



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

UTILIZACIÓN DE LA MONITORIZACIÓN DEL SISTEMA NERVIOSO AUTÓNOMO COMO PREDICTOR DE FRAGILIDAD EN CIRUGÍA DE FRACTURA DE CADERA.

**USE OF AUTONOMIC NERVOUS SYTEM MONITORING AS
A PREDICTOR OF FRAILITY IN HIP FRACTURE SURGERY.**

Grado de Medicina

Autora:

Andrea Martínez Millán

Director:

Dr. José María Remartínez Fernández

Codirector:

José Joaquín García García

Facultad de Medicina: Departamento de Farmacología, Fisiología y

Medicina Legal y Forense.

Universidad de Zaragoza. 2024-2025.

Agradecimientos al Dr. Cristian Aragón por su colaboración en el trabajo.

ÍNDICE

1.	ABREVIATURAS	4
2.	RESUMEN	6
3.	ABSTRACT	7
4.	INTRODUCCIÓN	8
4.1.	ARTICULACIÓN DE LA CADERA.....	8
4.2.	FRACTURA DE CADERA.....	8
4.4.	COMPLICACIONES.....	10
5.	FRAGILIDAD	11
6.	SISTEMA NERVIOSO AUTÓNOMO.....	13
7.	ANI.....	15
7.1.	DOMINIO DE FRECUENCIA.....	16
7.2.	DOMINIO DE TIEMPO	16
7.3.	PARÁMETROS ANI.....	17
8.	VÍA RICA	17
8.1.	PREHABILITACIÓN.....	18
9.	JUSTIFICACIÓN	20
10.	HIPÓTESIS.....	20
11.	OBJETIVOS	21
12.	MATERIAL Y MÉTODOS	22
12.1.	MATERIALES	22
12.2.	MÉTODOS	23
13.	RESULTADOS	27
13.1.	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	27
13.2.	CORRELACIONES CON ANIM Y ENERGÍA.....	32
13.3.	ANIM Y ENERGÍA COMO PREDICTORES DE FRAGILIDAD	36
14.	DISCUSIÓN	38
15.	CONCLUSIONES.....	43
16.	BIBLIOGRAFÍA	44
17.	ANEXO.....	47

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Complicaciones en función del momento postoperatorio.	10
Tabla 2. Recomendaciones protocolo prehabilitación.	19
Tabla 3. Variables cuantitativas.	30
Tabla 4. Variables cualitativas.	31
Tabla 5. Comparación ANIm con escalas clínicas.	32
Tabla 6. Comparación Energía con escalas clínicas.	33
Tabla 7. Comparación ANIm con estancia hospitalaria y edad.	34
Tabla 8. Comparación ANIm con parámetros analíticos.	34
Tabla 9. Comparación Energía con parámetros analíticos.	35
Tabla 10. Correlación ANIm y Energía con variables cualitativas.	35
Tabla 11. Correlación ANIm y Energía con comorbilidades.	36
Tabla 12. Correlación ANIm y Energía con complicaciones.	36
Tabla 13. ANIM como predictor de CFS, FRAIL y MUST.	37
Tabla 14. Energía como predictor de CFS, FRAIL y MUST.	37
Tabla 15. Clasificación ASA de riesgo anestésico	51
Tabla 16. Cuestionario FRAIL para detección de fragilidad en el adulto mayor.	52

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Diagrama de pacientes.	27
Gráfico 2. Frecuencia de sexo.	28
Gráfico 3. Frecuencia de fractura.	28
Gráfico 4. Frecuencia de comorbilidades.	28
Gráfico 5. Frecuencia de ASA.	29
Gráfico 6. Frecuencia de complicaciones.	29
Gráfico 8. Rango Energía.	32
Gráfico 7. Rango ANIm.	32
Gráfico 9. Relación ANIm con CFS.	33
Gráfico 10. Relación Energía con CFS.	33

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Clavo intramedular. Fuente: Elaboración propia.	9
Figura 2. Monitor ANI.	15
Figura 3. Electrodo ANI.	16
Figura 4. Escala Clínica de Fragilidad.	53
Figura 5. Instrumento universal para el cribado de malnutrición.	54
Figura 6. Mini Nutritional Assessment.	55
Figura 7. Índice de Barthel.	56

