis y la disfunción multiorgánica, que generan una inflamación sistémica, son especialmente implicadas en la aparición de la DAU.⁽⁴⁵⁾ La inflamación muscular desencadenada por estos estados contribuye al desarrollo de la debilidad. Aunque anteriormente se había sugerido que los bloqueantes musculares podían ser un factor de riesgo, estudios más recientes, como el de Schefold y colaboradores, descartan esta asociación debido a la falta de evidencia sólida. Sin embargo, es importante destacar que la sedación prolongada y el uso de bloqueantes musculares promueven la inmovilidad prolongada del paciente, lo cual puede favorecer la aparición de la DAU.⁽⁴⁶⁾

A pesar de que los glucocorticoides reducen la inflamación y las reacciones proinflamatorias, se han asociado con un aumento en la frecuencia de la DAU y una prolongación en la estancia en la UCI. En cuanto a la hiperglicemia, esta parece tener un impacto principalmente en el desarrollo de polineuropatías; sin embargo, el aumento en la administración de dosis de insulina no ha demostrado una disminución en la debilidad muscular.⁽⁴⁵⁾

Actualmente se está investigando la posible relación entre el uso de medicación vasoactiva y el desarrollo de polineuropatías en el contexto de la DAU. Aunque aún no se dispone de suficiente evidencia para considerarla como un factor de riesgo establecido para ello, los estudios de investigación han encontrado una asociación entre la estimulación intensa de los receptores betaadrenérgicos y el proceso de muerte celular (apoptosis y necrosis) a nivel muscular. Además, el uso de medicación vasoactiva también puede contribuir a un aumento en los niveles de glucosa en sangre, lo cual sí se ha identificado como un factor de riesgo conocido para la DAU.⁽⁴⁷⁾ A partir de la información presentada por Wolfe, se puede apreciar que los agentes vasoactivos desempeñan una función significativa en la administración de anestesia y sedación en pacientes críticos. Sin embargo, es importante destacar que las dosis requeridas para lograr resultados satisfactorios son altas, lo cual indica la necesidad de contar con más pruebas que respalden su uso a largo plazo.⁽⁴⁷⁾

Los resultados inmediatos de la DAU se manifiestan en consecuencias tales como una prolongada estancia hospitalaria, mayor duración del soporte de ventilación mecánica (dificultades para la retirada de este) y un incremento en la tasa de mortalidad. Se ha establecido una relación entre la debilidad muscular al momento del alta de la UCI y un mayor grado de discapacidad funcional al ser dado de alta del hospital, así como una prolongación generalizada de la estancia total.⁽⁴⁸⁾

A largo plazo, se observa cierta variabilidad en los efectos de la DAU. Algunos pacientes experimentan debilidad persistente incluso meses después de haber sido dados de alta, mientras que otros tienen una mejor recuperación. Sin embargo, en general, se nota una disminución en la función física, una baja tasa de retorno al trabajo y una menor calidad de vida. Estos síntomas clínicos pueden explicarse a nivel celular. Incluso a los 6 meses, se observa una reducción en el número de células satélite, que son células involucradas en la regeneración muscular, así como la presencia de células satélite disfuncionales en comparación con individuos sanos. (45) Aun así, no se encuentran todavía diferencias significativas en la calidad de vida a los 6 meses (48), aunque sí que se ha relacionado con una mayor mortalidad en el primer año post-UCI. (50)

Los efectos a largo plazo de la DAU son menos conocidos en comparación con los efectos a corto plazo, principalmente debido a la falta de estudios con una sólida potencia estadística y un seguimiento adecuado de los pacientes a lo largo del tiempo. Estos aspectos suelen ser las limitaciones más comunes en este tipo de investigaciones.

Hasta el momento, no se han identificado intervenciones efectivas para prevenir la DAU. Sin embargo, es posible tomar medidas para reducir el impacto de los factores de riesgo asociados. (45,46) En relación con esto, la movilización precoz (MP) ha mostrado resultados prometedores.

1.6 Movilización precoz

La movilización se define como una serie de estrategias integradas en el cuidado integral del paciente, las cuales facilitan e impulsan la ejecución de ejercicios de movilidad. Estos ejercicios pueden ser pasivos o activos, y se pueden realizar tanto en el lecho del paciente como fuera de él, con el propósito de mejorar y preservar su capacidad de movimiento. El término "precoz" se aplica cuando estas medidas se implementan durante las primeras 72 horas desde el ingreso del paciente a la UCI. Algunos expertos consideran que la movilización precoz es viable tan pronto como el paciente alcance una condición clínica lo suficientemente estable, mientras que una guía brasileña establece que el paciente debe haber estado hospitalizado al menos 72 horas antes de iniciar esta práctica.(51)

En 2008, Gosselink y su equipo abordaron la movilización temprana en una guía clínica de la Sociedad Respiratoria Europea para la terapia física en pacientes críticos (52). Por otro lado, Morris y sus colegas se centraron en establecer pautas y criterios de calidad, siendo pioneros en la definición de etapas graduales de movilidad (53). Durante la última parte de la década de 2000, el objetivo primordial era mejorar la atención al paciente durante su estancia en la UCI, con la finalidad de prevenir complicaciones comunes que prolongan su estancia y aumentan los riesgos de morbilidad y mortalidad. (52)

La MP forma parte integral de las estrategias destinadas a elevar los estándares de calidad en UCI, buscando reducir tanto la duración de la estancia hospitalaria como el tiempo de dependencia de la ventilación mecánica. Estas iniciativas se agrupan bajo el acrónimo "ABCDEF", que engloba la gestión holística del dolor, la realización de evaluaciones para la recuperación del estado de alerta y la retirada del apoyo ventilatorio, la elección adecuada de medicamentos sedantes y analgésicos, la administración global del delirio, la promoción de la movilización temprana y la inclusión activa de los familiares del paciente en el proceso de atención.(54)

Estos enfoques de atención involucran a múltiples disciplinas y deben ser ejecutados de manera conjunta para optimizar la estancia del paciente y potenciar la efectividad de cada intervención. La movilización precoz en particular requiere una coordinación y preparación minuciosa debido a su complejidad, lo que hace que la participación de los fisioterapeutas sea crucial.(54,55) En este contexto, se comprende que la MP demanda una comunicación fluida entre médicos intensivistas, personal de enfermería, otras especialidades médicas y fisioterapeutas. Los profesionales médicos y de enfermería se encargan de ajustar la medicación y las dosis para facilitar la cooperación del paciente, además de retirar dispositivos innecesarios y evaluar si el paciente está en condiciones de tolerar la movilización.(55) Existen varios ensayos clínicos y, posteriormente, revisiones sistemáticas que tratan de evidenciar la seguridad y efectividad de la MP. Intentan compensar la dificultad de su aplicación y demuestran que realmente los beneficios, en muchos casos, superan a los riesgos y dificultades.

En un metaanálisis realizado por Nydahl y colegas en 2017, se concluye que la implementación de la movilización precoz es un procedimiento seguro. Los resultados evidencian que la incidencia de incidentes que podrían poner en riesgo la seguridad del paciente es mínima, alcanzando un 2.6%. En solo un 0.6% de los casos fue necesario realizar ajustes en

los parámetros para restablecer la estabilidad.⁽⁵⁶⁾ Estas situaciones adversas abarcan cambios en la función cardiovascular, la aparición de arritmias, la disminución de los niveles de oxígeno en sangre y la desconexión de dispositivos como sondas, catéteres o tubos endotraqueales. De manera similar, en la revisión llevada a cabo por Doiron y su equipo, se demuestra que el registro de efectos adversos es sumamente escaso, lo que reafirma la seguridad de esta técnica.⁽⁵⁷⁾

Sin embargo, existe divergencia entre los especialistas en cuanto a los criterios y dosis seguras para llevar a cabo la movilización precoz en pacientes que están recibiendo terapia con vasopresores. Mientras que Hodgson no presenta información específica sobre dosis seguras de vasopresores⁽⁵⁸⁾, Sommers establece umbrales de dopamina por debajo de 10 mcg/kg/min y noradrenalina por debajo de 0.1 mcg/kg/min como valores seguros para aplicar la movilización.⁽⁵⁹⁾ Esto ha llevado a que las directrices tiendan a ser cautelosas. Para cuestionar esta noción conservadora, el estudio de Rebel y sus colegas observó que la movilización precoz es segura incluso en pacientes bajo terapia con vasopresores, incluso en aquellos con dosis más altas que las mencionadas por Sommers. En su investigación, no se registraron efectos adversos graves al aplicar la movilización precoz en este grupo de pacientes.⁽⁶⁰⁾

Con relación a la sedación y el grado de conciencia de los pacientes, Schaller y su equipo llevaron a cabo un análisis del impacto de la movilización precoz en individuos con distintos puntajes en la Escala de Coma de Glasgow (GCS). Descubrieron que el nivel de puntaje en la GCS no tenía influencia en la habilidad funcional de los pacientes al momento de ser dados de alta. En el subgrupo de pacientes con puntajes más bajos en la escala, la movilización precoz resultó en una mejora de la capacidad funcional al alta en comparación con las terapias convencionales, que generalmente se implementan de manera tardía.⁽⁶¹⁾

Los beneficios de la MP han sido documentados en varios estudios analíticos y revisiones, aunque la mayoría de estos estudios se caracterizan por su calidad metodológica limitada, como observaciones y cohortes. Entre las ventajas que se han informado se incluye la mejoría a nivel respiratorio, evidenciada por la mejoría en la frecuencia respiratoria y el volumen tidal durante las sesiones de movilización, además de beneficios musculares como la reducción de la atrofia muscular.⁽⁶²⁾ Otros resultados positivos abarcan la disminución de la tasa de mortalidad cuando se implementa el protocolo de movilización precoz en el centro de atención, la reducción en la administración de medicamentos antipsicóticos e incluso la disminución de los costos económicos en la unidad debido a la reducción en la duración de la estancia hospitalaria.^(63,64)

Tres revisiones sistemáticas, que se destacan por su mayor rigor metodológico, han recopilado los ensayos clínicos más sólidos de las últimas dos décadas para evaluar los efectos a corto plazo de la movilización precoz. Tipping y su equipo destacan la complejidad de llevar a cabo estas revisiones debido a la variabilidad en las formas de aplicar la movilización precoz en los diversos estudios.⁽⁶⁵⁾ Este mismo desafío se presenta en el trabajo de Zhang y sus colegas.⁽⁶⁶⁾ A pesar de ello, logran determinar que la medida del MRCss mejora en el grupo de intervención a corto plazo^(65,67) que los pacientes en UCI logran un mayor nivel de movilidad⁽⁶⁵⁾, que hay una menor incidencia de DAU al momento del alta de la UCI⁽⁶⁶⁾ y que estos pacientes tienen una mayor probabilidad de caminar sin asistencia al ser dados de alta hospitalaria. No se identifican diferencias significativas entre subgrupos que inician la terapia de forma más

temprana o tardía, ni entre grupos que reciben tratamientos de mayor o menor intensidad. Sin embargo, los investigadores atribuyen estos resultados a la falta de sólida metodología y a la falta de una definición clara de las intervenciones en los estudios.(65-67)

En relación con la mortalidad, las revisiones sistemáticas indican que los pacientes sometidos a movilización precoz presentan una mayor tasa de supervivencia hasta los 180 días. Sin embargo, los resultados relacionados con la duración de la ventilación mecánica y la estancia hospitalaria no son concluyentes con la información actual. Lo mismo sucede con los resultados a largo plazo para estos pacientes una vez que han sido dados de alta. A pesar de ello, se observa una tendencia hacia la disminución de los días de estancia en la UCI en ciertos grupos de pacientes, y se observa un aumento en las altas directas a domicilio en lugar de a otros centros de atención. Uno de los beneficios más evidentes es en la prevención de la trombosis venosa profunda y las úlceras por presión, donde se observa un efecto positivo más claro.(67)

En términos a largo plazo, los estudios realizados no proporcionan resultados definitivos debido a la falta de un seguimiento riguroso y metodología sólida. Actualmente, no se ha identificado una diferencia significativa en la calidad de vida medida mediante el cuestionario SF-36 a los 6 meses de seguimiento. Sin embargo, se observa una tendencia hacia una puntuación más baja en los aspectos físicos y emocionales en el grupo que no recibió movilización precoz.(67)

Estas revisiones sistemáticas ponen de manifiesto la considerable variabilidad en los enfoques de aplicación de la movilización precoz, que va desde incorporar técnicas pasivas hasta limitarse únicamente a movilizaciones activas fuera de la cama. Esta diversidad en los protocolos dificulta llegar a conclusiones definitivas sobre cuál es el enfoque óptimo y cuál conlleva los mejores resultados beneficiosos. A pesar de esta complejidad, Alaparthi y su equipo sugieren que los resultados obtenidos en diversos estudios resaltan los beneficios de la movilización precoz en una amplia gama de pacientes de la UCI, incluyendo aquellos con diversos perfiles médicos, quirúrgicos y cardíacos. (67)

Hodgson y su equipo desarrollaron una herramienta denominada Escala de Movilidad en la Unidad de Cuidados Intensivos (IMS por sus siglas en inglés) para evaluar el nivel de movilidad o fase de movilización precoz alcanzada con cada paciente.(68) En esta escala, la movilidad se clasifica en una escala de 0 a 10, donde 0 indica falta de cooperación por parte del paciente o aplicación de terapia pasiva, y 10 denota la capacidad del paciente para caminar de manera autónoma. Los valores intermedios describen los grados de movilidad según la complejidad de la tarea que el paciente puede realizar y el grado de asistencia requerida. Esta escala permite observar la evolución del paciente y proporciona una referencia clara para todo el equipo de atención. En el contexto de España, la Sociedad Española de Enfermería Intensiva y Unidades Coronarias (SEIUC) adaptó esta escala al español (69), así como la forma de aplicar la prueba de escala de fuerza muscular (MRCss) para evaluar el estado muscular global del paciente (Anexo 1).(70)

Tabla 1 *ICU Mobility Scale* versión española (IMS-Es)

Clasificación	Definición
0. Inmóvil (acostado en la cama)	El personal moviliza o gira el paciente en la cama, pero este no realiza movimientos de forma activa
1. Ejercicios en la cama (tumbado o semi-incorporado)	Cualquier actividad en la cama incluyendo lateralizaciones, elevación de cadera, ejercicios activos, cicloergómetro y ejercicios activo-asistidos, pero no sale de la cama ni se sienta en el borde
2. Movilización pasiva a la silla (sin bipedestación)	Transferencia pasiva a la silla (grúa, elevación pasiva, deslizamiento) sin bipedestación o sedestación en el borde de la cama
3. Sentado en el borde de la cama	Sedestación activa en el borde de la cama con cierto control de tronco, con o sin ayuda del personal
4. Bipedestación	Soporta su peso en bipedestación (con o sin ayuda del personal, bipedestador o tabla de verticalización)
5. Transferencia de la cama a la silla	Capaz de realizar transferencia a la silla dando algún paso o arrastrando los pies. Esto implica la transferencia activa de peso de una pierna a la otra para llegar a la silla. Si el paciente se ha puesto de pie con la ayuda del personal o de un dispositivo médico, este debe llegar caminando a la silla sin ayuda (no incluye el desplazamiento con bipedestador)
6. Caminar en el mismo lugar (junto a la cama)	Capaz de caminar en el mismo sitio levantando los pies de manera alternada (tiene que ser capaz de realizar 4 pasos, dos con cada pie), con o sin ayuda
7. Caminar con ayuda de 2 o más personas	Se aleja de la cama/silla caminando al menos 5 metros con ayuda de 2 o más personas
8. Caminar con ayuda de una persona	Se aleja de la cama/silla caminando al menos 5 metros con ayuda de una persona
9. Caminar autónomamente con ayuda de un andador	Se aleja de la cama/silla caminando con ayuda de un andador pero sin ayuda de otra persona. En personas en silla de ruedas este nivel de actividad incluye desplazarse al menos a 5 metros de la cama/silla de forma autónoma
10. Caminar de forma autónoma sin ayuda de andador	Se aleja de la cama/silla caminando al menos 5 metros sin la ayuda de un andador u otra persona

Tabla 4 IMS Validada al Español (69)

1.7 In-bed cycling / cicloergómetro de cama

El ciclismo en cama (CEC), o cicloergómetro de cama, es una técnica de rehabilitación que implica el uso de una bicicleta especial colocada en la cama del paciente. El objetivo principal de esta técnica es mantener o mejorar la capacidad cardiovascular y muscular de los pacientes hospitalizados que no pueden realizar actividad física de manera convencional, ya sea por enfermedad, lesión o cirugía. Esta modalidad se convierte en un componente prometedor en pacientes ingresados en la UCI que reciben VMI.(71-73)



Ilustración 1 CEC en paciente intubado

El CEC abarca una serie de elementos clave que son meticulosamente supervisados para mejorar la recuperación de los pacientes en la UCI. Estos elementos involucran variables como el tiempo de la actividad, el tipo específico de ejercicio (activo o pasivo), así como la resistencia aplicada y el grado de avance. La adaptación individualizada de esta actividad, que se ajusta conforme al progreso en la condición física de cada paciente, es un componente esencial en la estrategia de MP.

El CEC puede simplificar el comienzo de las intervenciones de MP en pacientes en estado crítico que se encuentran acostados en la cama en posición supina, ya que se puede llevar a cabo tanto como ejercicio activo como pasivo.(71,72)

En el modo activo (74), los miembros inferiores del paciente regulan la velocidad de la bicicleta y pueden fortalecer los músculos de las extremidades inferiores. Además, puede ser beneficioso para la salud emocional del paciente, ya que les brinda una sensación de logro y control. Por otro lado, en el modo pasivo (71), la bicicleta es impulsada por un motor eléctrico que mueve las piernas de los pacientes con los pedales asegurados con correas. Esta modalidad puede ser útil para pacientes que carecen de la capacidad o la energía para pedalear por sí mismos, contribuyendo a mejorar la circulación y prevenir la pérdida de fuerza muscular.

Las sesiones de ciclismo en cama pueden avanzar desde ser pasivas a activo-asistidas y, finalmente, a ejercicios con resistencia a medida que la capacidad de los pacientes para participar en la intervención mejora.(75) Según las directrices de Brasil para la MP en la UCI, en la modalidad pasiva del cicloergómetro, se recomienda una duración de alrededor de 20 minutos, con 20 ciclos por minuto. En contraste, en la modalidad activa, se sugiere realizar inicialmente

dos sesiones al día de unos 10 minutos, con la posibilidad de aumentar gradualmente la duración a 30 o 40 minutos.

La implementación de ejercicios tempranos con dispositivos de cicloergómetro de cama como parte de un programa de rehabilitación en la UCI ha evidenciado el potencial para mejorar los resultados físicos y funcionales después de una enfermedad crítica. Además, esta práctica se muestra como una intervención segura (fundamental en cualquier entorno de atención médica, y especialmente en la UCI), factible y viable para pacientes críticos.(71-73,76,77)

También es cierto que existen investigaciones recientes que indican que el uso del cicloergómetro de cama podría no ser superior a la terapia convencional para la MP en pacientes críticos en la UCI.(72,78,79) No obstante, es esencial tener en cuenta que la evidencia en este ámbito todavía es limitada y que cada uno de los pocos estudios tiene sus propias restricciones.

A pesar de que el CEC está siendo ampliamente adoptado y ha generado interés en la comunidad médica e investigadora(71) debido a los resultados prometedores obtenidos hasta la fecha (72,74,80), y a pesar de que las guías ATS-ERS enfatizan la importancia de incluir un programa de entrenamiento físico en el tratamiento de pacientes adultos sometidos a TP, todavía no se ha encontrado evidencia de su aplicación en las etapas más tempranas en pacientes adultos post-TP ingresados en UCI.

2 Hipótesis

Hi: La implementación de un programa estructurado de rehabilitación precoz en los pacientes transplantados pulmonares mejoró de manera más eficaz su capacidad de ejercicio, la masa y fuerza muscular periférica y la fuerza de la musculatura respiratoria de manera más efectiva que la práctica clínica habitual en el periodo de ingreso hospitalario, reduciendo así los días de estancia en UCI y los de estancia total en el hospital.

Ho: La implementación de un programa estructurado de rehabilitación precoz en los pacientes transplantados pulmonares no mejoró de manera más eficaz su capacidad de ejercicio, la masa y fuerza muscular periférica y la fuerza de la musculatura respiratoria respecto a la práctica clínica habitual durante el periodo de ingreso hospitalario, ni redujo los días de estancia en UCI y los de estancia total en el hospital.

3 Objetivos

Objetivo principal:

1. Disminuir la incidencia de fragilidad al alta hospitalaria.

Objetivos secundarios:

1. Mejorar la fuerza muscular periférica.
2. Potenciar la fuerza muscular respiratoria.
3. Reducir los días de ingreso en UCI y los días totales de ingreso hospitalario.
4. Caminar más metros en la prueba de marcha de seis minutos al alta hospitalaria.

4 Material y método

4.1 Metodología

Se trata de un ensayo clínico aleatorizado, controlado, simple ciego, de grupos paralelos, creado de acuerdo con la normativa pautada en la guía CONSORT. El ensayo clínico se llevará a cabo en la **UCI del Hospital Universitari Vall d'Hebron de Barcelona**.

Ha recibido la aprobación del comité de ética de esta misma institución y se ha registrado en Clinicaltrials.gov (NCT04244734). Se han respetado las directrices éticas incluidas en la Declaración de Helsinki (2013) y la Ley orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, sobre protección de datos personales y garantía de los derechos digitales.

Población diana:

Pacientes trasplantados de pulmón ingresados en el Hospital Universitario Vall d'Hebron durante los años 2019-2020, inicialmente se esperaba poder incluir unos 100 pacientes (dato que la media de los últimos 3 años era de 89 pacientes al año con un rango que va de 76-104 pacientes), pero debido a la pandemia mundial causada por el SARS-CoV2 y la suspensión temporal de los programas de trasplante de pulmón, se ha logrado incluir 55 pacientes trasplantados de los 82 participantes que firmaron el consentimiento en la fase de pre-TP.

Criterios inclusión y exclusión:

- Inclusión:
 - Trasplante uni o bipulmonar.
 - Edad comprendida entre 18 - 70 años.
- Exclusión:
 - Cumplir algún criterio de contraindicación absoluta para el uso de electroestimulación en extremidades inferiores (Portador de marcapasos, embarazo o fractura inestable que requiera reposo absoluto e inmovilización).
 - Haber sido trasplantado previamente.
 - Alteración cognitiva o psiquiátrica que no le permita participar en el proyecto.
 - No querer participar en el estudio.

4.2 Intervención

Una vez realizado el TP iniciaron el tratamiento según el grupo donde sean aleatorizados.

Protocolos:

Grupo control (GC): Realizó la práctica clínica habitual.

Una sesión diaria de lunes a viernes de 40 minutos de duración donde se engloban según su estado funcional: Movilizaciones pasivas o activas-asistidas o activas, potenciación muscular, fisioterapia respiratoria con los objetivos de permeabilizar vía aérea y entrenamiento de musculatura inspiratoria al 40% del valor de la presión inspiratoria máxima (PIM) con la válvula umbral Threshold IMT (Phillips Resironics®).

Grupo experimental (GE): Procedimiento de investigación.

Cicloergómetro Motomed®: Una sesión diaria de lunes a viernes de 40 minutos de duración (5 minutos de calentamiento, 30 de entrenamiento y 5 de enfriamiento). Electroterapia combinada en cuádriceps / bíceps femoral en la intensidad de 200-350µs. Fisioterapia respiratoria con los objetivos: Permeabilizar vía aérea y entrenamiento de musculatura inspiratoria al 60% del valor PIM con la válvula umbral Threshold IMT (Phillips Resironics®).

Una vez el paciente salió de la unidad de críticos continuó realizando el programa de rehabilitación que se realiza de forma habitual en los pacientes trasplantados pulmonares de nuestro centro, el cual sigue las recomendaciones internacionales.

Las valoraciones que se le realizaron al paciente fueron: Una valoración previa a la intervención quirúrgica, la segunda dentro de los primeros quince días del postoperatorio, la tercera al alta de UCI, la cuarta al alta hospitalaria, la quinta en la primera visita en la consulta externa de rehabilitación, la sexta a los 4 meses del alta y la última al año del alta hospitalaria.

Valoraciones	Nomenclátor
Pre-TX	Basal_0
UCI inicial	UCI_1
UCI alta	UCI_2
Alta Hospital	Alta_3
Primera visita consultas externas (15 días post alta hospital)	CEX_4
Segunda visita consultas externas (4 meses post alta hospital)	CEX_5
Tercera visita consultas externas (Año post trasplante)	CEX_6

4.3 Método de aleatorización y ciego

El fisioterapeuta responsable del estudio (IP) proporcionaba la hoja informativa del estudio y el consentimiento informado a todos los pacientes candidatos a trasplante que cumplían los criterios de inclusión y les evaluaba para su idoneidad a dicho procedimiento.

Posteriormente, una vez el paciente era trasplantado, se incluía al participante en uno de los dos grupos de estudio en función de una secuencia generada mediante aleatorización simple. La secuencia de asignación ha sido realizada previamente por un investigador independiente al estudio a través de un generador de números aleatorios informatizado (Random Allocation Software).

Posteriormente este investigador independiente comunicaba a los fisioterapeutas encargados de aplicar el tratamiento el grupo donde este paciente había sido aleatorizado, de este modo, el IP, cuando realizaba las valoraciones a pie de cama, desconocía en qué grupo estaba el paciente en cuestión.

4.4 Variables de estudio

Variables principales

VARIABLE	TEST
Balance muscular	MRC Sum-Score
Masa muscular	Bioimpedanciometria
Presiones respiratorias máximas (PIM y PEM)	MicroRPM™
Capacidad de ejercicio	Test de de marcha de los 6 minutos

Variables secundarias

VARIABLE	TEST
Fuerza de la tos (FEM-T)	Peak-Flow Miniwright Ad Stand®
Fragilidad	Short Performance Physical Battery (SPPB)
Fuerza muscular mediante dinamometría	MicroFET 2®
Prensión manual	Jamar® Smart
Días de ingreso en UCI	--
Días de ingreso hospitalario	--

Se recopilaron variables demográficas, antropomórficas y clínicas de los registros médicos al ingresar al estudio. Estas incluyeron la edad, el sexo, el índice de masa corporal (IMC), la indicación principal para el trasplante de pulmón y el uso de oxigenoterapia domiciliaria (DOT) y/o ventilación mecánica no invasiva (VMNI). La gravedad de la enfermedad y la necesidad de trasplante se evaluaron utilizando el Puntaje de Asignación de Pulmón (LAS). El Índice de Comorbilidad de Charlson (81) se calculó en base a la información disponible.

La siguiente evaluación se realizó al ingresar al estudio: pruebas cardiorrespiratorias, análisis de sangre y fuerza muscular. Las pruebas cardiorrespiratorias incluyeron espirometría (volumen espiratorio forzado en 1 segundo (FEV1) y capacidad vital forzada (CVF)), presión inspiratoria máxima (PIM), presión espiratoria máxima (PEM), flujo de tos máximo (FTM), valores de saturación de oxígeno y distancia recorrida en 6 minutos (6MWT). Los valores límite inferiores normales (LLN) de PIM y PEM se calcularon según Evans y Whitelaw (82). Los análisis de sangre incluyeron hemoglobina, proteína total, albúmina, aspartato aminotransferasa (AST), alanina aminotransferasa (ALT) y creatinina. Finalmente, las pruebas de fuerza muscular se realizaron utilizando el rendimiento del músculo cuádriceps (QMP) y bíceps braquial (BMP) con un dinamómetro, mientras que la fuerza muscular global se midió mediante dinamometría de agarre manual y la MRCss. La dinamometría de agarre manual utilizó un valor de corte de <11 kg para pacientes críticamente enfermos masculinos y <7 kg para pacientes femeninas.(83) El MRC-SS es una evaluación de seis grupos musculares principales, donde una puntuación menor a 48 de 60 indica debilidad significativa.(84)

La fragilidad se evaluó mediante los instrumentos SHARE-FI (85-87) y SPPB (43). SHARE-FI (85,86) utiliza cinco constructos basados en el fenotipo de fragilidad de Fried (85) seleccionados por Santos-Eggimann et al.(88) Un calculador en línea gratuito, individualizado para hombres y mujeres, permite categorizar a las personas como no frágiles, pre-frágiles o frágiles.(85) Para mujeres, las puntuaciones < 0.315 se consideran no frágiles, las puntuaciones de 0.316 a 2.130 son pre-frágiles y las puntuaciones frágiles son valores > 2.131. Para hombres, las puntuaciones < 1.211 indican no frágiles, las puntuaciones de 1.212 a 3.005 son pre-frágiles y las puntuaciones > 3.006 son frágiles. El SPPB (42,43) consta de tres evaluaciones puntuadas en una escala de 0 a 4 puntos, que incluyen velocidad de marcha, levantarse de una silla y evaluación del equilibrio. El puntaje final de rendimiento resumido varía de 0 a 12, siendo los puntajes más altos indicativos de una función de extremidades inferiores superior (es decir, menos fragilidad). Los pacientes con 0 a 6 puntos se clasificaron como frágiles, con 7 a 9 puntos como pre-frágiles y con 10 a 12 puntos como no frágiles.(44)

El análisis de datos se centró exclusivamente en el SPPB, ya que este ha demostrado ser una herramienta confiable y validada en numerosos estudios para evaluar la función física en adultos mayores. El SPPB aborda específicamente la fuerza muscular, la capacidad de equilibrio y la velocidad de la marcha, en comparación con el test de SHARE-FI.

4.5 Análisis estadístico

En una primera etapa de nuestro análisis, llevamos a cabo un análisis descriptivo exhaustivo que nos brinda un resumen integral de los datos recopilados. Esta fase inicial de análisis nos permite realizar una exploración detallada de la información y, al mismo tiempo, identificar posibles errores o anomalías en la entrada de datos, lo que garantiza la calidad y precisión de nuestro estudio.

Para las variables categóricas, empleamos un enfoque que incluye el cálculo de las frecuencias, tanto en términos absolutos como en porcentajes (expresados entre paréntesis), acompañados por el cálculo del intervalo de confianza exacto al 95%. Este enfoque nos proporciona una visión completa de la distribución de estas variables dentro de nuestra muestra.

En cuanto a las variables continuas, realizamos un análisis más detallado, que incluye el cálculo de la media y la desviación típica (representadas como "DE"). Además, para proporcionar una estimación más precisa de la tendencia central de los datos, calculamos el intervalo de confianza para la media al 95%. También evaluamos la mediana y el rango intercuartílico (representados como "mediana [RIC]") para comprender mejor la dispersión de los valores y la presencia de posibles valores atípicos.

Para llevar a cabo comparaciones entre las distintas categorías de la variable de interés, que en nuestro caso es el grupo (Experimental/Control), aplicamos pruebas estadísticas específicas. Si la variable es de naturaleza cuantitativa, empleamos la prueba U de Mann-Whitney. En el caso de variables categóricas, utilizamos la prueba chi-cuadrado o, cuando las frecuencias esperadas son menores a 5 en algún caso, optamos por la prueba exacta de Fisher. Estas pruebas nos permiten evaluar de manera rigurosa las diferencias significativas entre los grupos de interés y proporcionan una base sólida para las conclusiones y hallazgos en este estudio.

Además, se utilizó el análisis ANOVA tanto para pruebas paramétricas como para no paramétricas. Para las variables que cumplen con los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas, aplicamos el ANOVA paramétrico, lo que nos permite comparar las medias de las variables continuas entre los grupos experimental y control. Este método es apropiado para detectar diferencias significativas en situaciones donde los datos se distribuyen normalmente y las varianzas son iguales.

Para aquellas variables que no cumplen con los supuestos necesarios para el ANOVA paramétrico, utilizamos el ANOVA no paramétrico de Friedman. Este enfoque es adecuado para comparar mediciones repetidas o datos no paramétricos, proporcionando una alternativa robusta cuando las condiciones del ANOVA paramétrico no se satisfacen. El test de Friedman es especialmente útil en situaciones donde los datos presentan una distribución no normal o cuando se observan diferencias en las varianzas, asegurando así la validez de nuestras conclusiones a pesar de las violaciones a los supuestos paramétricos.

En resumen, la utilización de ambos enfoques, paramétricos y no paramétricos, en nuestro análisis ANOVA nos permitió abordar la diversidad de las características de los datos, garantizando la precisión y la fiabilidad de los resultados obtenidos.

Todos los análisis han sido realizados con el programa estadístico “R” (R version 4.1.2 (2021-11-01), Copyright[©] 2015 The R Foundation for Statistical Computing).

5 Resultados

5.1 Descripción de la muestra

Un total de 82 pacientes fueron incluidos en el estudio, con una edad promedio de 57,3 años (DE: 9,4), de los cuales 49 pacientes (59,8%) eran hombres. Además, se registró un índice de masa corporal (IMC) promedio de 25,2 kg/m² (DE: 4,3). La enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) fue la indicación más frecuente para el trasplante de pulmón, representando el 42% de los casos, seguida por la enfermedad pulmonar intersticial difusa (EPID) con un 39%.



Gráfico 4 Distribución de pacientes según indicación para trasplante pulmonar

EPOC: Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica, EPID: Enfermedad Pulmonar Intersticial Difusa, HAP: Hipertensión Arterial Pulmonar

En la valoración inicial, **Tabla 2**, de los pacientes incluidos en el estudio también se recopilaron variables relacionadas con la comorbilidad y con la calidad de vida. El Índice de Comorbilidad Charlson (ICC) presentó un valor promedio de 3,1 (DE: 1), lo que refleja la carga de enfermedades crónicas en la muestra. La calidad de vida, medida a través del EuroQuol 5D, mostró una media de 49,9 (DE: 21,5) proporcionando una perspectiva sobre el estado de salud general de los pacientes.

En cuanto LAS promedio de 37,2 (DE: 7,15), indicando el estado de asignación pulmonar de los pacientes en el momento de la inclusión en el estudio. Además, un aspecto importante en el contexto de la atención domiciliaria fue el uso de oxigenoterapia continua domiciliaria (OCD), que se observó en el 87,8% de los pacientes. Por otro lado, la ventilación mecánica no invasiva (VMNI) se usaba en un 14,6% de los casos.

En relación con la fragilidad evaluada en la inclusión, la puntuación promedio del SPPB fue de 10,8 (DE: 1,7), con 4 pacientes (4,9%) clasificados como frágiles, 13 (15,9%) como pre-frágiles y 65 (79,3%) como no frágiles. Por otro lado, utilizando el SHARE-FI, los porcentajes correspondientes fueron de 26 (31,7%), 41 (50%) y 15 (18,3%) respectivamente, ofreciendo así una visión cuantitativa del estado de fragilidad en la población estudiada.

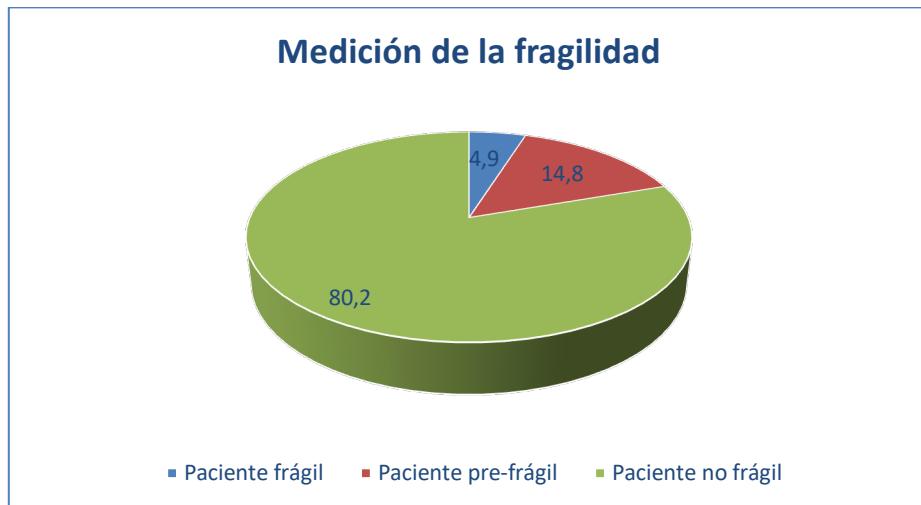


Gráfico 5 Fragilidad medida con el SPPB de los pacientes candidatos a TP

En el contexto de la evaluación de la fuerza muscular, realizada a través del sistema de puntuación MRCss, se identificó una media de 57,8 puntos (DE: 3,1). Estos resultados evidencian una consistencia notable en la muestra, indicando un nivel generalizado de fuerza entre los participantes candidatos al TP. En este sentido, se observaron medias de 16,1 kg (DE: 4,8) y 15,4 kg (DE: 4,8) para el bíceps braquial derecho e izquierdo respectivamente, y 19,6 kg (DE: 6,3) y 19 kg (DE: 6,7) para el cuádriceps derecho e izquierdo respectivamente. También se evaluó la fuerza de agarre de la mano dominante (HGD), con una media de 31,5 kg (DE: 8,3), y de la mano no dominante, con una media de 29,3 kg (DE: 8). Este análisis detallado resalta cierta variabilidad en la fuerza muscular entre las extremidades, subrayando la importancia de considerar aspectos como la lateralidad y la dominancia en la evaluación.

La capacidad funcional, evaluada a través del 6MWT, mostró una media de 307 metros (DE: 113), indicando una diversidad en la capacidad de esfuerzo de los participantes. Esta variabilidad podría deberse a una serie de factores, como diferencias en la condición física y/o respiratoria, la salud general o incluso factores psicológicos. La consideración de esta diversidad es crucial al interpretar los resultados del 6MWT, ya que proporciona información sobre la amplitud del rango funcional en la muestra estudiada. Además, estas variaciones pueden ser relevantes para el diseño de programas de prehabilitación mientras los pacientes están en lista activa para el TP.

En términos de capacidad respiratoria, las mediciones de PIM y PEM presentaron medias de 72,1 cmH₂O (DE: 30,7) y 105 cmH₂O (DE: 34,8) respectivamente, mostrando tendencias hacia la normalidad con ciertas variaciones. El análisis de la tos reveló una media de 303 L/min (DE: 161).

En conjunto, estos resultados, **Tabla 3**, de los pacientes evaluados antes del trasplante reflejan un panorama detallado de su estado funcional y físico, destacando la diversidad en la fuerza muscular, capacidad funcional y respiratoria, así como la presencia de fragilidad en algunos individuos. Estos hallazgos subrayan la importancia de comprender las variaciones específicas en la fuerza muscular entre diferentes grupos musculares y extremidades, lo cual es crucial para una evaluación completa y precisa de la condición física previa al trasplante y en aquellos casos necesarios derivarlos a programas de rehabilitación para llegar en condiciones óptimas al trasplante.

5.2 Resultados de la valoración preTP por grupos en los pacientes que fueron a TP

A continuación, se va a detallar los resultados de la valoración previa al trasplante pulmonar segmentando la muestra según los grupos de intervención del estudio. **Tabla 4**. Tal y como se ha descrito en el punto anterior en la valoración pretrasplante pulmonar (preTP) se evaluaron diversas variables físicas y funcionales en los pacientes del GE (n=32) y del GC (n=29). Estos resultados ofrecen una visión detallada de las características físicas y funcionales de los pacientes en ambos grupos antes del trasplante pulmonar.

En cuanto a la fuerza del bíceps braquial derecho, el GE presentó una media de 16,9 kg con una desviación estándar (DE) de 5,1, y una mediana [RIC] de 16,4 [5], con un valor p de 0,37. Por otro lado, el GC tuvo una media de 15,9 kg, DE de 4,7, y mediana [RIC] de 16,8 [6,6], con un valor p de 0,81. La fuerza del bíceps braquial izquierdo mostró para el GE una media de 15,9 kg, DE de 4,9, y mediana [RIC] de 14,8 [5,3], con un valor p de 0,22; mientras que el GC tuvo una media de 15,7 kg, DE de 4,8, y mediana [RIC] de 16 [8,9], con un valor p de 0,15.

Para la fuerza del cuádriceps derecho, el GE registró una media de 19,2 kg, DE de 5,8, y mediana [RIC] de 19,6 [5,8], con un valor p de 0,53. El GC mostró una media de 20,3 kg, DE de 5,6, y mediana [RIC] de 20,3 [7,8], con un valor p de 0,82. En el cuádriceps izquierdo, el GE presentó una media de 19 kg, DE de 6,6, y mediana [RIC] de 18,2 [9], con un valor p de 0,24; mientras que el GC tuvo una media de 18,9 kg, DE de 5,9, y mediana [RIC] de 18,5 [4,5], con un valor p de 0,10.

En la evaluación de la puntuación MRCss, el GE presentó una media de 57,8, DE de 3,5, y mediana [RIC] de 60 [2], con un valor p <0,001. El GC tuvo una media de 58,3, DE de 1,6, y mediana [RIC] de 58 [3], con un valor p <0,001. Reflejando así, que los pacientes que se sometieron a TP no presentaban el diagnóstico de DAU.

En cuanto a la fuerza de agarre de la mano dominante (HGD), el GE mostró una media de 32,3 kg, DE de 7,9, y mediana [RIC] de 33 [8,9], con un valor p de 0,96; mientras que el GC tuvo una media de 30,6 kg, DE de 8,3, y mediana [RIC] de 30 [7,7], con un valor p de 0,43. La fuerza de agarre de la mano no dominante mostró para el GE una media de 31 kg, DE de 7,6, y mediana [RIC] de 31,9 [8], con un valor p de 0,56; mientras que el GC tuvo una media de 27,8 kg, DE de 7,9, y mediana [RIC] de 27,4 [10,9], con un valor p de 0,84.

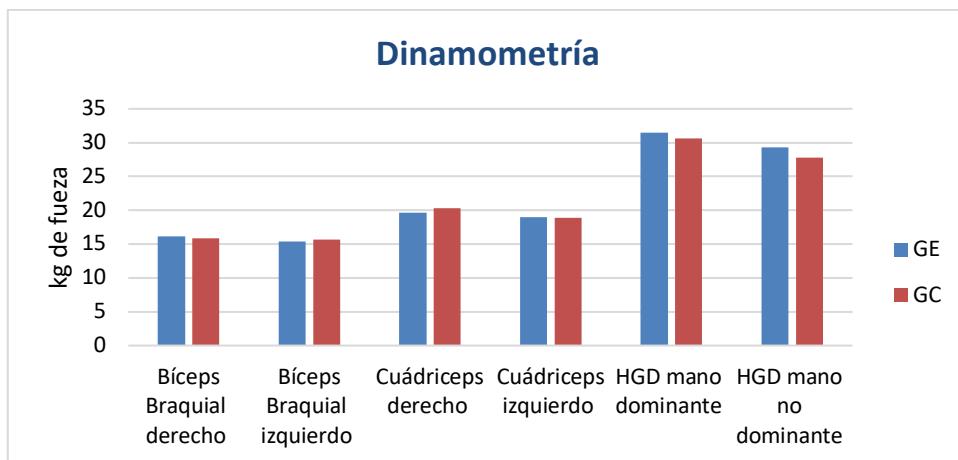


Gráfico 6 Dinamometria EESS/EEII y fuerza de garra en kg.

En el 6MWT, el GE tuvo una media de 325,2 metros, DE de 114,8, y mediana [RIC] de 315 [165], con un valor p de 0,32. El GC mostró una media de 296,3 metros, DE de 106,4, y mediana [RIC] de 330 [135], con un valor p de 0,45. La PIM para el GE fue de 73,7 cmH₂O de media, con DE de 31,2, y mediana [RIC] de 69,5 [40,7], con un valor p de 0,34; mientras que el GC tuvo una media de 78,1 cmH₂O, DE de 32,1, y mediana [RIC] de 74 [44], con un valor p de 0,33. La presión espiratoria máxima (PEM) en el GE mostró una media de 108,7 cmH₂O, DE de 32,9, y mediana [RIC] de 105 [51,7], con un valor p de 0,5; mientras que el GC tuvo una media de 112 cmH₂O, DE de 38,8, y mediana [RIC] de 108 [47], con un valor p de 0,98. En cuanto a la capacidad de tos medida en litros por minuto (L/min), el GE presentó una media de 312, DE de 147,9, y mediana [RIC] de 285 [182], con un valor p de 0,27; mientras que el GC tuvo una media de 316,7, DE de 166, y mediana [RIC] de 300 [290], con un valor p de 0,24.