1. ABREVIATURAS

ANI	Analgésia Nociception Index
ANIm	Analgésia Nociception Index Medium
ANi	Analgésia Nociception Index Instant
ASA	American Society of Anesthesiologists
CEICA	Comité de Ética de Investigación de la Comunidad Autónoma de Aragón
CFS	Clinical Frailty Scale
CGA	Evaluación Geriátrica Integral
DE	Desviación estándar
ECG	Electrocardiograma
ERAS	Recuperación Mejorada Tras la Cirugía
FC	Frecuencia Cardíaca
FRAIL	Fatigue, Resistance, Ambulation, Illnesses, Loss of Weight
GDS	Geriatric Depression Scale
GERM	Grupo Español de Rehabilitación Multimodal
HADS	Hospital Anxiety and Depression Scale
HF	High Frequency
HFVI	High Frequency Variability Index
HUMS	Hospital Universitario Miguel Servet
IF	Índice de Fragilidad
LF	Low Frequency
MMSE	Mini Mental State Examination
MNA	Mini Nutritional Assessment
MUST	Malnutrition Universal Screening Tool
NRS 2002	Nutritional Risk Screening
RMSSD	Root Mean Square of Successive Differences
SF-36	Short Form 36
SNA	Sistema Nervioso Autónomo
SDNN	Standard Deviation of NN Intervals
SNP	Sistema Nervioso Parasimpático

SNS	Sistema Nervioso Simpático
SNC	Sistema Nervioso Central
SOFA	Sequential Organ Failure Assessment
TP	Total Power
URPA	Unidad de Recuperación Postanestésica
VFC/HRV	Variabilidad de la frecuencia cardíaca
Vía RICA	Vía Clínica de Recuperación Intensificada en Cirugía Abdominal
VLf	Very Low Frequency

2. RESUMEN

Introducción y objetivos

La fractura de cadera en pacientes ancianos representa un problema sanitario con elevada incidencia y morbi-mortalidad. La fragilidad geriátrica se ha identificado como un factor clave en la evolución postoperatoria, sin embargo, en la actualidad, se carece de métodos objetivos y rápidos para su detección. El objetivo principal de este estudio es analizar si los valores de Analgesia Nociception Index Medium (ANIm) y Energía, medidos a través del monitor Analgesia Nociception Index (ANI[®]), se correlacionan con las escalas clínicas de fragilidad en pacientes sometidos a cirugía urgente de cadera.

Materiales y métodos

Se realizó un estudio piloto, observacional y prospectivo, con una cohorte de 30 pacientes mayores de 65 años ingresados en el Hospital Universitario Miguel Servet (HUMS) por fractura de cadera. Se monitorizó la variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC) en fase preoperatoria mediante el monitor ANI y se recogieron variables demográficas, clínicas, nutricionales y funcionales, incluyendo escalas. Los datos fueron recogidos en Excel y analizados con R-Commander. El análisis estadístico incluyó pruebas de correlación y de regresión. La significación estadística se consideró con una $p < 0,05$.

Resultados

De los 30 pacientes analizados un 83,3% fueron mujeres con una media de edad de 87,13 años. El 46,7% presentó complicaciones postoperatorias. No se hallaron correlaciones significativas entre ANIm o Energía y las escalas de fragilidad. No obstante, se encontró una correlación positiva significativa entre Energía y parámetros analíticos. Tampoco se establecieron asociaciones con el tipo de fractura, técnica quirúrgica o comorbilidades.

Conclusiones

No se puede afirmar que los valores de ANIm y Energía puedan predecir fragilidad clínica en esta muestra. Sin embargo, la correlación entre Energía y parámetros analíticos sugiere una posible línea de investigación futura. Se requieren estudios con mayor tamaño muestral para validar el uso de la VFC como herramienta predictiva de fragilidad.

Palabras clave

Fragilidad, fractura de cadera, VFC, monitor ANI, ANIm, Energía.