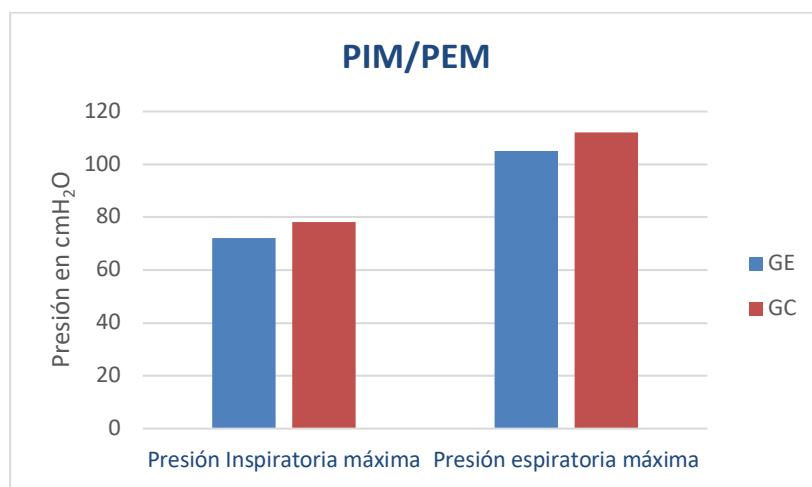
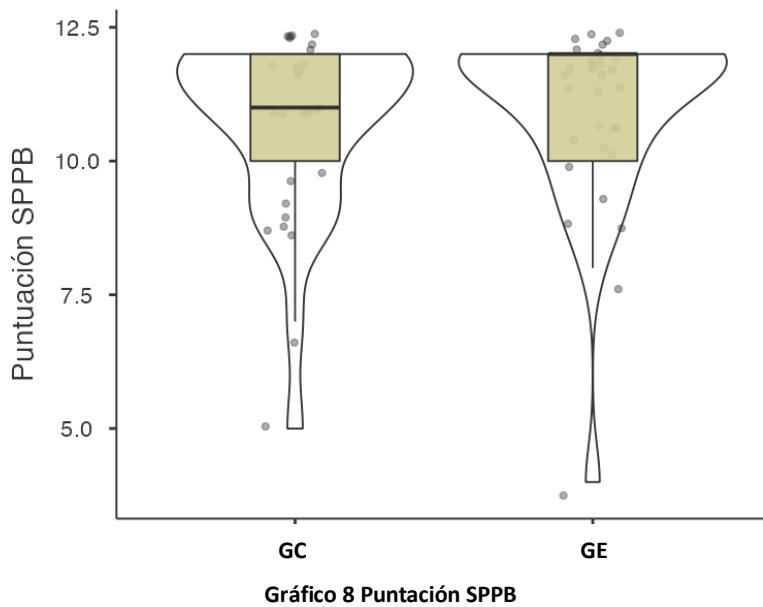


Gráfico 7 Comparativa de presiones respiratorias máximas de ambos grupos

En la valoración de fragilidad mediante la escala SPPB, el GE tuvo una media de 10,9, DE de 1,8, y mediana [RIC] de 12 [2], con un valor $p < 0,001$. El GC mostró una media de 10,6, DE de 1,7, y mediana [RIC] de 11 [2], con un valor $p < 0,001$.



En términos de porcentajes de fragilidad, en el GE, el 3,6% de los pacientes fueron clasificados como frágiles, el 14,3% como pre-frágiles ($p=0,001$), y el 82,1% como no frágiles ($p<0,001$). En el GC, el 7,4% de los pacientes fueron clasificados como frágiles, el 22,2% como pre-frágiles ($p<0,001$), y el 70,4% como no frágiles ($p<0,001$).

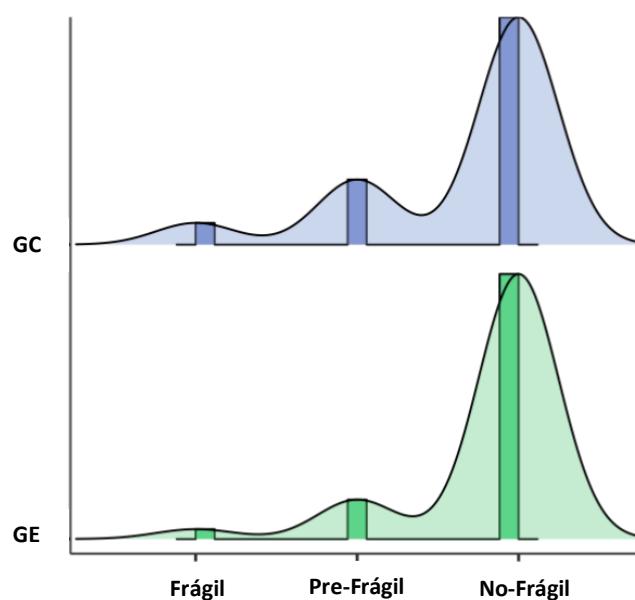


Gráfico 9 Diagnóstico SPPB

5.3 Resultados de la comparación de la intervención en UCI entre grupos

En la valoración realizada al alta de la UCI, se compararon diversos parámetros entre el grupo de GE y el GC. En términos de fuerza muscular, el DM del bíceps braquial derecho fue de 8,4 kg (DE=3,5) en el GE y 7,7 kg (DE=3,2) en el GC ($p=0,45$), mientras que el DM del bíceps braquial izquierdo fue de 8,1 kg (DE=3,9) en el GE y 7,2 kg (DE=2,8) en el GC ($p=0,27$). En cuanto a la fuerza del cuádriceps, el DM derecho fue de 11,7 kg (DE=6,5) en el GE y 12,1 kg (DE=4,5) en el GC ($p=0,58$), y el DM izquierdo fue de 11 kg (DE=6,2) en el GE y 11,2 kg (DE=4,4) en el GC ($p=0,52$).

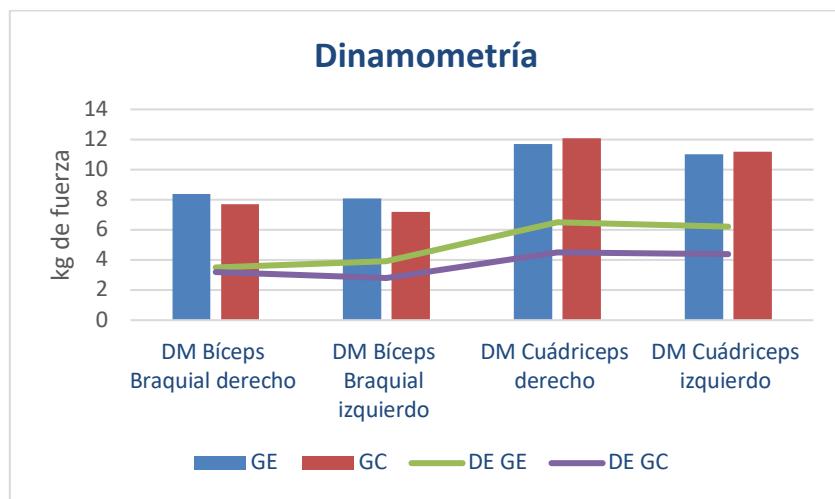


Gráfico 10 Fuerza muscular GE & GC con sus DE

El MRCss fue igual en ambos grupos, con una media de 44,1 y una DE de 19,7 ($p=0,48$). La HGD de la mano dominante fue de 32,3 kg (DE=7,9) en el GE y 30,6 kg (DE=8,3) en el GC ($p=0,13$), mientras que la HGD de la mano no dominante fue de 31 kg (DE=7,6) en el GE y 27,8 kg (DE=7,9) en el GC ($p=0,34$).

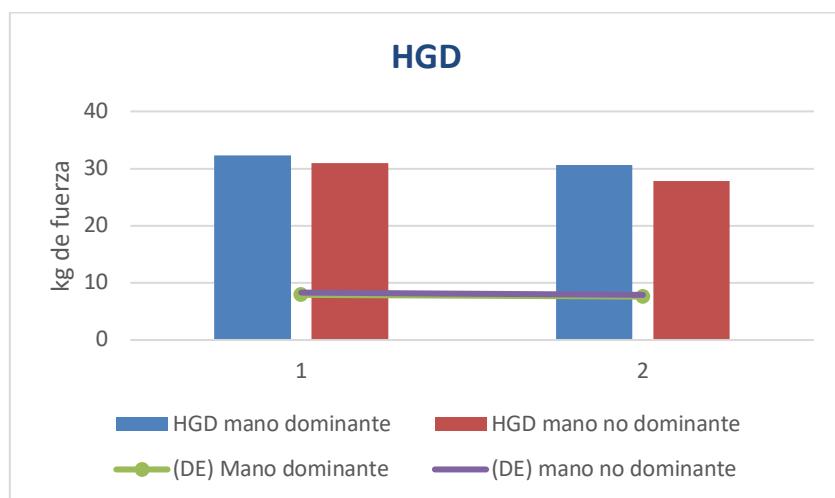
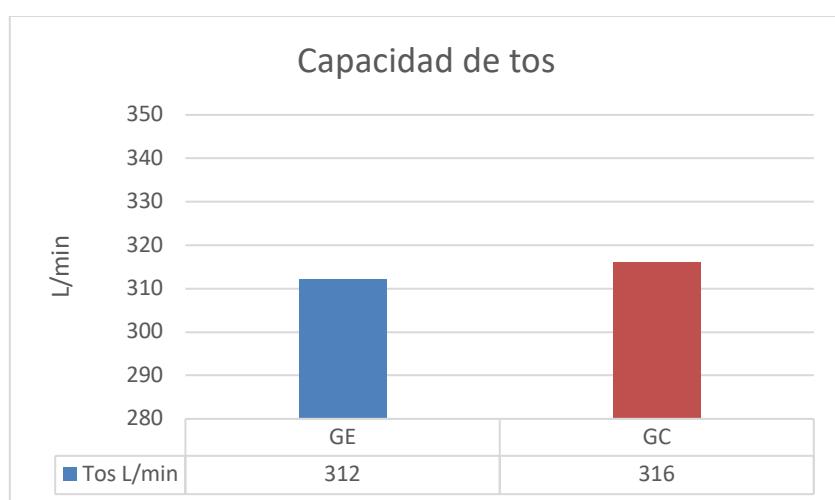
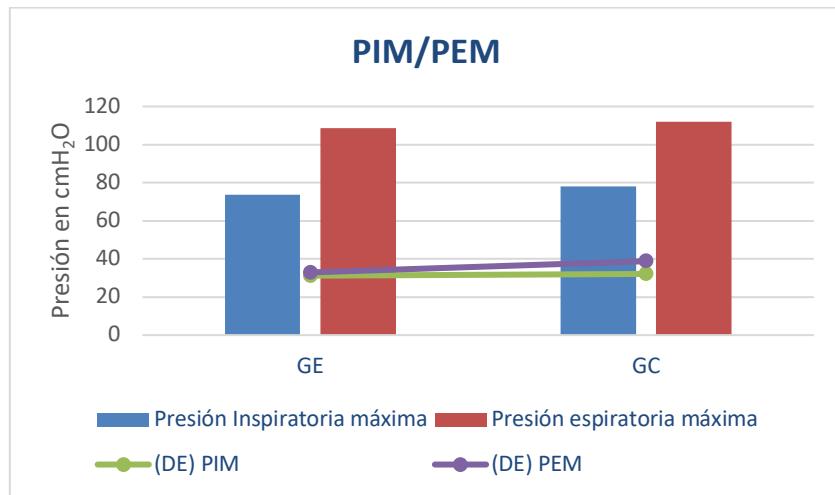


Gráfico 11 HGD GE & GC con sus DE

En cuanto a las mediciones respiratorias, la presión inspiratoria máxima fue de 73,7 cmH₂O (DE=31,2) en el GE y 78,1 cmH₂O (DE=32,1) en el GC ($p=0,34$), y la presión espiratoria máxima fue de 108,7 cmH₂O (DE=32,9) en el GE y 112 cmH₂O (DE=38,8) en el GC ($p=0,85$). La capacidad de tos, medida en L/min, fue de 312 (DE=147,9) en el GE y 316,7 (DE=166) en el GC ($p=1$).



En cuanto a los días de estancia en UCI y éxitos, la estancia en UCI fue de 20,1 días (DE=20,3) en el GE y 22,7 días (DE=17,9) en el GC ($p=0,25$). El número de éxitos en UCI fue de 4 en el GE y 5 en el GC.

No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos en ninguna de las variables evaluadas. **Tabla 5**.

5.4 Resultados de la comparación de la intervención entre UCI y alta hospitalaria

En la valoración al alta hospitalaria, se compararon diversos parámetros entre el GE y GC, ambos con tamaños de muestra de 28 y 24 participantes respectivamente.

En términos de fuerza muscular, el DM del bíceps braquial derecho fue de 16,9 kg (DE=5,1) en el GE y 15,9 kg (DE=4,7) en el GC, con un valor de p de 0,42. Para el bíceps braquial izquierdo, el DM fue de 15,9 kg (DE=4,9) en el GE y 15,7 kg (DE=4,8) en el GC, con un valor de p de 0,44. En cuanto a la fuerza del cuádriceps, el DM derecho fue de 19,2 kg (DE=5,8) en el GE y 20,3 kg (DE=5,6) en el GC ($p=0,71$), mientras que el DM izquierdo fue de 19 kg (DE=6,6) en el GE y 18,9 kg (DE=5,9) en el GC ($p=0,94$).

El MRCss, mostró una media de 57,8 (DE=3,5) en el GE y 58,3 (DE=1,6) en el GC, con un valor de p de 0,46. La HGD fue de 32,3 kg (DE=7,9) en el GE y 30,6 kg (DE=8,3) en el GC, con un valor de p de 0,36. Para la mano no dominante, la HGD fue de 31 kg (DE=7,6) en el GE y 27,8 kg (DE=7,9) en el GC ($p=0,29$).

En el 6MWT, los participantes del GE recorrieron una media de 325,2 metros (DE=114,8) en comparación con los 296,3 metros (DE=106,4) del GC, con un valor de p de 0,86. En cuanto a las mediciones respiratorias, la presión inspiratoria máxima fue de 73,7 cmH₂O (DE=31,2) en el GE y 78,1 cmH₂O (DE=32,1) en el GC, con un valor de p de 0,78. La presión espiratoria máxima fue de 108,7 cmH₂O (DE=32,9) en el GE y 112 cmH₂O (DE=38,8) en el GC ($p=0,47$). La capacidad de tos, medida en L/min, fue de 312 (DE=147,9) en el GE y 316,7 (DE=166) en el GC, con un valor de p de 0,60.

En cuanto a la fragilidad, medida con el SPPB, los resultados mostraron una media de 8,88 (DE=3,64) en el GE y 8,77 (DE=3,39) en el GC ($p=0,79$). El ingreso hospitalario total fue de 16,8 días (DE=9,3) en el GE y 16,5 días (DE=8,1) en el GC, con un valor de p de 0,97. No se registraron éxitos en planta en ninguno de los grupos.

En cuanto a la fragilidad según los resultados porcentuales, el 40,9% de los pacientes del GE fueron clasificados como frágiles, comparado con el 22,7% del GC. El 4,5% de los pacientes del GE fueron clasificados como pre-frágiles, en comparación con el 36,4% del GC. Finalmente, el 54,5% de los pacientes del GE fueron clasificados como no-frágiles, comparado con el 40,9% del GC, con un valor de p significativo de 0,03.

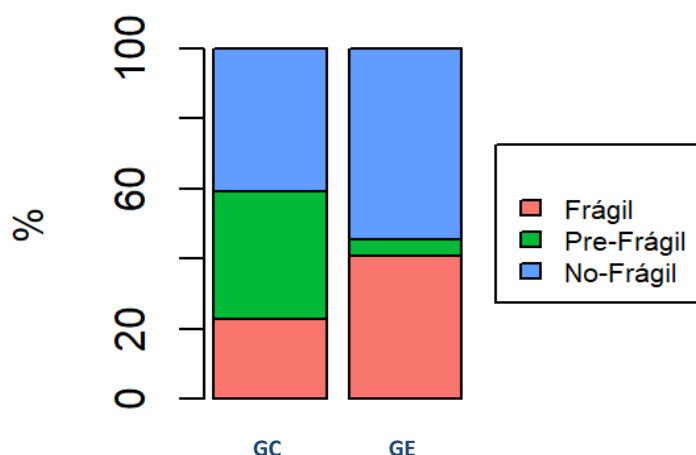


Gráfico 14 Porcentajes de fragilidad de ambos grupos

5.5 Resultados ANOVA de medidas repetidas y Post Hoc

A continuación, se presentan, **tabla 7**, los resultados del análisis ANOVA de medidas repetidas y las comparaciones post hoc para los GE y GC.

Efectos entre Sujetos

Análisis	Resultado	p-valor
Diferencias en MRCss	Significativas	< 0,001
Interacción MRCss y Grupo	No significativa	0,964
Diferencias entre GE y GC	No significativa	0,745

Comparaciones Post Hoc

Comparación	Grupo	p-valor
UCI Basal vs. UCI Alta	GE y GC	< 0,001
UCI Basal vs. Alta Hospitalaria	GE y GC	< 0,001
UCI Alta vs. Alta Hospitalaria	GE y GC	0,031
UCI Basal vs. UCI Alta	GC	0,009
UCI Basal vs. Alta Hospitalaria	GC	0,005
UCI Basal vs. Alta Hospitalaria	GE	0,002
UCI Alta vs. Alta Hospitalaria	GE	0,024

Interpretación de los Resultados

La tabla anterior muestra que el análisis ANOVA de medidas repetidas reveló diferencias significativas en los niveles del factor principal MRCss. La interacción entre MRCss y los grupos no fue significativa, indicando que el efecto de MRCss fue consistente a través de los grupos. No se encontraron diferencias significativas entre los grupos experimental y control.

Las comparaciones post hoc mostraron diferencias significativas entre las diferentes etapas de medición en ambos grupos. Específicamente, se encontraron diferencias significativas entre las mediciones en la UCI Basal y UCI Alta, así como entre la UCI Basal y el Alta Hospitalaria en ambos grupos. También se observaron diferencias significativas entre la UCI Alta y el Alta Hospitalaria.

En el GC, las comparaciones post hoc revelaron diferencias significativas entre UCI Basal y UCI Alta, así como entre UCI Basal y el Alta Hospitalaria. En el GE, se encontraron diferencias significativas entre UCI Basal y el Alta Hospitalaria, y entre UCI Alta y el Alta Hospitalaria.

Estos resultados sugieren que las mediciones del MRCss mejoraron significativamente a lo largo del tiempo en ambos grupos, con cambios notables en las diferentes etapas de evaluación.

También se utilizó el análisis ANOVA no paramétrico de Friedman para comparar mediciones repetidas en el GE y en el GC. A continuación, se presentan los resultados detallados para cada grupo.

Grupo Experimental

Para el GE, se aplicó la prueba de Friedman a varias medidas: GARRA D, PIM, PEM y PCF. Los resultados para GARRA D indicaron diferencias significativas en las mediciones repetidas ($p < 0.001$). Para PIM, también se encontraron diferencias significativas ($p < 0.001$). En el caso de PEM, los resultados mostraron diferencias significativas ($p < 0.001$). Finalmente, para PCF, se confirmaron diferencias significativas en las mediciones repetidas ($p < 0.001$).

Las comparaciones entre pares utilizando el método Durbin-Conover mostraron resultados estadísticamente significativos entre las diferentes etapas de medición. Para GARRA D, las comparaciones entre la medición inicial en UCI y la medición al alta en UCI arrojaron un valor p de 0.010. Entre la medición inicial en UCI y la medición al alta hospitalaria, el valor p fue menor a 0.001. Entre la medición al alta en UCI y la medición al alta hospitalaria, el valor p fue de 0.019.

En cuanto a PIM, las comparaciones entre la medición inicial en UCI y la medición al alta en UCI resultaron en un valor p menor a 0.001. Entre la medición inicial en UCI y la medición al alta hospitalaria, el valor p fue menor a 0.001. Entre la medición al alta en UCI y la medición al alta hospitalaria, el valor p fue de 0.004.

Para PEM, las comparaciones entre la medición inicial en UCI y la medición al alta en UCI arrojaron un valor p de 0.001. Entre la medición inicial en UCI y la medición al alta hospitalaria, el valor p fue menor a 0.001. Entre la medición al alta en UCI y la medición al alta hospitalaria, el valor p fue menor a 0.001.

Finalmente, para PCF, las comparaciones entre la medición inicial en UCI y la medición al alta en UCI resultaron en un valor p de 0.014. Entre la medición inicial en UCI y la medición al alta hospitalaria, el valor p fue menor a 0.001. Entre la medición al alta en UCI y la medición al alta hospitalaria, el valor p fue menor a 0.001.

Grupo Control

En el GC, el test de Friedman también se aplicó a las medidas GARRA D, PIM, PEM y PCF, mostrando diferencias significativas en todas las variables estudiadas ($p < 0.001$).

Las comparaciones entre pares utilizando el método Durbin-Conover en el GC también revelaron diferencias estadísticamente significativas. Para GARRA D, las comparaciones entre la primera y segunda medición arrojaron un valor p menor a 0.001. Entre la primera y tercera medición, el valor p fue menor a 0.001. Entre la segunda y tercera medición, el valor p fue de 0.003.

En cuanto a PIM, las comparaciones entre la primera y segunda medición resultaron en un valor p menor a 0.001. Entre la primera y tercera medición, el valor p fue menor a 0.001. Entre la segunda y tercera medición, el valor p fue de 0.005.

Para PEM, las comparaciones entre la primera y segunda medición arrojaron un valor p menor a 0.001. Entre la primera y tercera medición, el valor p fue menor a 0.001. Entre la segunda y tercera medición, el valor p fue menor a 0.001.

Finalmente, para PCF, las comparaciones entre la primera y segunda medición resultaron en un valor p de 0.009. Entre la primera y tercera medición, el valor p fue menor a 0.001. Entre la segunda y tercera medición, el valor p fue de 0.009.

Variable	Grupo	Friedman Test p-valor	Comparación	Estadístico	p-valor
Garra	GE	< 0.001	UCI Basal vs Alta UCI	2,70	0,010
			UCI Basal vs Alta Hosp	5,13	< 0.001
			UCI Alta vs Alta Hosp	2,43	0,019
	GC	< 0.001	UCI Basal vs Alta UCI	4,49	< 0.001
			UCI Basal vs Alta Hosp	7,60	< 0.001
			UCI Alta vs Alta Hosp	3,11	0,003
PIM	GE	< 0.001	UCI Basal vs Alta UCI	6,10	< 0.001
			UCI Basal vs Alta Hosp	9,16	< 0.001
			UCI Alta vs Alta Hosp	3,05	0,004
	GC	< 0.001	UCI Basal vs Alta UCI	7,24	< 0.001
			UCI Basal vs Alta Hosp	10,22	< 0.001
			UCI Alta vs Alta Hosp	2,98	0,005
PEM	GE	< 0.001	UCI Basal vs Alta UCI	3,41	0,001
			UCI Basal vs Alta Hosp	7,85	< 0.001
			UCI Alta vs Alta Hosp	4,44	< 0.001
	GC	< 0.001	UCI Basal vs Alta UCI	7,99	< 0.001
			UCI Basal vs Alta Hosp	12,55	< 0.001
			UCI Alta vs Alta Hosp	4,57	< 0.001
PCF	GE	< 0.001	UCI Basal vs Alta UCI	2,60	0,014
			UCI Basal vs Alta Hosp	6,43	< 0.001
			UCI Alta vs Alta Hosp	3,83	< 0.001
	GC	< 0.001	UCI Basal vs Alta UCI	2,82	0,009
			UCI Basal vs Alta Hosp	5,63	< 0.001
			UCI Alta vs Alta Hosp	2,82	0,009

En resumen, los resultados, **tabla 8**, del test de Friedman y las comparaciones entre pares indican diferencias significativas en las mediciones repetidas de las variables estudiadas (HGD, PIM, PEM, Tos) tanto en el GE como en el GC. Estos hallazgos sugieren que las intervenciones aplicadas en el GE y las condiciones del estudio en ambos grupos resultaron en cambios medibles y significativos en las variables evaluadas a lo largo del tiempo.

6 Discusión

Basándonos en las prácticas adoptadas por autores de renombre a nivel internacional, se dio comienzo a la implementación de un protocolo de movilización precoz en la UCI del Hospital Vall Hebron en 2018. Sin embargo, tras su implementación, se identificó una carencia importante: el protocolo no incluía a pacientes sometidos a trasplante de pulmón, a pesar de que nuestro hospital es el centro de excelencia en trasplante pulmonar en el país, atendiendo a un gran número de transplantados. Esta laguna persistente en la literatura actual, junto con la inauguración de la nueva UCI equipada con cicloergómetros y electroterapia combinada, motivó el presente estudio para evaluar la eficacia de un protocolo de rehabilitación temprana en pacientes que han recibido un trasplante de pulmón durante la fase aguda de su recuperación, en comparación con el enfoque ya establecido en el hospital.

Los resultados de este estudio muestran una tendencia que no puede ser categorizada como positiva ni negativa de manera definitiva. El análisis revela que algunas variables demuestran efectos positivos en relación con la aplicación del protocolo, mientras que en otras no se observa una mejora significativa. Sin embargo, es importante destacar que no se registraron efectos negativos ni adversos asociados al protocolo en el estudio.

El artículo de Gómez-Garrido et al.(89), y los resultados de nuestro estudio presentan varias similitudes y diferencias clave en la evaluación de la fragilidad y la capacidad funcional en pacientes candidatos a TP que se encontraban en lista activa. La prevalencia de fragilidad se reporta en un 33,8% de los pacientes, con un 8,1% clasificados como frágiles y un 25,7% como pre-frágiles. En cambio, en nuestro estudio, la fragilidad evaluada mediante la escala SPPB menor, mostrando que un 4,9% de los pacientes son frágiles, un 15,9% son pre-frágiles y un 79,3% no presentan fragilidad. Además, cuando se utilizó la escala SHARE-FI, los porcentajes fueron significativamente diferentes: 31,7% de los pacientes fueron clasificados como frágiles, 50% como pre-frágiles y 18,3% como no frágiles.

La capacidad funcional evaluada con el 6MWT en el estudio de Gomez-Garrido et al. revela una relación significativa entre la fragilidad y los resultados del SPPB, el 6MWT y la fuerza de la musculatura inspiratoria, pero no se encontró correlación con el LAS, sistema utilizado para priorizar a los pacientes que necesitan un trasplante de pulmón

Ambos estudios coinciden en la importancia de evaluar la fragilidad y la capacidad funcional en pacientes candidatos a TP. Sin embargo, nuestro estudio proporciona un análisis más detallado de la fuerza de distintos grupos musculares y la capacidad respiratoria, ofreciendo una visión más amplia de las capacidades físicas de los pacientes. Estos hallazgos subrayan la necesidad de usar múltiples herramientas de evaluación y considerar diversas dimensiones de la salud para mejorar la preparación y manejo de los pacientes en lista de espera para TP. Este enfoque es crucial para una evaluación completa y precisa de la condición física previa al trasplante, permitiendo una mejor personalización de los programas de prehabilitación y optimizando los resultados postoperatorios.

En lo que respecta a la MP, se ha convertido en una estrategia prometedora en las UCI para prevenir la DAU en pacientes críticos hospitalizados. No obstante, se han identificado diversos desafíos metodológicos, tales como la variabilidad en las características y la diversidad en las muestras de pacientes, la carencia de asignaciones aleatorias apropiadas y de cegamiento, junto con la discrepancia en las definiciones y parámetros de tratamiento, como la frecuencia, duración, intensidad, volumen y tiempo; sin pasar por alto las diferencias en los protocolos de tratamiento empleados.

La prolongada inmovilidad, en conjunto con el uso de la VMI, la administración de medicamentos sedantes y relajantes musculares, el estado hipermetabólico y la alteración de la musculatura pueden dar lugar a una rápida pérdida de fuerza y masa muscular. Este fenómeno dificulta la recuperación funcional y aumenta la probabilidad de complicaciones, lo que conlleva a un proceso de destete complicado o tardío y a una merma en la calidad de vida de los sobrevivientes al TP.

Hasta el momento, los estudios publicados sobre el impacto de la MP en pacientes críticos han arrojado resultados alentadores en lo que respecta a la mejora de la fuerza muscular y la disminución de la debilidad muscular periférica. No obstante, es relevante subrayar que la mayoría de estos estudios se han centrado en la MP sin hacer uso específico del cicloergómetro de cama. Además, aunque es razonable suponer que la MP de pacientes podría beneficiar a los receptores de TP, hasta ahora no existen estudios que examinen específicamente el uso del cicloergómetro de cama en este contexto. Por lo tanto, este estudio científico aleatorizado y enmascarado evalúa los efectos del cicloergómetro de cama en la debilidad muscular periférica, en los días de estancia en UCI y en la fragilidad en pacientes adultos después de un TP ingresados en UCI.

En cuanto a las características demográficas de los estudios examinados, se observan similitudes, ya que los participantes de los artículos analizados son adultos ingresados en UCI. Sin embargo, es importante destacar que los porcentajes y la prevalencia proporcionados en los estudios se refieren a datos de la población general hospitalizada en UCI, en lugar de enfocarse específicamente en pacientes sometidos a TP.

En relación con las razones de ingreso, se aprecia una notable diversidad en comparación con nuestro propio estudio. En cuatro de los artículos analizados, la admisión a la UCI se debió a la necesidad de ventilación mecánica (VM)(71,72,90). Dos casos más detallados, además del requerimiento de VM mencionado, incluyen el estudio de Yu et al.(74), donde el ingreso a la UCI se debió a razones médicas (insuficiencia respiratoria aguda), mientras que en el caso de Newman et al.(77), se debió a motivos quirúrgicos (post cirugía cardíaca). Por otro lado, Kho et al.(73), al igual que Fossat et al.(79), además de la necesidad de VM, requirieron que los participantes fueran capaces de deambular antes de su ingreso en la UCI.

En cuanto a los métodos de asignación de grupos, los estudios que incluyen tanto un GC como un GE (73-75,90), mencionan haber realizado una asignación aleatoria. Es relevante destacar que Fossat et al. (79) llevó a cabo esta asignación considerando estratificaciones demográficas (como el sexo) y clínicas (como el estado respiratorio y el día de ingreso en la UCI). Finalmente, en solo uno de los estudios analizados se hace mención explícita de la existencia de un método de cegamiento.(90)

Varios investigadores previos a nuestro estudio han abordado la cuestión de la MP de pacientes en comparación con el enfoque convencional de fisioterapia en UCI. En nuestro estudio, todos los participantes comenzaron la intervención de fisioterapia 24 horas después del trasplante, siempre que se encontraran en condiciones hemodinámicas estables, y la concluyeron una vez recibieron el alta de la UCI.

En cuanto al momento de inicio del tratamiento, ocho estudios proporcionaron una definición clara de "temprano", como "dentro de los cuatro/cinco días posteriores al ingreso en cuidados intensivos o UCI"(72,73), "dentro de las 72 horas después del ingreso en la UCI"(90), "dentro de las 24/48/72 horas de la ventilación mecánica VMI (71,74,75,77), entre otras. Por otro lado, en el estudio de Fossat et al. (79), no se ofreció una definición precisa de la MP de pacientes, pero se incluyó el término "temprano" al describir el grupo de intervención. En nuestro estudio el 80% de los pacientes inició la rehabilitación 48 horas después del ingreso en la UCI; el 20% restante lo hizo a las 24 horas (5%) o a las 72 horas (15%).

La mayoría de los estudios incluidos siguieron una estrategia de tratamiento similar: una o dos sesiones al día, con una duración de 20 a 30 minutos, llevadas a cabo durante cinco días a la semana durante 28 días o hasta que los pacientes fueran dados de alta de la UCI. Cabe destacar que en el estudio de Yu et al.(74), la duración de la sesión podía llegar hasta los 40 minutos, pero no se especificó la frecuencia semanal ni la duración total del tratamiento. Por otro lado, Fossat et al. (79), propuso un tratamiento que se llevó a cabo 5 días de la semana.

En particular, las sesiones de nuestro estudio tuvieron una duración de 45 minutos y se realizaron una vez al día durante cinco días a la semana. El enfoque motor incluyó el mantenimiento de la postura adecuada en cama y la movilización de las extremidades realizadas por el fisioterapeuta con o ayuda del paciente y fisioterapia respiratoria.

En GC, se realizaron ejercicios de movilización temprana de las extremidades, con 2 series de 10 repeticiones para cada movimiento articular. Por otro lado, la movilización temprana de las extremidades en el GE se llevó a cabo mediante la utilización del cicloergómetro MOTOMed letto2® en conjunto con un dispositivo de electroestimulación (EE) aplicado a los grupos musculares del cuádriceps e isquiotibiales.

En los estudios examinados, los participantes del GE fueron sometidos a sesiones de cicloergómetro de cama (71,72) y ejercicios de rango articular en las extremidades superiores (72,74), así como estimulación eléctrica (90), o estas sesiones se llevaron a cabo junto con las intervenciones rutinarias estándar (73,75,79). En contraste, en el GC los participantes recibieron intervenciones de movilización estándar, según lo establecido en los estudios incluidos. En el transcurso de los 30 minutos de movilización, se destinaron 5 minutos al calentamiento mediante ciclismo pasivo, seguidos de 20 minutos de ciclismo activo con un incremento gradual de la resistencia (de 2 a 10 Nm), de acuerdo con la tolerancia del paciente y la evaluación del fisioterapeuta. Los últimos 5 minutos se utilizaron para el enfriamiento y la vuelta a la calma mediante ciclismo pasivo.

La duración de la intervención y la estructura de la sesión mencionada se basaron en estudios previos, como el de Waldeuf et al.(90), que propuso una duración de 20 minutos para la cicloergometría asistida por estimulación eléctrica funcional. Asimismo, Nickels et al.(72)

estableció una duración de 30 minutos para el cicloergómetro bilateral de las extremidades inferiores. En el caso de Fossat et al.(79), se planteó una actividad de 15 minutos sin especificar el tipo de entrenamiento. Newman et al.(77) propuso un calentamiento de 30 segundos a 5 RPM, seguido de 19 minutos a 10 RPM y un enfriamiento de 30 segundos a 5 RPM. Siguiendo una modalidad similar, Kho et al.(73) sugirió un calentamiento pasivo de 1 minuto a 5 RPM, seguido de 29 minutos de ciclismo activo, activo-asistido o pasivo, y finalmente, un enfriamiento de 30 segundos.

Numerosas escalas clínicas y métodos de dinamometría se han desarrollado para evaluar de manera precisa la fuerza muscular. En este estudio, se realizaron dos evaluaciones para todos los participantes, una inicial y otra final. Se utilizó la escala MRCss y la HGD para evaluar posibles cambios en la fuerza muscular periférica. Con relación al MRCss, se determinó que el 32.5% de los pacientes fue dado de alta con el diagnóstico de DAU (36.8%, correspondiente a 7 pacientes del GC, y 29.1%, correspondiente a 7 pacientes del GE).

En 2019, la revisión sistemática y el metaanálisis de Zhang et al.(66) sobre los efectos de la MP de pacientes en pacientes críticos analizaron los resultados obtenidos en la fuerza muscular de diferentes ensayos controlados aleatorios medidos a través de la MRCss y la HGD. En cuanto a la primera escala de valoración, 8 estudios informaron cambios en la puntuación total de MRCss en el alta de la UCI, aunque no fueron estadísticamente significativos. En este sentido, en su estudio observacional de 2022, Zhou et al.(91) encontraron un aumento significativo en la puntuación de MRCss después de la intervención en el GE en comparación con el GC. En contraposición a esto, la revisión sistemática y el metaanálisis de Wang et al.(92) sobre los efectos de la MP de pacientes en el pronóstico de pacientes críticos revelaron que este tipo de movilización tuvo un efecto estadísticamente significativo en la puntuación MRCss de los pacientes.

Al analizar los resultados obtenidos en nuestro estudio, se observa que los valores de MRCss son estadísticamente significativos en ambos grupos. Por otro lado, y compartiendo la conclusión de la revisión sistemática y el metaanálisis de Wang et al.(92), cuando se analizan los valores de MRCss antes y después para muestras independientes, los resultados no son significativos.

La revisión sistemática y el metaanálisis de Zhang et al (66), documentaron 4 estudios que informaron sobre la HGD sin encontrar diferencias significativas entre los grupos de MP de pacientes del GE y el GC. Este hallazgo es compartido por Wang et al.(92), donde no se encontró influencia de la MP de pacientes en la fuerza de prensión manual de los pacientes.

Al analizar los resultados de nuestro estudio, se observó que los valores de HGD antes y después del tratamiento, tanto para la mano dominante como para la no dominante, no mostraron diferencias significativas. Esta conclusión coincide con las revisiones sistemáticas y metaanálisis mencionados anteriormente.

Pero bien es cierto que, el análisis comparativo que analiza los resultados obtenidos en nuestro estudio, se observa que los valores de MRCss antes y después entre el GE y GC reveló patrones distintos, pero igualmente significativos en la mejora de la fuerza de agarre durante la hospitalización.

En el GE, se observó un incremento significativo en la fuerza de agarre desde el ingreso en la UCI hasta el alta hospitalaria, indicando que las intervenciones específicas implementadas durante la hospitalización fueron efectivas para promover la recuperación física de los pacientes. Por otro lado, el GC mostró mejoras igualmente significativas en la fuerza de agarre a lo largo de su hospitalización, reflejando el impacto positivo de los cuidados estándar proporcionados durante la estancia hospitalaria.

Ante esta dicotomía de resultados, hay autores como Wang et al.(92), al igual que Kho et al.(73), que concluyen que la MP de pacientes puede mejorar la fuerza muscular en pacientes críticos. Siguiendo la misma línea de conclusión, Yu et al.(74) revela el papel capacitante que tiene el cicloergómetro de cama combinado con actividades de las extremidades en la restauración de la fuerza muscular, así como en la reducción de la aparición de la debilidad muscular periférica. En cuanto a todos estos efectos, Ringdal et al.(71) concluyen que el cicloergómetro de cama parece tener efectos motivadores durante la recuperación en la estancia en la UCI.

A pesar de los resultados sugestivos, hay voces contrapuestas, como las de Waldauf et al.(90) y Nickels et al.(75), que concluyen que el cicloergómetro asistido por estimulación eléctrica no mejora ningún parámetro muscular en el alta de la UCI.

A modo de reflexión, Zhang et al. (66), Ringdal et al. (71), Newman et al.(93) y Nickels et al. (75) concluyen que la MP de pacientes se puede iniciar de manera segura y es factible en el ámbito de la UCI. Aunque los resultados observados no sean estadísticamente significativos, podrían contribuir al estado del conocimiento actual, ya que exploran una nueva pregunta de investigación sin resolver, replican resultados anteriores, proporcionan un aumento en la confianza en la validez de los hallazgos previos, recopilan evidencia, identifican limitaciones y aspectos a mejorar, y proporcionan un contexto y referencias actuales que podrían servir como base para futuras investigaciones.

En relación con los resultados de fragilidad evaluada mediante el SPPB en individuos con TP, se observan mejoras clínicamente relevantes a corto plazo al momento del alta hospitalaria tras la implementación de un plan de rehabilitación temprana basado en un cicloergómetro para pacientes postrados en cama, junto con estimulación eléctrica coordinada con el ejercicio y fisioterapia respiratoria, en comparación con el tratamiento estándar.

La evaluación de la fragilidad mostró diferencias importantes entre el GE y el GC. En el grupo de pacientes frágiles, la prevalencia fue del 40,9% en el GE y del 22,7% en el GC. Entre los pre-frágiles, el 4,5% pertenecía al GE y el 36,4% al GC. Para los no frágiles, el 54,5% en el GE no presentaron fragilidad, en comparación con el 40,9% en el GC. Estos resultados destacan la relevancia de implementar estrategias personalizadas en la rehabilitación hospitalaria para mejorar los resultados y reducir la vulnerabilidad de los pacientes al alta.

Al momento del alta hospitalaria, aproximadamente seis de cada diez pacientes muestran fragilidad (58,9%). Según Courtwright et al.(39), un estudio de cohorte encontró resultados similares, con el 54,1% de los pacientes aún vulnerables al momento del alta. Estos hallazgos subrayan que la rehabilitación hospitalaria sola no asegura que los pacientes retornen a casa en óptimas condiciones. Por lo tanto, es crucial implementar nuevas estrategias de tratamiento para intensificar y mejorar la eficacia de la rehabilitación hospitalaria. Esto no solo podría reducir las complicaciones post-alta y los costos sanitarios, sino también mejorar la calidad de vida de estos pacientes. El estudio también reveló que la fragilidad al momento del alta hospitalaria está estrechamente relacionada con un mayor riesgo de readmisión dentro de los 30 días siguientes. De hecho, del grupo de 30 participantes que requirieron readmisión, el 86,7% (26 participantes) mostraron vulnerabilidad al momento del alta (SPPB < 6 puntos).

Investigaciones recientes sugieren que la fragilidad previa al trasplante puede predecir la mortalidad después de este procedimiento. Por ejemplo, el estudio de Singer et al.(37) la analiza previa al trasplante en una cohorte de múltiples centros, medida mediante el SPPB. Se encontró una asociación entre dicha fragilidad y la mortalidad, ya que cada punto de disminución en la puntuación del SPPB preoperatorio se asoció con un aumento en el riesgo de mortalidad después del TP. Además, esta fragilidad previa también se relacionó con un riesgo de mortalidad 3,8 veces mayor un año después del TP.

Por otro lado, una buena condición física requiere una musculatura óptima. El estudio de Rozenberg, et al.(94), vincula la recuperación lenta de la fuerza del cuádriceps con causas multifactoriales como una prolongada estancia hospitalaria, desnutrición y el uso de medicamentos inmunosupresores en receptores TP. Esto sugiere la necesidad de realizar más estudios para determinar si la vulnerabilidad está más influenciada por la rehabilitación hospitalaria o por otros factores.

En cuanto a la progresión de la fragilidad durante el primer año posterior al TP, siguiendo un programa de rehabilitación ambulatoria, un estudio clínico realizado por Venado et al.(95), centrado en la fragilidad después del TP, arrojó resultados significativos y generalizables. Se observaron mejoras significativas en el SPPB (una media de 5 puntos) durante los primeros 6 meses después del TP, con una estabilidad relativa posterior a este periodo. Además, el 80% de los pacientes cambiaron de estado de "frágil" a "no frágil" después del TP, en comparación con el 62,5% en este estudio. Por lo tanto, la fragilidad es reversible después del TP.

El artículo "Resultados de un programa de rehabilitación respiratoria en pacientes receptores de trasplante pulmonar: estudio cuasiexperimental" de Dávalos-Yerovi et al.(96) presenta un estudio que evalúa los efectos de un programa de rehabilitación (PR) respiratoria de 10 semanas en pacientes que han recibido un trasplante pulmonar. Los objetivos del estudio incluyen evaluar los cambios en el rendimiento físico y la capacidad aeróbica, y describir la prevalencia de sarcopenia y malnutrición antes y después del PR y su influencia en los resultados clínicos. El estudio cuasiexperimental incluyó 41 receptores de TP mayores de 18 años, quienes fueron evaluados antes y después del PR mediante pruebas de ejercicio aeróbico, 6MWT y medición del pico de oxígeno (VO_2 pico). También se evaluó el rendimiento físico mediante el SPPB, y se determinó la prevalencia de sarcopenia según el European Working Group on Sarcopenia in Older People (EWGSOP2) y la malnutrición según la Global Leadership Initiative

on Malnutrition (GLIM). Los resultados mostraron que la capacidad de ejercicio medida por la 6MWT mejoró significativamente en hombres (66,3 metros) y mujeres (60,7 metros). El VO₂pico también mejoró en hombres (3,1 ml/kg/min), pero no de forma significativa en mujeres (1,2 ml/kg/min). Hubo una reducción en la prevalencia de malnutrición del 80,5% al 61% y sarcopenia severa del 31,7% al 4,9% tras el PR. Se concluye que el PR es efectivo y seguro para los receptores de TP, ya que mejora la fuerza muscular esquelética, la capacidad de ejercicio y la calidad de vida, y disminuye la prevalencia de sarcopenia y malnutrición, subrayando la importancia de la rehabilitación en el manejo integral postoperatorio de TP.

La fuerza de los músculos respiratorios, medida a través de la PIM y la PEM, así como el nivel de actividad física medida con el 6MWT disminuyen inevitablemente tras una cirugía torácica debido al dolor y a la tos ineficaz. La incisión quirúrgica en la pared torácica afecta directamente la función y fuerza de los músculos respiratorios y reduce la compliancia total del tórax.

La lesión del nervio frénico es la segunda complicación neurológica más común, después de la DAU.(97) Según varios estudios, la incidencia reportada de lesión o disfunción del nervio frénico y/o parálisis o disfunción del diafragma tras un trasplante de pulmón varía entre el 3,2% y el 29,6%. En los últimos años, la incidencia descrita ha fluctuado entre el 8% y el 30%. (98–101)

Los síntomas que presentan los pacientes con disfunción diafragmática incluyen disnea, ortopnea, disnea durante el ejercicio, alteraciones en la mecánica respiratoria (con o sin respiración paradójica), y desaturaciones nocturnas o durante el ejercicio.(102)

Los pacientes con disfunción unilateral del diafragma muestran una reducción de la PIM al 60% del valor predicho y una reducción de la presión transdiafragmática (PTD) al 40% del valor predicho. En los casos de parálisis bilateral, estas cifras se reducen al 30% y al 5% del valor predicho, respectivamente. También se ven afectados el volumen corriente (VC) y el volumen minuto (Ve), así como la capacidad pulmonar total (CPT), siendo más notables en casos de parálisis bilateral. La ventilación se mantiene gracias a la compensación de los músculos intercostales y/o al hemidiafragma que funciona normalmente, según el caso. Esta complicación se asocia con tiempos más prolongados de VMI y estancia en UCI, e incluso con una disminución en la supervivencia. (102–104)

Según los estudios, la disfunción tiende a resolverse entre 1 y 12 meses, dependiendo del daño al nervio y de la tasa de regeneración de éste.(100) En los casos más severos, la disfunción no se resuelve ni en 2 años de seguimiento. Otros estudios indican que la recuperación puede continuar durante al menos 20 meses, y alrededor del 30% de los pacientes afectados nunca recuperan la función diafragmática.(104–106)

La afectación bilateral transitoria del nervio frénico requiere una traqueotomía y VMI para permitir la recuperación nerviosa. Una nueva técnica, la electroestimulación diafragmática (marcapasos diafragmático o pacing), permite estimular los nervios frénicos, particularmente en el contexto del trasplante de pulmón. En caso de afectación parcial, se recomienda el fortalecimiento de los músculos inspiratorios mediante entrenamiento muscular específico.(107)

Un estudio publicado en 2020 concluyó que la disfunción diafragmática está presente sistemáticamente al alta hospitalaria y persiste de 3 a 6 meses después de la cirugía. Los autores demostraron que la principal causa de esta disfunción es la neuroapraxia del nervio frénico, provocada por la manipulación quirúrgica del mediastino o la hipotermia con hielo (irrigación con frío de la cavidad pleural que daña el extremo distal del nervio).(108)

En el presente estudio el conjunto de los pacientes, entre ambos grupos, el 30% presentaron paresia diafragmática unilateral diagnosticada a pie de cama con ecografía diafragmática (no se recogieron datos de excursión y/o grosor diafragmático, ni se realizaron pruebas adicionales de función respiratoria).

Diversos estudios han demostrado los beneficios del entrenamiento de los músculos respiratorios (EMR) en receptores de trasplante de pulmón. Neumannova et al.(109) encontró que el EMR mejoró significativamente la fuerza de los músculos respiratorios, el trabajo respiratorio y la fatiga de los músculos inspiratorios. Esto fue corroborado por Graur et al.(110), quien reportó un aumento significativo en la fuerza de los músculos inspiratorios y la capacidad de ejercicio en pacientes que seguían un programa de rehabilitación pulmonar combinado con entrenamiento muscular inspiratorio en casa. Muelas-Gómez, et al.(111) destacó el impacto positivo del entrenamiento respiratorio post-trasplante en la capacidad de ejercicio y la calidad de vida. Incluso en pacientes pediátricos, como el niño de 13 años en el estudio de Yamaga, et al.(112), se encontró que el entrenamiento de los músculos inspiratorios mejoró la función respiratoria y la disnea después del trasplante de pulmón. Estos hallazgos subrayan el potencial del EMR para mejorar la función de los músculos respiratorios y el bienestar general en los receptores de trasplante de pulmón.

En nuestro estudio, la PIM y la PEM no mostraron diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos ($p=0,34$ y $p=0,85$, respectivamente).

Estudios previos han reportado una variedad de resultados sobre la efectividad del EMR en pacientes transplantados pulmonares y candidatos a trasplante. Abidi et al.(113) destacaron la importancia del EMR como parte integral de la rehabilitación post-trasplante, observando mejoras en la función pulmonar y la capacidad de ejercicio, aunque sin proporcionar análisis estadísticos detallados. Muelas-Gómez et al.(111) encontraron mejoras significativas en la fuerza de los músculos respiratorios y en la capacidad funcional, contrastando con nuestros hallazgos no significativos, lo que sugiere posibles variaciones en la intensidad del entrenamiento o en la técnica de ejecución del EMR.

Sato et al.(114) reportaron mejoras significativas en la PIM y en el 6MWT. Nuestros resultados menos concluyentes podrían deberse a diferencias en la metodología, como la duración del entrenamiento y la variabilidad en la población estudiada. Hume et al.(115) a través de una revisión sistemática, afirmaron que el EMR mejora la capacidad de ejercicio y la calidad de vida en pacientes transplantados pulmonares, aunque no proporcionaron datos específicos de PIM o PEM, limitando la comparabilidad directa con nuestros resultados.

En la valoración al alta hospitalaria de nuestro estudio, no se observaron diferencias significativas entre el GE y el GC en cuanto a capacidad respiratoria. La PIM en el GE fue de 73,7 cmH₂O (DE: 31,2) y en el GC de 78,1 cmH₂O (DE: 32,1), con una p de 0,78. Respecto a la PEM los valores fueron de 108,7 cmH₂O (DE: 32,9) en el GE y de 112 cmH₂O (DE: 38,8) en el GC, con una p de 0,47. A pesar de que estas diferencias no son estadísticamente significativas, sugieren que ambas modalidades de tratamiento tienen efectos comparables en la capacidad respiratoria al momento del alta hospitalaria. Sin embargo, la falta de significancia estadística puede estar influenciada por el tamaño de la muestra, lo que refuerza la necesidad de estudios con mayor tamaño muestral y diseños más robustos.

El entrenamiento de la musculatura inspiratoria (EMI) es un componente clave en el tratamiento, como lo demuestra tanto nuestro estudio como el de Hoffman et al. (116), en ambos casos, las cargas de entrenamiento se ajustan en función de la PIM, permitiendo una personalización del tratamiento. En nuestro estudio, la carga de entrenamiento inspiratorio se ajustó al 40% de la PIM en el GC y al 60% en el GE, mientras que en el estudio de Hoffman et al. las cargas oscilaban entre el 30% y el 50%, adaptándose a la tolerancia y evolución de los pacientes.

Una diferencia crucial entre los estudios radica en las intervenciones complementarias. Nuestro GE combinó EMI con el uso de cicloergómetro y electroterapia en los músculos de las extremidades inferiores, buscando fortalecer tanto la musculatura respiratoria como la periférica. En cambio, Hoffman et al. se centraron exclusivamente en el EMI sin intervenciones adicionales. Además, los dispositivos utilizados en los estudios fueron diferentes: Hoffman et al. emplearon el dispositivo resistivo de flujo cónico POWERbreathe®, mientras que nosotros utilizamos la válvula umbral Threshold IMT de Resironics®, que ajusta la carga basándose en un umbral fijo.

A pesar de la inclusión de cicloergómetro y electroterapia en el GE, no se encontraron diferencias significativas en la PIM en comparación con el GC. En nuestro estudio, la PIM promedio fue de 73,7 cmH₂O en el GE y de 78,1 cmH₂O en el GC (p = 0,34), lo que sugiere que las intervenciones adicionales no aportaron beneficios respecto al entrenamiento inspiratorio aislado. En contraste, Hoffman et al. esperaban mejoras mayores en la función muscular respiratoria debido a un enfoque más intensivo, lo que subraya las diferencias en las estrategias y los recursos empleados.

La revisión sistemática de Elkins y Dentice (117), proporciona contexto al evaluar el efecto del EMI en pacientes sometidos a ventilación mecánica en la UCI. Esta revisión encontró que el EMI mejoró la PIM en un promedio de 7 cmH₂O (IC 95%: 5 a 9), además de observarse mejoras en el índice de respiración rápida y superficial (RSBI) y una mayor tasa de éxito en el destete. Sin embargo, la variabilidad en la duración y frecuencia de las sesiones, que fluctuaron entre 5 y 30 minutos dos veces al día, podría haber influido en los resultados.

En nuestro estudio, las sesiones de electroterapia y cicloergómetro fueron de 40 minutos, seguidas del EMI, que consistió en 6 series de 5 repeticiones, realizadas cinco días a la semana. Aunque no se estableció una duración de tiempo exacta para el EMI, el objetivo principal era completar las series asignadas.

En cuanto a la capacidad de destete, Elkins y Dentice observaron una tasa de éxito 1.34 veces mayor en pacientes que realizaron EMI. Aunque no evaluamos esta variable, resulta interesante considerarla en futuros estudios. Los resultados obtenidos respaldan la inclusión del EMI en los programas de rehabilitación para pacientes trasplantados pulmonares, aunque es necesario realizar más investigaciones con diseños metodológicos rigurosos y muestras más grandes para confirmar estos hallazgos.

Comparando nuestros resultados con estudios previos, como el de Cader et al. (118), que encontraron mejoras significativas en la PIM y la tasa de éxito del destete utilizando un dispositivo de umbral al 30% de la PIM en pacientes intubados, nuestros pacientes, más jóvenes y post-trasplante pulmonar, no mostraron mejoras significativas pese a utilizar una carga mayor del 60%. Esto contrasta con estudios como el de Condessa et al. (119), quienes con una carga del 40% de la PIM, lograron mejoras en la PIM y reducción en la duración del destete.

Otros estudios como los de Caruso et al. (120), Dixit et al. (121) y Mohamed et al. (122), que emplearon cargas más conservadoras, también observaron mejoras en la PIM y el destete, lo que sugiere que una mayor carga de entrenamiento, como la utilizada en nuestro GE, no necesariamente genera mejores resultados. Estos hallazgos subrayan la importancia de adaptar la intensidad del EMI a las características individuales de los pacientes y destacan que intervenciones adicionales como el cicloergómetro y la electroterapia no siempre ofrecen beneficios adicionales en comparación con enfoques más simples y conservadores.

En conjunto, los estudios revisados, a pesar de utilizar cargas de entrenamiento del 20% al 50% de la PIM, lograron mejoras en la fuerza inspiratoria y en el destete, mientras que en nuestro estudio, con una carga más alta del 60% de la PIM y la adición de cicloergómetro y electroterapia, no se observaron diferencias significativas en los resultados respiratorios. Esto sugiere que, en nuestro caso, la mayor intensidad y las intervenciones complementarias no aportaron beneficios adicionales comparados con enfoques más conservadores que se han mostrado efectivos en otros estudios.

6.1 Limitaciones

Las limitaciones identificadas pueden atribuirse a la aparición del COVID-19, ya que este estudio se llevó a cabo entre julio del 2019 y diciembre del 2020, incluyen:

1. Disminución del acceso a los participantes: La emergencia sanitaria global ocasionada por el COVID-19 limitó el acceso a los participantes potenciales, porque durante los primeros meses se suspendió el programa de trasplante a nivel nacional.
2. Interrupción en la recolección de datos: Las restricciones impuestas por la pandemia, como los confinamientos y las medidas de distanciamiento social, interrumpieron la recopilación de datos en el tiempo previsto, lo que resulta en lagunas en la información recopilada y en la calidad de los datos.
3. Cambios en la atención médica: La priorización de los recursos y la atención médica en el contexto de la pandemia podría haber influido en la atención y el seguimiento habitual de los pacientes, que impactó directamente en los resultados y conclusiones del estudio. La necesidad de adaptar los procedimientos habituales intrahospitalarios para cumplir con las regulaciones y recomendaciones de salud pública en constante cambio debido al COVID-19 llevaron a desviaciones, en cuanto a tiempo, no previstas en los protocolos originales.
4. Dificultades en la replicación: Las limitaciones logísticas y la incertidumbre asociada con la pandemia podrían dificultar la replicación de los resultados del estudio en otros contextos o momentos, limitando así la generalización de los hallazgos.
5. Alteración del contexto clínico: El impacto generalizado de la pandemia en la práctica clínica y en la dinámica hospitalaria podría haber influido en la efectividad y relevancia de las intervenciones estudiadas, lo que puede dificultar la extrapolación de los resultados a situaciones no afectadas por el COVID-19.

En conjunto, estas limitaciones señalan el impacto significativo que la pandemia de COVID-19 ha tenido en la investigación y en la interpretación de los resultados de este estudio.

7 Conclusiones

1. Tras la aplicación del protocolo de rehabilitación precoz en los pacientes trasplantados pulmonares, no se observaron efectos adversos asociados al protocolo de intervención.
2. Tanto los pacientes del grupo de intervención como los del grupo control mostraron mejoras en la fuerza muscular general y en la fuerza de agarre de la mano, pero no se encontraron diferencias significativas entre ambos grupos.
3. En cuanto a la evaluación de la capacidad funcional mediante la prueba de marcha de seis minutos (6MWT) y el rendimiento físico (SPPB), se observaron diferencias significativas entre ambos grupos a favor del grupo experimental.
4. El programa de rehabilitación en su conjunto demostró ser eficaz en la mejora de la capacidad física y la calidad de vida de los pacientes.
5. En cuanto a las capacidades respiratorias, se observaron mejoras significativas en ambos grupos a lo largo del seguimiento

8 Líneas de futuro

Futuras investigaciones deben centrarse en ensayos controlados y aleatorizados para confirmar los beneficios observados, incorporando también factores nutricionales para garantizar una recuperación integral y sostenida. Es esencial individualizar los tratamientos y documentar detalladamente los parámetros del tratamiento experimental. La implementación temprana de la rehabilitación en UCI, siguiendo las directrices FITT, será clave en estudios futuros.

9 Bibliografia

1. Román A, Ussetti P, Solé A, Zurbano F, Borro JM, Vaquero JM, et al. Guidelines for the Selection of Lung Transplantation Candidates. *Arch Bronconeumol.* 2011;47(6):303-9.
2. Dominguez-Gil B, Matesanz R. NEWSLETTE R TRANSPLANT. International figures on donation and transplantation. 2018;23.
3. ACTIVIDAD DE DONACIÓN Y TRASPLANTE PULMONAR ESPAÑA 2018. 2018.
4. Coll E, Santos F, Ussetti P, Canela M, Borro JM, De La Torre M, et al. Registro Español de Trasplante Pulmonar: primer informe de resultados (2006-2010). *Arch Bronconeumol.* febrero de 2013;49(2):70-8.
5. Weill D, Benden C, Corris PA, Dark JH, Davis RD, Keshavjee S, et al. A consensus document for the selection of lung transplant candidates: 2014 - An update from the Pulmonary Transplantation Council of the International Society for Heart and Lung Transplantation. *J Heart Lung Transplant.* 2015;34(1):1-15.
6. Leard LE, Holm AM, Valapour M, Glanville AR, Attawar S, Aversa M, et al. Consensus document for the selection of lung transplant candidates: An update from the International Society for Heart and Lung Transplantation. *J Heart Lung Transplant.* noviembre de 2021;40(11):1349-79.
7. Shigemura N, Bhama J, Gries CJ, Kawamura T, Crespo M, Johnson B, et al. Lung transplantation in patients with prior cardiothoracic surgical procedures. *Am J Transplant.* 2012;12(5):1249-55.
8. Reynaud-Gaubert M, Mornex JF, Mal H, Treilhaud M, Dromer C, Quétant S, et al. Lung transplantation for lymphangioleiomyomatosis: The french experience. *Transplantation.* 2008;86(4):515-20.
9. Detterbeck FC, Egan TM, Mill MR. Lung transplantation after previous thoracic surgical procedures. *Ann Thorac Surg.* 1995;60(1):139-43.
10. Curtis HJ, Bourke SJ, Dark JH, Corris PA. Lung transplantation outcome in cystic fibrosis patients with previous pneumothorax. *J Heart Lung Transplant.* 2005;24(7):865-9.
11. Weill D. Lung transplantation: Indications and contraindications. *J Thorac Dis.* 2018;10(7):4574-87.
12. Statement IC. American Thoracic Society Idiopathic Pulmonary Fibrosis : Diagnosis and Treatment. 2000;161:646-64.
13. Raghu G, Collard HR, Egan JJ, Martinez FJ, Behr J, Brown KK, et al. An Official ATS/ERS/JRS/ALAT Statement: Idiopathic pulmonary fibrosis: Evidence-based guidelines for diagnosis and management. *Am J Respir Crit Care Med.* 2011;183(6):788-824.

14. Du Bois RM, Weycker D, Albera C, Bradford WZ, Costabel U, Kartashov A, et al. Six-minute-walk test in idiopathic pulmonary fibrosis: Test validation and minimal clinically important difference. *Am J Respir Crit Care Med.* 2011;183(9):1231-7.
15. Du Bois RM, Weycker D, Albera C, Bradford WZ, Costabel U, Kartashov A, et al. Ascertainment of individual risk of mortality for patients with idiopathic pulmonary fibrosis. *Am J Respir Crit Care Med.* 2011;184(4):459-66.
16. De Gracia J, Mata F, Álvarez A, Casals T, Gatner S, Vendrell M, et al. Genotype-phenotype correlation for pulmonary function in cystic fibrosis. *Thorax.* 2005;60(7):558-63.
17. De Soyza A, Archer L, Wardle J, Parry G, Dark JH, Gould K, et al. Pulmonary transplantation for cystic fibrosis: Pre-transplant recipient characteristics in patients dying of peri-operative sepsis. *J Heart Lung Transplant.* 2003;22(7):764-9.
18. Rosenbluth DB, Wilson K, Ferkol T, Schuster DP. Lung function decline in cystic fibrosis patients and timing for lung transplantation referral. *Chest.* 2004;126(2):412-9.
19. A.R.Damasio. The New England Journal of Medicine Downloaded from nejm.org at the Bodleian Libraries of the University of Oxford on February 16, 2014. For personal use only. No other uses without permission. Copyright © 1992 Massachusetts Medical Society. All rights reserved. *N Engl J Med.* 1992;327(26):1832-5.
20. Mayer-Hamblett N, Rosenfeld M, Emerson J, Goss CH, Aitken ML. Developing cystic fibrosis lung transplant referral criteria using predictors of 2-year mortality. *Am J Respir Crit Care Med.* 2002;166(12 Pt 1):1550-5.
21. Liou TG, Adler FR, Huang D. Use of lung transplantation survival models to refine patient selection in cystic fibrosis. *Am J Respir Crit Care Med.* 2005;171(9):1053-9.
22. Ellaffi M, Vinsonneau C, Coste J, Hubert D, Burgel PR, Dhainaut JF, et al. One-year outcome after severe pulmonary exacerbation in adults with cystic fibrosis. *Am J Respir Crit Care Med.* 2005;171(2):158-64.
23. Kim D, George MP. Pulmonary Hypertension. Sixth Edit. Vol. 103, Medical Clinics of North America. Elsevier Inc.; 2019. 413-423 p.
24. Hoeper MM, Bogaard HJ, Condliffe R, Frantz R, Khanna D, Kurzyna M, et al. Definitions and diagnosis of pulmonary hypertension. *J Am Coll Cardiol.* 24 de diciembre de 2013;62(25 SUPPL.):D42-50.
25. Handoko ML, Lamberts RR, Redout EM, Man FS De, Boer C, Simonides WS, et al. Right ventricular pacing improves right heart function in experimental pulmonary arterial hypertension: a study in the isolated heart. *2009;1752-9.*
26. Weinstein A, Chin L, Keyser R. Effect of aerobic exercise training on fatigue and physical activity in patients with pulmonary arterial hypertension. *Respir mayo de 2013;107(5):778-84.*
27. Rubin LJ, Hopkins W, Editor S, Mandel J, Editor D, Finlay G. Overview of pulmonary hypertension in adults Page 1 of 27. 2014;1-27.

28. Dubé BP, Vermeulen F, Laveneziana P. Disnea de esfuerzo en las enfermedades respiratorias crónicas: de la fisiología a la aplicación clínica. *Arch Bronconeumol*. 2017;53(2):62-70.
29. Li M, Mathur S, Chowdhury NA, Helm D, Singer LG. Pulmonary rehabilitation in lung transplant candidates. *J Heart Lung Transplant*. 2013;32(6):626-32.
30. Langer D. Rehabilitation in Patients before and after Lung Transplantation. *Respiration*. 30 de abril de 2015;89(5):353-62.
31. Hoffman M, Chaves G, Ribeiro-Samora GA, Britto RR, Parreira VF. Effects of pulmonary rehabilitation in lung transplant candidates: a systematic review. *BMJ Open*. 3 de febrero de 2017;7(2):e013445.
32. Zeng F, Cai L, Guo L, Lan M, Liang J, Gu P. Pulmonary rehabilitation protocols in urgent lung transplantation patients. *World J Emerg Med*. 2024;15(1):47-51.
33. Montgomery E, Macdonald PS, Newton PJ, Jha SR, Malouf M. Frailty in lung transplantation: a systematic review. *Expert Rev Respir Med*. 1 de febrero de 2020;14(2):219-27.
34. Rodríguez-Mañas L, Féart C, Mann G, Viña J, Chatterji S, Chodzko-Zajko W, et al. Searching for an Operational Definition of Frailty: A Delphi Method Based Consensus Statement. The Frailty Operative Definition-Consensus Conference Project. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. enero de 2013;68(1):62-7.
35. Wilson ME, Vakil AP, Kandel P, Undavalli C, Dunlay SM, Kennedy CC. Pretransplant frailty is associated with decreased survival after lung transplantation. *J Heart Lung Transplant*. febrero de 2016;35(2):173-8.
36. Fried LP, Tangen CM, Walston J, Newman AB, Hirsch C, Gottdiener J, et al. Frailty in Older Adults: Evidence for a Phenotype. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 1 de marzo de 2001;56(3):M146-57.
37. Singer JP, Diamond JM, Gries CJ, McDonough J, Blanc PD, Shah R, et al. Frailty phenotypes, disability, and outcomes in adult candidates for lung transplantation. *Am J Respir Crit Care Med*. 2015;192(11):1325-34.
38. Jha SR, Hannu MK, Chang S, Montgomery E, Harkess M, Wilhelm K, et al. The Prevalence and Prognostic Significance of Frailty in Patients With Advanced Heart Failure Referred for Heart Transplantation. *Transplantation*. febrero de 2016;100(2):429-36.
39. Courtwright AM, Zaleski D, Tevald M, Adler J, Singer JP, Cantu EE, et al. Discharge frailty following lung transplantation. *Clin Transplant*. octubre de 2019;33(10):e13694.
40. Hanada M, Yamauchi K, Miyazaki S, Oyama Y, Yanagita Y, Sato S, et al. Short-Physical Performance Battery (SPPB) score is associated with postoperative pulmonary complications in elderly patients undergoing lung resection surgery: A prospective multicenter cohort study. *Chron Respir Dis*. 28 de septiembre de 2020;17:1479973120961846.

41. Treacy D, Hassett L. The Short Physical Performance Battery. *J Physiother.* enero de 2018;64(1):61.
42. For the SPRINTT Consortium, Cesari M, Landi F, Calvani R, Cherubini A, Di Bari M, et al. Rationale for a preliminary operational definition of physical frailty and sarcopenia in the SPRINTT trial. *Aging Clin Exp Res.* febrero de 2017;29(1):81-8.
43. Guralnik JM, Simonsick EM, Ferrucci L, Glynn RJ, Berkman LF, Blazer DG, 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.* 1 de marzo de 1994;49(2):M85-94.
44. The Platform Team, Subra J, Gillette-Guyonnet S, Cesari M, Oustric S, Vellas B. The integration of frailty into clinical practice: Preliminary results from the Gérontopôle. *J Nutr Health Aging.* octubre de 2012;16(8):714-20.
45. Lad H, Saumur TM, Herridge MS, Dos Santos CC, Mathur S, Batt J, et al. Intensive care unit-acquired weakness: Not just another muscle atrophying condition. *Int J Mol Sci.* 2020;21(21):1-30.
46. Schefold JC, Wollersheim T, Grunow JJ, Luedi MM, Z'Graggen WJ, Weber-Carstens S. Muscular weakness and muscle wasting in the critically ill. *J Cachexia Sarcopenia Muscle.* 2020;11(6):1399-412.
47. Wolfe KS, Patel BK, MacKenzie EL, Giovanni SP, Pohlman AS, Churpek MM, et al. Impact of Vasoactive Medications on ICU-Acquired Weakness in Mechanically Ventilated Patients. *Chest.* 2018;154(4):781-7.
48. Eggmann S, Luder G, Verra ML, Irincheeva I, Bastiaenen CHG, Jakob SM. Functional ability and quality of life in critical illness survivors with intensive care unit acquired weakness: A secondary analysis of a randomised controlled trial. *PLoS ONE.* 2020;15(3):1-16.
49. Vanhorebeek I, Latronico N, Van den Berghe G. ICU-acquired weakness. *Intensive Care Med.* 2020;46(4):637-53.
50. Hodgson CL, Bailey M, Bellomo R, Berney S, Buhr H, Denehy L, et al. A binational multicenter pilot feasibility randomized controlled trial of early goal-directed mobilization in the ICU. *Crit Care Med.* 2016;44(6):1145-52.
51. Aquim EE, Bernardo WM, Buzzini RF, de Azeredo NSG, da Cunha LS, Damasceno MCP, et al. Brazilian guidelines for early mobilization in intensive care unit. *Rev Bras Ter Intensiva.* 2019;31(4):434-43.
52. Gosselink R, Bott J, Johnson M, Dean E, Nava S, Norrenberg M, et al. Physiotherapy for adult patients with critical illness: Recommendations of the European Respiratory Society and European Society of Intensive Care Medicine Task Force on Physiotherapy for Critically Ill Patients. *Intensive Care Med.* 2008;34(7):1188-99.
53. Morris PE, Goad A, Thompson C, Taylor K, Harry B, Passmore L, et al. Early intensive care unit mobility therapy in the treatment of acute respiratory failure*: *Crit Care Med.* agosto de 2008;36(8):2238-43.

54. Dirkes SM, Kozlowski C. Early Mobility in the Intensive Care Unit: Evidence, Barriers, and Future Directions. *Crit Care Nurse*. 1 de junio de 2019;39(3):33-42.
55. Bein T, Bischoff M, Brückner U, Gebhardt K, Henzler D, Hermes C, et al. S2e-Leitlinie: Lagerungstherapie und Frühmobilisation zur Prophylaxe oder Therapie von pulmonalen Funktionsstörungen: Revision 2015: S2e-Leitlinie der Deutschen Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin (DGAI). *Anaesthesist*. 2015;64(September):1-26.
56. Nydahl P, Sricharoenchai T, Chandra S, Kundt FS, Huang M, Fischill M, et al. Safety of patient mobilization and rehabilitation in the intensive care unit: Systematic review with meta-analysis. *Ann Am Thorac Soc*. 2017;14(5):766-77.
57. Doiron, KA., Hoffman, TC., Beller EM. Early intervention (mobilization or active exercise) for critically ill adults in the intensive care unit (review). *Cochrane Database Syst Rev*. 2018;18(3):21398-411.
58. Hodgson CL, Stiller K, Needham DM, Tipping CJ, Harrold M, Baldwin CE, et al. Expert consensus and recommendations on safety criteria for active mobilization of mechanically ventilated critically ill adults.
59. Sommers J, Engelbert RHH, Dettling-Ihnenfeldt D, Gosselink R, Spronk PE, Nollet F, et al. Physiotherapy in the intensive care unit: An evidence-based, expert driven, practical statement and rehabilitation recommendations. *Clin Rehabil*. 2015;29(11):1051-63.
60. Rebel A, Marzano V, Green M, Johnston K, Wang J, Neeman T, et al. Mobilisation is feasible in intensive care patients receiving vasoactive therapy: An observational study. *Aust Crit Care*. 2019;32(2):139-46.
61. Schaller SJ, Scheffenbichler FT, Bose S, Mazwi N, Deng H, Krebs F, et al. Influence of the initial level of consciousness on early, goal-directed mobilization: a post hoc analysis. *Intensive Care Med*. 2019;45(2):201-10.
62. Lai CC, Chou W, Chan KS, Cheng KC, Yuan KS, Chao CM, et al. Early Mobilization Reduces Duration of Mechanical Ventilation and Intensive Care Unit Stay in Patients With Acute Respiratory Failure. *Arch Phys Med Rehabil*. 2017;98(5):931-9.
63. Liu K, Ogura T, Takahashi K, Nakamura M, Ohtake H, Fujiduka K, et al. A progressive early mobilization program is significantly associated with clinical and economic improvement: A single-center quality comparison study. *Crit Care Med*. 2019;47(9):E744-52.
64. Corcoran JR, Herbsman JM, Bushnik T, Van Lew S, Stolfi A, Parkin K, et al. Early Rehabilitation in the Medical and Surgical Intensive Care Units for Patients With and Without Mechanical Ventilation: An Interprofessional Performance Improvement Project. *PM R*. 2017;9(2):113-9.
65. Tipping CJ, Harrold M, Holland A, Romero L, Nisbet T, Hodgson CL. The effects of active mobilisation and rehabilitation in ICU on mortality and function: a systematic review. *43(2):171-83*.
66. Zhang L, Hu W, Cai Z, Liu J, Wu J, Deng Y, et al. Early mobilization of critically ill patients in the intensive care unit: A systematic review and meta-analysis. *PLoS ONE*. 3 de octubre de 2019;14(10):e0223185.

67. Alaparthi GK, Gatty A, Samuel SR, Amaravadi SK. Effectiveness, Safety, and Barriers to Early Mobilization in the Intensive Care Unit. *Crit Care Res Pract*. 2020;2020:1-14.
68. Hodgson C, Needham D, Haines K, Bailey M, Ward A, Harrold M, et al. Feasibility and inter-rater reliability of the ICU Mobility Scale. *Heart Lung J Acute Crit Care*. 2014;43(1):19-24.
69. Arias-Rivera S, Raurell-Torredà M, Thuissard-Vasallo IJ, Andreu-Vázquez C, Hodgson CL, Cámara-Conde N, et al. Adaptación y validación de la ICU Mobility Scale en España. *Enferm Intensiva*. julio de 2020;31(3):131-46.
70. Estudio Movi Pre Fisioterapia. FUERZA MUSCULAR MEDIANTE LA ESCALA MRC Estudio MOViPre Evaluación de la fuerza muscular (MRC). 2015;
71. Ringdal M, Warren Stomberg M, Egnell K, Wennberg E, Zätterman R, Rylander C. In-bed cycling in the ICU; patient safety and recollections with motivational effects. *Acta Anaesthesiol Scand*. mayo de 2018;62(5):658-65.
72. Nickels MR, Aitken LM, Barnett AG, Walsham J, King S, Gale NE, et al. Effect of in-bed cycling on acute muscle wasting in critically ill adults: A randomised clinical trial. *J Crit Care*. octubre de 2020;59:86-93.
73. Kho ME, Molloy AJ, Clarke FJ, Reid JC, Herridge MS, Karachi T, et al. Multicentre pilot randomised clinical trial of early in-bed cycle ergometry with ventilated patients. *BMJ Open Respir Res*. 2019;6(1):e000383.
74. Yu L, Jiang JX, Zhang Y, Chen YZ, Shi Y. Use of in-bed cycling combined with passive joint activity in acute respiratory failure patients receiving mechanical ventilation. *Ann Palliat Med*. marzo de 2020;9(2):17581-17181.
75. Nickels MR, Aitken LM, Barnett AG, Walsham J, McPhail SM. Acceptability, safety, and feasibility of in-bed cycling with critically ill patients. *Aust Crit Care*. mayo de 2020;33(3):236-43.
76. Gutierrez-Arias R, Martinez-Zapata MJ, Gaete-Mahn MC, Osorio D, Bustos L, Melo Tanner J, et al. Exercise training for adult lung transplant recipients. *Cochrane Database Syst Rev*. 20 de julio de 2021;2021(7):CD012307.
77. Newman ANL, Kho ME, Harris JE, Zamir N, McDonald E, Fox-Robichaud A, et al. CardiO Cycle: a pilot feasibility study of in-bed cycling in critically ill patients post cardiac surgery. *Pilot Feasibility Stud*. 7 de enero de 2021;7(1):13.
78. Eggmann S, Verra ML, Luder G, Takala J, Jakob SM. Effects of early, combined endurance and resistance training in mechanically ventilated, critically ill patients: A randomised controlled trial. Fleckenstein J, editor. *PLOS ONE*. 14 de noviembre de 2018;13(11):e0207428.
79. Fossat G, Baudin F, Courtes L, Bobet S, Dupont A, Bretagnol A, et al. Effect of in-bed leg cycling and electrical stimulation of the quadriceps on global muscle strength in critically ill adults: A randomized clinical trial. *JAMA - J Am Med Assoc*. 2018;320(4):368-78.
80. Lehmkuhl L, Olsen HT, Brønd JC, Rothmann MJ, Dreyer P, Jespersen E. Daily variation in physical activity during mechanical ventilation and stay in the intensive care unit. *Acta Anaesthesiol Scand*. 2023;67(4):462-9.

81. Charlson ME, Pompei P, Ales KL, MacKenzie CR. A new method of classifying prognostic comorbidity in longitudinal studies: Development and validation. *J Chronic Dis.* enero de 1987;40(5):373-83.
82. Evans JA, Whitelaw WA. The Assessment of Maximal Respiratory Mouth Pressures In Adults. *Respir CARE.* 2009;54(10).
83. Vaidya SM, Nariya DM. Handgrip Strength as a Predictor of Muscular Strength and Endurance: A Cross-sectional Study. *J Clin Diagn Res [Internet].* 2021 [citado 11 de agosto de 2023]; Disponible en: https://jcdr.net/article_fulltext.asp?issn=0973-709x&year=2021&volume=15&issue=1&page=YC01&issn=0973-709x&id=14437
84. Kleyweg RP, Van Der Meché FGA, Schmitz PIM. Interobserver agreement in the assessment of muscle strength and functional abilities in Guillain-Barré syndrome: Muscle Strength Assessment in GBS. *Muscle Nerve.* noviembre de 1991;14(11):1103-9.
85. Romero-Ortuno R, Walsh CD, Lawlor BA, Kenny RA. A Frailty Instrument for primary care: findings from the Survey of Health, Ageing and Retirement in Europe (SHARE). *BMC Geriatr.* diciembre de 2010;10(1):57.
86. Romero-Ortuno R. The frailty instrument of the survey of health, ageing and retirement in Europe (SHARE-FI) predicts mortality beyond age, comorbidities, disability, self-rated health, education and depression. *Eur Geriatr Med.* diciembre de 2011;2(6):323-6.
87. Romero Ortúño R. El Instrumento de Fragilidad para Atención Primaria de la Encuesta de Salud, Envejecimiento y Jubilación en Europa (SHARE-FI): resultados de la muestra española. *Rev Esp Geriatría Gerontol.* septiembre de 2011;46(5):243-9.
88. Santos-Eggimann B, Karmaniola A, Seematter-Bagnoud L, Spagnoli J, Büla C, Cornuz J, et al. The Lausanne cohort Lc65+: a population-based prospective study of the manifestations, determinants and outcomes of frailty. *BMC Geriatr.* diciembre de 2008;8(1):20.
89. Gómez-Garrido A, Planas-Pascual B, Launois P, Pujol-Blaya V, Dávalos-Yerovi V, Berastegui-García C, et al. Relación entre la fragilidad y la capacidad funcional en los pacientes candidatos a trasplante de pulmón. *Rehabilitación.* julio de 2024;58(3):100858.
90. Waldauf P, Hrušková N, Blahutova B, Gojda J, Urban T, Krajčová A, et al. Functional electrical stimulation-assisted cycle ergometry-based progressive mobility programme for mechanically ventilated patients: randomised controlled trial with 6 months follow-up. *Thorax.* julio de 2021;76(7):664-71.
91. Zhou J, Zhang C, Zhou J dong, Zhang C kai. Effect of early progressive mobilization on intensive care unit-acquired weakness in mechanically ventilated patients: An observational study. *Medicine (Baltimore).* 4 de noviembre de 2022;101(44):e31528.
92. Wang YT, Lang JK, Haines KJ, Skinner EH, Haines TP. Physical Rehabilitation in the ICU: A Systematic Review and Meta-Analysis*. *Crit Care Med.* marzo de 2022;50(3):375-88.
93. Newman ANL, Kho ME, Harris JE, Fox-Robichaud A, Solomon P. The experiences of cardiac surgery critical care clinicians with in-bed cycling in adult patients undergoing complex cardiac surgery. *Disabil Rehabil.* septiembre de 2022;44(18):5038-45.

94. Rozenberg D, Mathur S, Wickerson L, Chowdhury NA, Singer LG. Frailty and clinical benefits with lung transplantation. *J Heart Lung Transplant*. 2018;37(10):1245-53.
95. Venado A, McCulloch C, Greenland JR, Katz P, Soong A, Shrestha P, et al. Frailty trajectories in adult lung transplantation: A cohort study. *J Heart Lung Transplant*. 2019;38(7):699-707.
96. Dávalos-Yerovi V, Gómez-Garrido A, García-Gutiérrez R, Berastegui C, Pujol-Blaya V, Launois P, et al. Resultados de un programa de rehabilitación respiratoria en pacientes receptores de trasplante pulmonar: estudio cuasiexperimental. *Rehabilitación*. octubre de 2024;58(4):100862.
97. Sheridan PH, Cherian A, Doud J, Dornseif SE, Montoya A, Houck J, et al. Incidence of phrenic neuropathy after isolated lung transplantation. The Loyola University Lung Transplant Group. *J Heart Lung Transplant Off Publ Int Soc Heart Transplant*. 1995;14(4):684-91.
98. Ferdinand P, Bruyninckx F, Van Raemdonck D, Daenen W, Verleden G. Phrenic nerve dysfunction after heart-lung and lung transplantation. *J Heart Lung Transplant*. 1 de enero de 2004;23(1):105-9.
99. Maziak DE, Maurer JR, Kesten S. Diaphragmatic paralysis: A complication of lung transplantation. *Ann Thorac Surg*. enero de 1996;61(1):170-3.
100. Gamez J, Salvado M, Martinez-de La Ossa A, Deu M, Romero L, Roman A, et al. Influence of early neurological complications on clinical outcome following lung transplant. Kou YR, editor. *PLOS ONE*. 16 de marzo de 2017;12(3):e0174092.
101. Potestio C, Jordan D, Kachulis B. Acute postoperative management after lung transplantation. *Best Pract Res Clin Anaesthesiol*. junio de 2017;31(2):273-84.
102. Cerón Navarro J, De Aguiar Quevedo K, Mancheño Franch N, Peñalver Cuesta JC, Vera Sempere FJ, Padilla Alarcón J, et al. Complicaciones del trasplante de pulmón en la enfermedad pulmonar obstructiva crónica. *Med Clin (Barc)*. 2013;140(9):385-9.
103. Dubé BP, Dres M. Diaphragm Dysfunction: Diagnostic Approaches and Management Strategies. *J Clin Med*. 5 de diciembre de 2016;5(12):113.
104. Aguirre Gutierrez V, Rosenfeldt F, Zimmet A, Marasco S, Westall G. Phrenic Nerve Injury During Lung Transplantation Increases Operative Morbidity and Reduces Survival. *J Heart Lung Transplant*. abril de 2015;34(4):S259-60.
105. Curtis JJ, Nawarawong W, Walls JT, Schmaltz RA, Boley T, Madsen R, et al. Elevated hemidiaphragm after cardiac operations: Incidence, prognosis, and relationship to the use of topical ice slush. *Ann Thorac Surg*. diciembre de 1989;48(6):764-8.
106. Katz MG, Katz R, Schachner A, Cohen AJ. Phrenic Nerve Injury After Coronary Artery Bypass Grafting: Will It Go Away? *Ann Thorac Surg*. 1 de enero de 1998;65(1):32-5.
107. Freynet A, Sarreau P, Gracia E, Grandet P, Falcoz PE. Kinesiterapia perioperatoria en cirugía torácica pulmonar. *EMC - Kinesiterapia - Med Física*. enero de 2021;42(1):1-16.

108. LoMauro A, Righi I, Privitera E, Vergari M, Nigro M, Aliverti A, et al. The impaired diaphragmatic function after bilateral lung transplantation: A multifactorial longitudinal study. *J Heart Lung Transplant.* agosto de 2020;39(8):795-804.
109. Neumannova K, Kuzilkova V, Zurkova M, Hubackova L, Michalcikova T, Jakubec P, et al. Respiratory muscle training improves the work of breathing and decreases inspiratory muscle fatigue in patients after lung transplantation. En: *Physiotherapists* [Internet]. European Respiratory Society; 2019 [citado 6 de julio de 2024]. p. PA2200. Disponible en: <http://erj.ersjournals.com/lookup/doi/10.1183/13993003.congress-2019.PA2200>
110. Graur N, Dickstein R, Weiner P, Weiss I, Kramer MR. Pulmonary rehabilitation and inspiratory muscle training for patients following lung transplantation: A pilot study. *Physiother Pract Res.* 18 de junio de 2022;43(1):27-35.
111. Muelas-Gómez L, Martínez-Gimeno L, Escudero-Gómez C, Atin Arratibel MÁ, Cebrià I, Iranzo MA, Solís-Muñoz M. Eficacia de las intervenciones fisioterápicas sobre la musculatura respiratoria mediante técnicas de entrenamiento respiratorio en el postoperatorio de trasplantados pulmonares: una revisión sistemática. *Open Respir Arch.* enero de 2024;6(1):100288.
112. Yamaga T, Yamamoto S, Sakai Y, Ichiyama T. Effects of inspiratory muscle training after lung transplantation in children. *BMJ Case Rep.* julio de 2021;14(7):e241114.
113. Abidi Y, Kovats Z, Bohacs A, Fekete M, Naas S, Madurka I, et al. Lung Transplant Rehabilitation—A Review. *Life.* 11 de febrero de 2023;13(2):506.
114. Sato T, Sato S, Oshima Y, Yoshioka Y, Hamada R, Nankaku M, et al. Impact of inspiratory muscle strength on exercise capacity after lung transplantation. *Physiother Res Int.* julio de 2022;27(3):e1951.
115. Hume E, Ward L, Wilkinson M, Manifield J, Clark S, Vogiatzis I. Exercise training for lung transplant candidates and recipients: a systematic review. *Eur Respir Rev.* 31 de diciembre de 2020;29(158):200053.
116. Hoffman M, Van Hollebeke M, Clerckx B, Muller J, Louvaris Z, Gosselink R, et al. Can inspiratory muscle training improve weaning outcomes in difficult to wean patients? A protocol for a randomised controlled trial (IMweanT study). *BMJ Open.* 2018;8(6).
117. Elkins M, Dentice R. Inspiratory muscle training facilitates weaning from mechanical ventilation among patients in the intensive care unit: A systematic review. *J Physiother.* 2015;61(3):125-34.
118. Cader SA, de Souza Vale RG, Castro JC, Bacelar SC, Biehl C, Gomes MCV, et al. Inspiratory muscle training improves maximal inspiratory pressure and may assist weaning in older intubated patients: A randomised trial. *J Physiother.* 2010;56(3):171-7.
119. Condessa RL, Brauner JS, Saul AL, Baptista M, Silva ACT, Vieira SRR. Inspiratory muscle training did not accelerate weaning from mechanical ventilation but did improve tidal volume and maximal respiratory pressures: A randomised trial. *J Physiother.* 2013;59(2):101-7.

120. Caruso P, Denari SD, Ruiz SA, Bernal KG, Manfrin GM, Friedrich C, et al. Inspiratory muscle training is ineffective in mechanically ventilated critically ill patients. *Clinics*. 2005;60(6):479-84.
121. Dixit A, Prakash S. EFFECTS OF THRESHOLD INSPIRATORY MUSCLE TRAINING VERSUS CONVENTIONAL PHYSIOTHERAPY ON THE WEANING PERIOD OF MECHANICALLY VENTILATED PATIENTS: A COMPARATIVE STUDY. . ISSN.
122. Mohamed AR. Response of Mechanically Ventilated Respiratory Failure Patients to Respiratory Muscles Training.

10 Anexos

10.1 Guía MRC SumScore

DOCUMENTO RESUMEN PARA LA EVALUACIÓN DE LA FUERZA MUSCULAR MEDIANTE LA ESCALA MRC Estudio MOviPre

La evaluación de la fuerza muscular mediante la escala MRC sólo podrá llevarse a cabo cuando el equipo médico asegure una estabilidad neurológica, respiratoria y hemodinámica del paciente.

Evaluación del nivel de colaboración

- Antes de proceder a la evaluación de la fuerza muscular debe valorarse el nivel de colaboración mediante la siguiente batería de 5 preguntas:

- 1- Abra y cierre sus ojos.
- 2- Siga el dedo con la mirada.
- 3- Abra su boca y saque la lengua.
- 4- Haga el gesto de "sí" con su cabeza / Asienta con la cabeza.
- 5- Suba las cejas después que haya contado hasta 5.

- Cada acción realizada correctamente vale 1 punto y sólo se procederá a evaluar la MRC si se consigue una puntuación de 5 sobre 5.
- La batería de preguntas puede repetirse 2 veces si no se tiene la certeza del nivel de colaboración.

Evaluación de la fuerza muscular (MRC)

Antes de la evaluación:

- Antes de proceder a la evaluación debe posicionarse el cabezal de la cama entre 30-45º.
- Retirar los obstáculos físicos que dificulten la movilidad del paciente (bajar barandillas, comprobar catéteres, etc.)
- Poner una almohada detrás de la cabeza del paciente para facilitar la visión de sus extremidades
- Puede realizarse la higiene bronquial del paciente, en caso de que sea necesario, dejando un periodo de recuperación posterior.

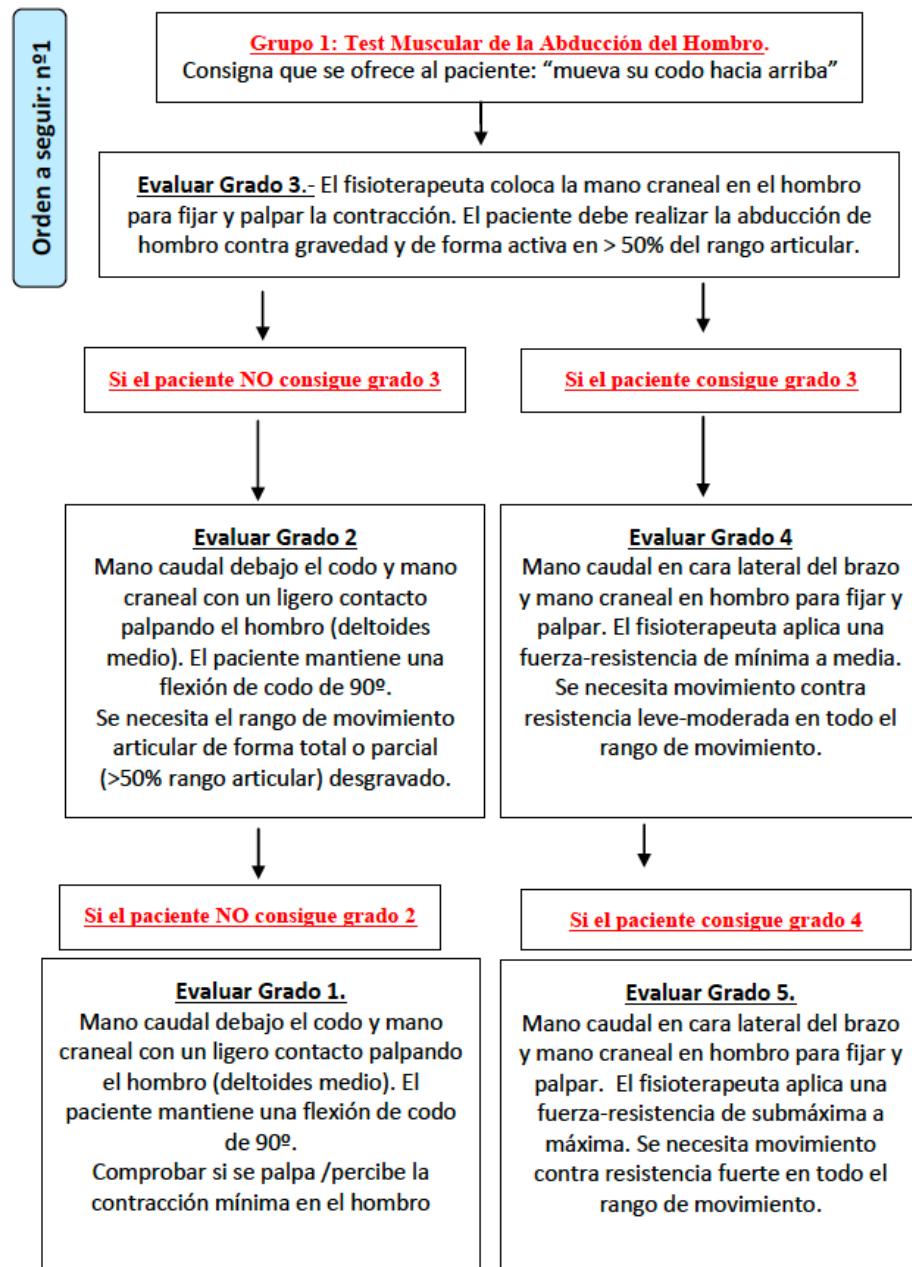
Durante de la evaluación:

- Se evaluará de forma bilateral y sistemática los grupos musculares que intervienen en 1) abducción de hombro, 2) flexión de codo, 3) flexión dorsal de muñeca, 4) flexión de cadera, 5) extensión de rodilla y 6) flexión dorsal de tobillo.
- Se evaluará cada grupo muscular con una puntuación de 0 a 5 en base a los siguientes criterios:

Grado 0	No se visualiza ni se palpa ninguna contracción.
Grado 1	Leve contracción visible o palpable, aunque no se observa movimiento de la extremidad.
Grado 2	Movimiento realizado sin gravedad con todo o más de la mitad del rango de movimiento.
Grado 3	Movimiento contra la gravedad en todo o más de la mitad del rango de movimiento
Grado 4	Movimiento contra resistencia leve-moderada en todo el rango de movimiento
Grado 5	Potencia de contracción normal (resistencia fuerte)

- La evaluación muscular debe iniciarse para un grado MRC de 3 y proseguir hacia un grado 2 o 4 en función de los resultados (ver Algoritmo de evaluación).
- Primero el fisioterapeuta debe reproducir el movimiento pasivamente para, posteriormente, pedir al paciente que haga el movimiento activo.
- Debe evaluarse bilateralmente un grupo muscular para poder pasar al siguiente grupo muscular
- Se pueden realizar hasta 3 intentos por cada grupo muscular.
- Los periodos de descanso entre medidas debe ser como máximo de 30 segundos a no ser que el paciente necesite más tiempo para recuperar.
- Debe estimularse al paciente para mantener la contracción entre 5-6 segundos

ALGORITMO DE EVALUACIÓN



ABDUCCIÓN DE HOMBRO

GRADO 1



GRADO 2



GRADO 3



GRADO 4/5



Orden a seguir: nº2

Grupo 2: Test Muscular de la Flexión de codo

Consigna que se ofrece al paciente: "mueva su mano hacia su hombro"

Evaluar Grado 3.- El fisioterapeuta coloca la mano craneal debajo el codo. El paciente debe realizar la flexión de codo contra gravedad y de forma activa en > 50% del rango articular.

Si el paciente NO consigue grado 3

Evaluar Grado 2

Mano caudal en la muñeca y mano craneal sujetando el codo por la cara posterior. El paciente realiza la flexión del codo. Se necesita el rango de movimiento articular de forma total o parcial (>50% rango articular) desgravado

Si el paciente consigue grado 3

Evaluar Grado 4

La mano caudal en la muñeca para resistir la flexión y la mano craneal debajo del codo para fijar y palpar. El fisioterapeuta aplica una fuerza-resistencia de mínima a media. Se necesita conseguir movimiento contra resistencia leve-moderada en todo el rango de movimiento.

Si el paciente NO consigue grado 2

Evaluar Grado 1

Mano caudal en la muñeca y mano craneal sujetando el codo por la cara posterior. El paciente realiza la flexión del codo. Comprobar si se palpa /percibe la contracción mínima del bíceps

Si el paciente consigue grado 4

Evaluar Grado 5

La mano caudal en la muñeca para resistir la flexión y la mano craneal debajo del codo para fijar y palpar. El fisioterapeuta aplica una fuerza-resistencia de submáxima a máxima. Se necesita conseguir movimiento contra resistencia fuerte en todo el rango de movimiento.

FLEXIÓN DE CODO

GRADO 1



GRADO 2



GRADO 3



GRADO 4/5



Grupo 3: Test Muscular de extensión de la muñeca

Consigna que se ofrece al paciente: "despegue la muñeca del colchón"

Evaluar Grado 3..- El fisioterapeuta coloca la mano craneal en el tercio distal del antebrazo. El paciente debe realizar la flexión dorsal de muñeca contra gravedad y de forma activa en > 50% del rango articular.

Si el paciente NO consigue grado 3

Evaluar Grado 2

Cambiar consiga por: "mueva su mano hacia el lado". La mano craneal sujeta el antebrazo a nivel distal. Se necesita el rango de movimiento articular de forma total o parcial (>50% rango articular) desgravado

Si el paciente consigue grado 3

Evaluar Grado 4

Mano caudal en la cara dorsal de la mano y mano craneal fija la muñeca. El fisioterapeuta aplica una fuerza-resistencia mínima a media solicitando movimiento con extensión de dedos. Se necesita conseguir el rango de movimiento articular contra resistencia leve-moderada en todo el rango de movimiento.

Si el paciente NO consigue grado 2

Evaluar Grado 1

Mano caudal en el dorso de la mano y mano craneal en contacto con los extensores de la muñeca (zona epicondilea). El paciente realiza extensión dorsal de la mano. Comprobar si se palpa /percibe la contracción mínima de los extensores de la muñeca.

Si el paciente consigue grado 4

Evaluar Grado 5

Mano caudal en la cara dorsal de la mano y mano craneal fija la muñeca. El fisioterapeuta aplica una fuerza-resistencia de submáxima a máxima solicitando el movimiento con extensión de dedos. Se necesita conseguir el movimiento articular contra resistencia leve-moderada en todo el rango de movimiento.

FLEXIÓN DORSAL DE MUÑECA

GRADO 1



GRADO 2



GRADO 3



GRADO 4/5 (dedos en extensión)



Grupo 4: Test Muscular de flexión de cadera

Consigna que se ofrece al paciente: "mueva la rodilla hacia su pecho"

Evaluar Grado 3..- El fisioterapeuta no coloca ninguna presa. El paciente debe realizar la flexión de cadera (desplazando el pie en el plano de la cama) contra gravedad y de forma activa en > 50% del rango articular.

Si el paciente NO consigue grado 3

Evaluar Grado 2

Mano caudal en el talón del pie y la mano craneal en la cara posterior de la rodilla (hueco poplíteo) con el objetivo de desgravar la flexión de cadera. Se necesita el rango de movimiento articular de forma total o parcial (>50% rango articular) desgravado.

Si el paciente consigue grado 3

Evaluar Grado 4

Mano craneal en la rodilla para resistir la flexión de la cadera. El fisioterapeuta aplica una fuerza-resistencia mínima a media. Se necesita conseguir el movimiento contra resistencia leve-moderada en todo el rango de movimiento.

Si el paciente NO consigue grado 2

Evaluar Grado 1

Mano craneal en el tercio proximal anterior de la cadera (origen de los flexores de muslo). El paciente realiza una flexión de cadera partiendo de la extensión total de la pierna sobre la cama. Comprobar si se palpa /percibe la contracción mínima de los flexores de cadera.

Si el paciente consigue grado 4

Evaluar Grado 5

Mano craneal en la rodilla para resistir la flexión de la cadera. El fisioterapeuta aplica una fuerza-resistencia de submáxima a máxima. Se necesita conseguir el movimiento contra resistencia fuerte en todo el rango de movimiento.

FLEXIÓN DE CADERA

GRADO 1



GRADO 2



GRADO 3



GRADO 4/5



Orden a seguir: nº5

Grupo 5: Test Muscular de extensión de la rodilla

- 1- Debe conseguirse una flexión inicial de rodilla de 40-45º (colocar rulo/cojín o mantener manualmente).
- 2- Consigna que se ofrece al paciente: "Despegue /levante el talón del pie del colchón o bien levante la pierna".
- 3- Es importante que el paciente no realice la flexión de cadera para no sesgar el movimiento

Evaluar Grado 3. - El fisioterapeuta coloca la mano craneal en el tercio distal del muslo (inserción del cuádriceps). El paciente debe realizar la extensión de rodilla contra gravedad y de forma activa en > 50% del rango articular.

Si el paciente NO consigue grado 3

Evaluar Grado 2

La mano caudal sujeta el tobillo por la parte posterior y la mano craneal palpa el cuádriceps en el extremo distal del muslo con el objetivo de desgravar la extensión de rodilla. Se necesita el rango de movimiento articular de forma total o parcial (>50% rango articular) desgravado

Si el paciente consigue grado 3

Evaluar Grado 4

La mano caudal en la cara anterior del tobillo, por encima de los maléolos, para resistir la extensión de rodilla. Mano craneal palpa el cuádriceps. El fisioterapeuta aplica una fuerza-resistencia mínima a media. Se debe conseguir movimiento contra resistencia leve-moderada en todo el rango de movimiento.

Si el paciente NO consigue grado 2

Evaluar Grado 1

Mano craneal en la cara anterior del muslo para palpar el cuádriceps. Solicitamos el movimiento de extensión de la rodilla. Comprobar si se palpa /percibe la contracción mínima del cuádriceps.

Si el paciente consigue grado 4

Evaluar Grado 5

La mano caudal en la cara anterior del tobillo, por encima de los maléolos, para resistir la extensión de rodilla. Mano craneal palpa el cuádriceps. El fisioterapeuta aplica una fuerza-resistencia de submáxima a máxima. Se debe conseguir movimiento contra resistencia fuerte en todo el rango de movimiento.

EXTENSIÓN DE RODILLA

GRADO 1



GRADO 2



GRADO 3



GRADO 4/5



Orden a seguir: nº6

Grupo 6: Test Muscular de flexión dorsal de tobillo

Consigna que se ofrece al paciente: "suba sus dedos /doble su pie hacia arriba)"

Evaluar Grado 3. - El fisioterapeuta coloca la mano caudal en la cara posterior del tobillo (por encima del maléolo) para elevar ligeramente el pie del paciente de la cama. El paciente debe realizar la flexión dorsal de tobillo contra gravedad y de forma activa en > 50% del rango articular.

Si el paciente NO consigue grado 3

Evaluar Grado 2

Fisioterapeuta al pie de la cama, cara a cara con el paciente. La mano craneal sujeta el tobillo por la cara posterior (por encima del maléolo) para sujetar el talón. La mano caudal en la zona plantar (antepié) con el objetivo de desgravar el movimiento de la dorsiflexión de tobillo. Se necesita el rango de movimiento articular de forma total o parcial (>50% rango articular) desgravado

Si el paciente consigue grado 3

Evaluar Grado 4

Fisioterapeuta al pie de la cama, cara a cara con el paciente. La mano craneal sujeta el tobillo por la cara posterior (por encima del maléolo) para sujetar el talón. La mano caudal en la cara dorsal del antepié para resistir la dorsiflexión del tobillo. El fisioterapeuta aplica una fuerza-resistencia mínima a media. Se debe conseguir movimiento contra resistencia leve-moderada en todo el rango de movimiento.

Si el paciente NO consigue grado 2

Si el paciente consigue grado 4

Evaluar Grado 1

Fisioterapeuta al lateral inferior de la cama. Mano craneal en el tercio superior lateral de la pierna (zona entre tibia y peroné), para palpar de forma proximal los músculos extensores de tobillo. Solicitamos el movimiento de flexión dorsal del tobillo. Comprobar si se palpa /percibe la contracción mínima del peroné.

Evaluar Grado 5

Fisioterapeuta al pie de la cama, cara a cara con el paciente. La mano craneal sujeta el tobillo por la cara posterior (por encima del maléolo) para sujetar el talón. La mano caudal en la cara dorsal del antepié para resistir la dorsiflexión del tobillo. El fisioterapeuta aplica una fuerza-resistencia de submáxima a máxima. Se debe conseguir movimiento contra resistencia fuerte en todo el rango de movimiento.

FLEXIÓN DORSAL DE TOBILLO

GRADO 1



GRADO 2



GRADO 3



GRADO 4/5



Al final de la evaluación:

- Una vez finalizada la evaluación, se tiene que calcular el sumatorio de los valores obtenidos en cada extremidad. El valor máximo a obtener es de 60 puntos (5 por 12 paquetes musculares):
- En caso de que un grupo muscular no pueda ser evaluado debe especificarse (ver ejemplo) en base a la siguiente tabla de ítems establecidos:

RAZÓN DE EXTRAPOLACIÓN	
A	<u>Hemiplejia post-ICTUS</u>
B	<u>Paraplejia o Lesión medular</u>
C	<u>Razones ortopédicas</u>
D	<u>Lesión del Nervio periférico</u>
E	<u>Amputación</u>
F	<u>Otras: (Especificar)</u>

- Además, consideraremos el resultado obtenido en el lado contralateral y sustituiremos el valor en la columna *grado* por el valor en la columna *extrapolación* (ver ejemplo).
- El resultado final de la evaluación será el sumatorio de la fuerza subtotal + extrapolación total.

Ejemplo (Paciente con amputación antigua izquierda)

		GRADO	RAZÓN	EXTRAPOLACIÓN (EP)
1	Abducción hombro derecho			
2	Abducción hombro izquierdo			
3	Flexión de codo derecho			
4	Flexión del codo izquierdo			
5	Extensión muñeca derecha			
6	Extensión muñeca izquierda			
7	Flexión cadera derecha			
8	Flexión cadera izquierda			
9	Extensión rodilla derecha	3		
10	Extensión rodilla izquierda	2	E	3
11	Dorsoflexión tobillo derecho	2		
12	Dorsoflexión tobillo izquierdo	2	E	2
Valor Fuerza Subtotal :		Valor Extrapolación Total :		
TOTAL		SUMA (FUERZA SUBTOTAL + EXTRAPOLACIÓN TOTAL)		

10.2 Tablas estadísticas

Tabla 5 de factores poblacionales detalla las características demográficas, antropométricas y clínicas de los pacientes.

DEMOGRÁFICAS	<i>n=82</i>				
Variables	Media	DE	Med [RIC]	%	P*
<i>Edad (años)</i>	57,3	9,45	59,5[10]		<.001
<i>Sexo (hombres)</i>				59,8%	
<i>Sexo (mujeres)</i>				40,2%	
<i>Índice de masa corporal (cm/m²)</i>	24,7	4,39	25 [7]		0,01
<i>Índice de Charlson</i>	3,09	0,97	3[0]		<.001
<i>EuroQuol 5D (EVA)</i>	49,9	21,5	50[38,75]		0,07
<i>EuroQuol 5D (EVA) Hombres (n=49)</i>	49,7	21,1	50[40]		0,41
<i>EuroQuol 5D (EVA) Mujeres (n=33)</i>	50,3	22,3	50[30]		0,02
<i>Oxigenoterapia Continua Domiciliaria (Sí)</i>				85,4% (n=70)	<.001
<i>Ventilación mecánica no invasiva (Sí)</i>				14,6% (n=12)	<.001

DE desviación estándar

Med (mediana) RIC (Rango Intercuartílico).

* p Cálculo de distribución normal de Shapiro-Wilk

Tabla 6 Valoración funcional y respiratoria de los candidatos a TP

VALORACIÓN INICIAL	n=82			
Variables	Media	DE	Med [RIC]	p
DM Bíceps Braquial derecho (kg)	16,1	4,8	15,9 [5,7]	0,54
DM Bíceps Braquial izquierdo (kg)	15,4	4,8	15 [6,4]	0,20
DM Cuádriceps derecho (kg)	19,6	6,3	19,7 [7,5]	0,54
DM Cuádriceps izquierdo (kg)	19	6,7	18,2 [8,5]	0,03
Fuerza muscular (MRCss)	57,8	3,1	59 [3]	<.001
HGD mano dominante (kg)	31,5	8,3	31,2 [10,1]	0,39
HGD mano no dominante (kg)	29,3	8	29,6 [12,1]	0,32
6MWT (metros)	307	113	330 [180]	0,17
Presión Inspiratoria máxima (cmH ₂ O)	72,1	30,7	71 [44,7]	0,08
Presión espiratoria máxima (cmH ₂ O)	105	34,8	104 [48,7]	0,32
Tos (L/min)	303	161	260 [225]	<.001
SPPB (fragilidad)	10,8	1,7	11 [2]	<.001
Fragilidad resultados en (%)				
Paciente frágil			4,9	
Paciente pre-frágil			14,8	
Paciente no frágil			80,2	

DE desviación estándar

Med (mediana) RIC (Rango Intercuartílico).

* p Cálculo de distribución normal de Shapiro-Wilk

Tabla 7 Valoración funcional y respiratoria por grupos de los candidatos que fueron a TP

Valoración preTP por grupos en los pacientes que fueron a TP	Grupo experimental (n=32)				Grupo Control (n=29)			
Variables	Media	DE	Med [RIC]	p	Media	DE	Med [RIC]	p
DM Bíceps Braquial derecho (kg)	16,9	5,1	16,4 [5]	0,37	15,9	4,7	16,8 [6,6]	0,81
DM Bíceps Braquial izquierdo (kg)	15,9	4,9	14,8 [5,3]	0,22	15,7	4,8	16 [8,9]	0,15
DM Cuádriceps derecho (kg)	19,2	5,8	19,6 [5,8]	0,53	20,3	5,6	20,3 [7,8]	0,82
DM Cuádriceps izquierdo (kg)	19	6,6	18,2 [9]	0,24	18,9	5,9	18,5 [4,5]	0,10
MRCss	57,8	3,5	60 [2]	<0,001	58,3	1,6	58 [3]	<0,001
HGD mano dominante (kg)	32,3	7,9	33 [8,9]	0,96	30,6	8,3	30 [7,7]	0,43
HGD mano no dominante (kg)	31	7,6	31,9 [8]	0,56	27,8	7,9	27,4 [10,9]	0,84
6MWT (metros)	325,2	114,8	315 [165]	0,32	296,3	106,4	330 [135]	0,45
Presión Inspiratoria máxima (cmH ₂ O)	73,7	31,2	69,5 [40,7]	0,34	78,1	32,1	74 [44]	0,33
Presión espiratoria máxima (cmH ₂ O)	108,7	32,9	105 [51,7]	0,5	112	38,8	108 [47]	0,98
Tos (L/min)	312	147,9	285 [182]	0,27	316,7	166	300 [290]	0,24
SPPB (fragilidad)	10,9	1,8	12 [2]	<0,001	10,6	1,7	11 [2]	<0,001
Fragilidad según resultados en (%/p)								
Paciente frágil	3,6		NaN		7,4		NaN	
Paciente pre-frágil	14,3		0,001		22,2		<0,001	
Paciente no frágil	82,1		<0,001		70,4		<0,001	

DE desviación estándar

Med (mediana) RIC (Rango Intercuartílico).

* p Cálculo de distribución normal de Shapiro-Wilk

Tabla 8 Análisis estadístico entre GE y GC al alta de UCI

Valoración alta UCI GE ≠ GC	Grupo experimental (n=28)		Grupo Control (n=24)		P *
Variables	Media	DE	Media	DE	
DM Biceps Braquial derecho (kg)	8,4	3,5	7,7	3,2	0,45
DM Biceps Braquial izquierdo (kg)	8,1	3,9	7,2	2,8	0,27
DM Cuádriceps derecho (kg)	11,7	6,5	12,1	4,5	0,58
DM Cuádriceps izquierdo (kg)	11	6,2	11,2	4,4	0,52
MRCss	44,1	19,7	44,1	19,7	0,48
HGD mano dominante (kg)	32,3	7,9	30,6	8,3	0,13
HGD mano no dominante (kg)	31	7,6	27,8	7,9	0,34
Presión Inspiratoria máxima (cmH ₂ O)	73,7	31,2	78,1	32,1	0,34
Presión espiratoria máxima (cmH ₂ O)	108,7	32,9	112	38,8	0,85
Tos (L/min)	312	147,9	316,7	166	1
Ingreso en UCI (días)	20,1	20,3	22,7	17,9	0,25
Éxitus en UCI (n)	4		5		

DE desviación estándar;

*Prueba T para muestras independientes (U de Mann-Whitney)

Tabla 9 Análisis estadístico entre GE y GC al alta de UCI con el alta hospitalaria

Valoración alta hospitalaria GE ≠ GC	Grupo experimental (n=28)		Grupo Control (n=24)		P *
Variables	Media	DE	Media	DE	
<i>DM Bíceps Braquial derecho (kg)</i>	16,9	5,1	15,9	4,7	0,42
<i>DM Bíceps Braquial izquierdo (kg)</i>	15,9	4,9	15,7	4,8	0,44
<i>DM Cuádriceps derecho (kg)</i>	19,2	5,8	20,3	5,6	0,71
<i>DM Cuádriceps izquierdo (kg)</i>	19	6,6	18,9	5,9	0,94
<i>MRCss</i>	57,8	3,5	58,3	1,6	0,46
<i>HGD mano dominante (kg)</i>	32,3	7,9	30,6	8,3	0,36
<i>HGD mano no dominante (kg)</i>	31	7,6	27,8	7,9	0,29
<i>6MWT (metros)</i>	325,2	114,8	296,3	106,4	0,86
<i>Presión Inspiratoria máxima (cmH₂O)</i>	73,7	31,2	78,1	32,1	0,78
<i>Presión espiratoria máxima (cmH₂O)</i>	108,7	32,9	112	38,8	0,47
<i>Tos (L/min)</i>	312	147,9	316,7	166	0,60
<i>SPPB (fragilidad)</i>	8,88	3,64	8,77	3,39	0,79
<i>Ingreso hospitalario total (días)</i>	16,8	9,3	16,5	8,1	0,97
<i>Éxitus en planta</i>	0		0		
Fragilidad según resultados en (%)					
<i>Paciente frágil</i>	40,9		22,7		
<i>Paciente pre-frágil</i>	4,5		36,4		
<i>Paciente no frágil</i>	54,5		40,9		0,03

*Prueba T para muestras independientes (U de Mann-Whitney);

**Prueba exacta de Fisher

Tabla 10 resultados del análisis ANOVA de medidas repetidas

Análisis (Efectos entre Sujetos)	Resultado	p-valor
Diferencias en MRCss	Significativas	< 0,001
Interacción MRCss y Grupo	No significativa	0,964
Diferencias entre GE y GC	No significativa	0,745

Comparación (Post Hoc)	Grupo	p-valor
UCI Basal vs. UCI Alta	GE y GC	< 0,001
UCI Basal vs. Alta Hospitalaria	GE y GC	< 0,001
UCI Alta vs. Alta Hospitalaria	GE y GC	0,031
UCI Basal vs. UCI Alta	GC	0,009
UCI Basal vs. Alta Hospitalaria	GC	0,005
UCI Basal vs. Alta Hospitalaria	GE	0,002
UCI Alta vs. Alta Hospitalaria	GE	0,024

Tabla 11 Análisis ANOVA no paramétrico de Friedman

Variable	Grupo	Friedman Test p-valor	Comparación	Estadístico	p-valor
Garra	GE	< 0.001	UCI Basal vs Alta UCI	2,70	0,010
			UCI Basal vs Alta Hosp	5,13	< 0,001
			UCI Alta vs Alta Hosp	2,43	0,019
	GC	< 0.001	UCI Basal vs Alta UCI	4,49	< 0,001
			UCI Basal vs Alta Hosp	7,60	< 0,001
			UCI Alta vs Alta Hosp	3,11	0,003
PIM	GE	< 0.001	UCI Basal vs Alta UCI	6,10	< 0,001
			UCI Basal vs Alta Hosp	9,16	< 0,001
			UCI Alta vs Alta Hosp	3,05	0,004
	GC	< 0.001	UCI Basal vs Alta UCI	7,24	< 0,001
			UCI Basal vs Alta Hosp	10,22	< 0,001
			UCI Alta vs Alta Hosp	2,98	0,005
PEM	GE	< 0.001	UCI Basal vs Alta UCI	3,41	0,001
			UCI Basal vs Alta Hosp	7,85	< 0,001
			UCI Alta vs Alta Hosp	4,44	< 0,001
	GC	< 0.001	UCI Basal vs Alta UCI	7,99	< 0,001
			UCI Basal vs Alta Hosp	12,55	< 0,001
			UCI Alta vs Alta Hosp	4,57	< 0,001
PCF	GE	< 0.001	UCI Basal vs Alta UCI	2,60	0,014
			UCI Basal vs Alta Hosp	6,43	< 0,001
			UCI Alta vs Alta Hosp	3,83	< 0,001
	GC	< 0.001	UCI Basal vs Alta UCI	2,82	0,009
			UCI Basal vs Alta Hosp	5,63	< 0,001
			UCI Alta vs Alta Hosp	2,82	0,009

10.3 Hoja de consentimiento informado

Hoja de Información al paciente para participar en un proyecto de investigación

Proyecto de investigación titulado: ***Implementación de un programa de rehabilitación precoz para el paciente con trasplante pulmonar: De la UCI a casa.***

Investigador principal Sr./a: **Bernat Planas Pascual**

Servicio: **Rehabilitación // Unidad de Fisioterapia y Terapia Ocupacional (UFI TO)**

Objetivos:

Le solicitamos su participación en este proyecto de investigación cuyo objetivo principal es demostrar que el entrenamiento precoz con bicicleta estática adaptada a la cama y electroestimulación (corrientes eléctricas que ayudan a fortalecer el músculo) en la musculatura periférica y el entrenamiento precoz de la musculatura respiratoria, mejoran la funcionalidad, la fuerza muscular global (periférica y respiratoria) y la capacidad de tos en los pacientes trasplantados de pulmón.

Nuestra intención es que usted reciba la información correcta y suficiente para que pueda decidir si acepta o no participar en este estudio. Para ello lea esta hoja informativa con atención y nosotros le aclararemos las dudas que le puedan surgir.

Beneficios:

Es posible que de su participación en este estudio no se obtenga un beneficio directo. Sin embargo, la identificación de posibles factores relacionados con un programa de rehabilitación precoz en el trasplante pulmonar podría beneficiar en un futuro a otros pacientes que vayan a ser sometidos a trasplante y contribuir a un mejor conocimiento y manejo del tratamiento rehabilitador y fisioterapéutico.

Procedimientos del estudio:

Se le realizará las siguientes valoraciones durante el periodo de un año después del trasplante: Una valoración previa a la intervención quirúrgica, la segunda dentro de los primeros quince días del postoperatorio, la tercera al alta de la Unidad de Cuidados Intensivos (UCI), la cuarta al alta hospitalaria, la quinta en la primera visita en la consulta externa de rehabilitación, la sexta a los 4 meses del alta y la última al año del alta hospitalaria.

Explicación de las pruebas de valoración:

- Presión inspiratoria máxima - Presión espiratoria máxima (PIM-PEM): Valorar la fuerza que ejerce la musculatura espiratoria e inspiratoria del sistema respiratorio.
- Pico Tos: Valorar cuantitativamente la capacidad y fuerza de tos.
- Espirometría: Valorar capacidad pulmonar.
- Dinamometría: Valorar la fuerza muscular periférica (brazos y piernas).
- Test de marcha de los 6 minutos: Valorar la tolerancia al ejercicio caminando durante 6 minutos.
- Sit to Stand: Valorar la fuerza de las extremidades inferiores.
- Bioimpedanciometría: Valorar el porcentaje de masa magra (musculatura) y grasa.
- MRC SUM SCORE: Test a pie de cama que valora la fuerza muscular de brazos y piernas.
- Test de fragilidad (SPPB): Valoración funcional y riesgo de caídas.
- Cuestionario de calidad de vida relacionada con la salud (EuroQol-5D)
- Prueba de esfuerzo cardiopulmonar: Prueba de esfuerzo máximo controlado que se realiza en una bicicleta estática (Cicloergómetro), valora la capacidad máxima del esfuerzo físico.

En este estudio se pretende comparar dos procedimientos: el protocolo habitual (Procedimiento A) y un nuevo protocolo a estudiar (procedimiento B).

La asignación a un protocolo u otro vendrá determinado por el azar, de modo que, el investigador principal no intervendrá en este proceso. Usted tendrá una probabilidad del 50% de recibir cada uno de los procedimientos explicados a continuación.

Independientemente al procedimiento asignado, todos los pacientes recibirán las mismas visitas de control y seguimiento habituales por el Servicio de Rehabilitación Cardiorrespiratoria y por la Unidad de Trasplante Pulmonar.

Programas de rehabilitación:

Procedimiento A: Inicio del programa de rehabilitación en el postoperatorio inmediato con la práctica clínica habitual (ejercicios de potenciación muscular global, fisioterapia respiratoria habitual y entrenamiento de la musculatura inspiratoria con dispositivo IMT Oxygen Valve® a una intensidad del 40% según la valoración previa de dicha musculatura.

Procedimiento B: Inicio del programa de rehabilitación en el postoperatorio inmediato con los nuevos dispositivos MOTomed® (bicicletas estáticas adaptadas a la cama) asociado a electroestimulación, fisioterapia respiratoria habitual y entrenamiento de la musculatura inspiratoria con dispositivo IMT de Oxygen Valve® a una intensidad del 60% según la valoración previa de dicha musculatura.

Molestias y posibles riesgos derivados de su participación en el estudio:

Las posibles molestias que le puede suponer realizar este estudio clínico son:

- Número de valoraciones en donde se le realizarán las pruebas comentadas en apartado anterior (no siempre se realizan todas, depende de la fase en que se encuentre).
- En algunos casos de personas particularmente sensibles, después del tratamiento con electroterapia manifiestan enrojecimientos cutáneos en la zona de los electrodos: el enrojecimiento normalmente desaparece pocos minutos después del tratamiento. En muy raras ocasiones, cuando hay una alteración de sensibilidad, se pueden provocar quemaduras de primer grado en la zona de los electrodos.

Protección de datos personales:

De acuerdo con la normativa vigente europea y nacional de Protección de Datos de Carácter Personal, los datos personales que se obtengan serán los necesarios para cubrir los fines del estudio.

En ninguno de los informes del estudio aparecerá su nombre, y su identidad no será revelada a persona alguna salvo para cumplir con los fines del estudio, y en el caso de urgencia médica o requerimiento legal. Cualquier información de carácter personal que pueda ser identificable será conservada en condiciones de seguridad por el Sr./a Bernat Planas Pascual, o por una institución designada por ella.

El acceso a dicha información quedará restringido al personal del equipo investigador, designado al efecto o a otro personal autorizado que estará obligado a mantener la confidencialidad de la información.

De acuerdo con la ley vigente, tiene usted derecho al acceso de sus datos personales; asimismo, y si está justificado, tiene derecho a su rectificación y cancelación. Si así lo desea, deberá dirigirse al investigador principal.

De acuerdo con la legislación vigente, tiene derecho a ser informado de los datos relevantes para su salud que se obtengan en el curso del estudio. Esta información se le comunicará si lo desea; en el caso de que prefiera no ser informado, su decisión se respetará.

Su participación en el estudio es totalmente voluntaria, y si decide no participar recibirá todos los cuidados médicos que necesite y la relación con el equipo médico que le atiende no se verá afectada.

Modelo de consentimiento informado

Título del estudio: ***Implementación de un programa de rehabilitación precoz para el paciente con trasplante pulmonar: De la UCI a casa.***

Yo _____

He leído la hoja de información que se me ha entregado.

He podido hacer preguntas sobre el estudio.

He hablado con: ***Bernat Planas Pascual***

Comprendo que mi participación es voluntaria.

Comprendo que puedo retirarme del estudio:

1. Cuando quiera
2. Sin tener que dar explicaciones
3. Sin que esto repercuta en mis cuidados médicos

Presto libremente mi conformidad para participar en el estudio.

Accedo a que los médicos responsables de este estudio me contacten en el futuro en caso de que se estime oportuno para añadir nuevos datos a los recogidos: Si No

Fecha y firma del participante

Fecha y firma del investigador

Fecha y firma del familiar/representante (*si procede*)

APARTADO PARA LA DENEGACIÓN O REVOCACIÓN DEL CONSENTIMIENTO INFORMADO (FIRMA DEL PACIENTE Y/O FAMILIAR/REPRESENTANTE)

Yo,.....
o el familiar/representante (*si procede*)..... del
paciente..... deniego/revoco el
consentimiento de participación en el estudio, arriba firmado.

Esta revocación de consentimiento informado supone que desde la fecha en la que se firma el mismo no se podrá recoger más datos médicos sin que esto perjudique a la conservación de los datos resultantes de las investigaciones que se hubiesen realizado con carácter previo.

Fecha de la denegación/revocación.....

Firma:

10.4 Aprobación del comité de ética



Vall d'Hebron
Hospital

Pg. Vall d'Hebron, 119-129
08035 Barcelona
Tel. 93 489 38 91
Fax 93 489 41 80
ceic@vhir.org

ID-RTF065

INFORME DEL COMITÉ DE ÉTICA DE INVESTIGACIÓN CON MEDICAMENTOS Y COMISIÓN DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN DEL HOSPITAL UNIVERSITARI VALL D'HEBRON

Sra. Mireia Navarro Sebastián, Secretaria del COMITÉ DE ÉTICA DE
INVESTIGACIÓN CON MEDICAMENTOS del Hospital Universitari Vall d'Hebron,

CERTIFICA

Que el Comité Ético de Investigación con Medicamentos del Hospital Universitario Vall d'Hebron, en el cual la Comisión de proyectos de investigación está integrada, se reunió en sesión ordinaria nº 376 el pasado 22/03/2019 y evaluó el proyecto de investigación PR(AG)49/2019, presentado con fecha 01/02/2019, titulado *“Implementación de un programa de rehabilitación precoz para el paciente con trasplante pulmonar: De la UCI a casa.”* que tiene como investigador principal al Sr. Bernat Planas Pascual del Servicio de Rehabilitación de nuestro Centro.

Versión de documentos:

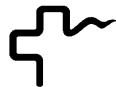
- Memoria PERIS2019 Versión 2 Marzo 2019
- HIP/CI Versión 2.0 de Marzo 2019

El resultado de la evaluación fue el siguiente:

DICTAMEN FAVORABLE

El Comité tanto en su composición como en los PNT cumple con las normas de BPC (CPMP/ICH/135/95) y con el Real Decreto 1090/2015, y su composición actual es la siguiente:

Presidenta: Gallego Melcón, Soledad. Médico
Vicepresidente: Segarra Sarries, Joan. Abogado
Secretaria: Navarro Sebastián, Mireia. Química



Vocales: Armadans Gil, Lluís. Médico
Azpiroz Vidaur, Fernando. Médico
Balasso, Valentina. Médico
Cucurull Folguera, Esther. Médico Farmacóloga
De Torres Ramírez, Inés M. Médico
Fernández Liz, Eladio. Farmacéutico de Atención Primaria
Fuentes Camps, Inmaculada. Médico Farmacóloga
Gálvez Hernando, Gloria María. Diplomada Enfermería, Unidad de Atención al Paciente
Guardia Massó, Jaume. Médico
Joshi Jubert, Nayana. Médico
Hortal Ibarra, Juan Carlos. Profesor de Universidad de Derecho
Iavecchia, María Luján. Médico Farmacólogo
Roca Gas, Oriol. Médico
Rodríguez Gallego, Alexis. Médico Farmacólogo
Sánchez Raya, Judith. Médico
Solé Orsola, Marta. Diplomada Enfermería
Suñé Martín, Pilar. Farmacéutica Hospital
Vargas Blasco, Víctor, Médico
Zuriguel Pérez, Esperanza. Diplomada Enfermería,

En dicha reunión del Comité de Ética de Investigación con Medicamentos se cumplió el quórum preceptivo legalmente.

En el caso de que se evalúe algún proyecto del que un miembro sea investigador/colaborador, éste se ausentará de la reunión durante la discusión del proyecto.

Lo que firmo en Barcelona a 22 de marzo de 2019

Sra. Mireia Navarro Sebastián
Secretaria del CEIm

10.5 Hoja de recogida de datos

Dades pacient

Codi identificatiu pacient:

Edat:

Sexe:

Pes:

Alçada:

IMC:

OCD: SI / NO

VMNI: SI / NO

Motiu trasplantament:

Bipulmonar / Unipulmonar E / Unipulmonar D

Data incorporació a l'estudi:

Data Trasplantament: _____ (Dia 0)

Data alta UCI: _____ **Total dies UCI:** _____

Data alta hospitalaria: _____ **Total dies planta:** _____

Share-FI

NºPREG	PreTX	Alta	1r mes	4t mes	Any
1.					
2.					
3.					
4.					

1. Sentirse exhausto

- a. ¿Has sentido que no tenías suficiente energía para hacer las cosas que quería hacer? **Si / No**

2. ¿Qué tal apetito tiene?

- a. Ha disminuido / He estado comiendo menos de lo habitual
b. No ha disminuido / He estado comiendo más o menos igual
c. He aumentado de peso / He estado comiendo más de lo habitual

3. Dificultades funcionales. Debido a los problemas de salud, ¿Tiene usted problemas para realizar las actividades siguientes?:

- a. Caminar 100m **Si / No**

- b. Subir un tramo de escaleras sin descansar **Si / No**

4. Actividad física. ¿Con que frecuencia lleva a cabo ejercicios físicos que requieran un nivel de actividad moderado, como la jardinería, limpiar el coche, dar un paseo?

- a. Más de una vez a la semana
b. Una vez a la semana
c. Casi nunca
d. Nunca

Dinamometria En D/S	Val. Inicial	Val. Ingrés UCI	Val. UCI alta	Val. Alta	Val. 1a CEX	Val.4m	Val. 1any
Data							
Lateralitat	D	E	D	E	D	E	D
Deltoïdes							
Bíceps braquial							
Ext. Canell							
Psoes							
Quàdriceps							
Tibial anterior							
Avaluador							
MRCsc En D/S	Val. Inicial	Val. Ingrés UCI	Val. UCI alta	Val. Alta	Val. 1a CEX	Val.4m	Val. 1any
Data							
Lateralitat	D	E	D	E	D	E	D
Deltoïdes							
Bíceps braquial							
Ext. Canell							
Psoes							
Quàdriceps							
Tibial anterior							
Avaluador							
TOTAL							
Avaluador							

URPA	Val. Inicial	Val. Ingrés UCI	Val. UCI alta	Val. Alta	Val. 1a CEX	Val.4m	Val. 1any
DATA:							
Dominància D/E	D	E	D	E	D	E	D
1r Intent							
2n Intent							
Avaluador							

6MWT	Val. Inicial	Val. Alta	Val. 1a CEX	Val.4m	Val. 1any
DATA:					
Metres recorreguts					
Saturació O2 Basal					
Saturació O2 Final					
Saturació O2 Mitjana					
FC Basal					
FC Final					
Borg Basal					
Borg Final					
Avaluador					

URPA	Val. Inicial	Val. Ingrés UCI	Val. UCI alta	Val. Alta	Val. 1a CEX	Val.4m	Val. 1any
DATA:							
Dominància D/E	D	E	D	E	D	E	D
1r Intent							
2n Intent							
Avaluador							

6MWT	Val. Inicial	Val. Alta	Val. 1a CEX	Val.4m	Val. 1any
DATA:					
Metres recorreguts					
Saturació O2 Basal					
Saturació O2 Final					
Saturació O2 Mitjana					
FC Basal					
FC Final					
Borg Basal					
Borg Final					
Avaluador					

Bioimpedanciometria (Ω)	Val. Inicial	Val. Alta UCI	Val. Alta Hosp	Val. 1a CEX	Val.4m	Val. 1any
DATA:						
Xc						
Rz						
Avaluador						

PFR's	Val. Inicial	Val. Ingres UCI	Val. UCI alta	Val. Alta	Val. 1a CEX	Val.4m	Val. 1any
DATA:							
PIM							
PEM							
FEM-TOS							
Avaluador							

SPPB: Test Equilibri	Val. Inicial	Val. Alta Hosp	Val. 1a CEX	Val.4m	Val. 1any
DATA:					
Peus junts					
10seg. 1punt					
<10seg. 0punts					
Semi tandem					
10seg. 1punt					
<10seg. 0punts					
Tandem					
10seg. 2punt					
3-9.99seg. 1punt					
<3seg. 0 punts					
Avaluador					

SPPB: Test velocitat marxa 4m.	Val. Inicial	Val. Alta Hosp	Val. 1a CEX	Val.4m	Val. 1any
DATA:					
<4.82 seg. 4punts					
4.82 -6.20 seg. 3punts					
6.81- 8.70 seg. 2punts					
>8.70 seg. 1punt					
No pot 0 punts					
Avaluador					

Sit-To-Stand	Val. Inicial	Val. Alta Hosp	Val. 1a CEX	Val.4m	Val. 1any
DATA:					
5 repeticions					
Avaluador					

No es pot – 0 punt
>60seg – 0 punt
>16.7 seg – 1 punt
13.70-16.69 seg – 2 punts
11.20-13.69 seg – 3 punts
<4.83seg – 4 punts

SPPB	Val. Inicial	Val. Alta Hosp	Val. 1a CEX	Val.4m	Val. 1any
DATA					
EQUILIBRI 0-1-2-3-4					
VELOCITAT MARXA 0-1-2-3-4					
SIT-TO-STAND 0-1-2-3-4					
TOTAL:					
Fràgil (menys de 7p.)					
Pre-Fràgil (8-9p.)					
No-Fràgil (major de 10p)					