3. ABSTRACT

Introduction and objectives

Hip fracture in elderly patients represents a significant public health concern due to its high incidence and associated morbidity and mortality rates. Geriatric frailty has been identified as a key factor influencing postoperative outcomes, however, there is currently a lack of objective and rapid methods for its detection. The main objective of this study is to analyze whether the values of ANIm and Energy, measured using ANI[®] monitor, correlate with clinical frailty scales in patients undergoing urgent hip surgery.

Material and methods

A prospective, observational pilot study was conducted on a cohort of 30 patients over the age of 65 admitted to HUMS with hip fractures. Heart rate variability (HRV) was monitored using the ANI monitor, and demographic, clinical, nutritional and functional variables, including scales, were collected. Data were collected in Excel and analyzed using R-Commander. Statistical analysis included correlations and regression test, with significance set at $p < 0,05$.

Results

Of the 30 patients analyzed, 83,3% were women with a mean age of 87,13 years. Postoperative complications occurred in 46,7% of cases. No significant correlations were found between ANIm o Energy and the frailty scales. However, a significant positive correlation was observed between Energy and certain analytical parameters. No associations were found with fracture type, surgical technique, or comorbidities.

Conclusions

It cannot be concluded that ANIm and Energy values are predictive of clinical frailty in this sample. Nevertheless, the correlation between Energy and analytical parameters suggests a potential future research direction. Further studies with larger sample sizes are needed to validate the use of HRV as a predictive tool for frailty.

Keywords

Frailty, hip fracture, HRV, ANI monitor, ANIm, Energy.

4. INTRODUCCIÓN

4.1. ARTICULACIÓN DE LA CADERA

La cadera es una estructura compleja que pertenece al aparato locomotor y se encuentra situada en la región pélvica del cuerpo humano. Está compuesta por el cotilo o acetábulo, la unión de las ramas ilio e isquiopubianas y la cabeza del fémur. Desde el punto de vista anatómico se trata de una articulación diartrodial de tipo esférico que la dota de su gran capacidad de resistencia. Entre sus principales funciones destacan la transmisión de cargas, estabilidad y gran amplitud de movimiento, lo que permite llevar a cabo funciones tan básicas como caminar o saltar. Reforzando todo este sistema se encuentra la cápsula articular y diversos músculos, tendones y ligamentos¹.

4.2. FRACTURA DE CADERA

Existen dos grandes tipos de **fracturas** de fémur proximal, las intracapsulares del cuello femoral, también llamadas subcapitales, y las extracapsulares del macizo trocantéreo que se dividen en basicervicales o troncantéricas².

Esta clasificación es clave, ya que el foco de fractura determina la cantidad de sangrado y, por tanto, influye considerablemente en la decisión quirúrgica y pronóstico del paciente.

El incremento de la edad poblacional ha convertido a la fractura de cadera en un problema de salud pública, no solo por su elevada frecuencia sino por la morbimortalidad que conlleva. Se estima que, a nivel mundial, los casos de fractura de cadera asciendan a 4,5 millones para 2050, según refiere un estudio reciente llevado a cabo en Shanghái³.

Las tasas de mortalidad varían en función del tipo de fractura y tratamiento recibido, por ello, es fundamental conseguir un tratamiento óptimo en el menor tiempo posible.

4.3. CIRUGÍA DE FRACTURA DE CADERA

Las fracturas de cadera tienen como tratamiento, principalmente, la cirugía, que constituye el “patrón oro”. Se utilizan prótesis o diversos tipos de dispositivos de fijación de fracturas cuyo objetivo es la movilización precoz con carga completa de peso.

- **Prótesis:** consisten en el reemplazo metálico de la cabeza femoral, se fijan por un vástago asentado en la cavidad de la diáfisis. Son de elección para las fracturas intracapsulares desplazadas.
 - **Hemiartroplastias:** reemplazo parcial de la articulación. Presentan menor tasa de luxación, menor tiempo quirúrgico y pérdida sanguínea.
 - **Artroplastias totales de cadera:** reemplazo total de la articulación, incluido el cartílago articular. Son de elección en pacientes activos y con elevada capacidad funcional⁴.
- **Osteosíntesis:** fijación interna del hueso a través de distintos dispositivos.
 - **Tornillos canulados:** de elección en intracapsulares no desplazadas o desplazadas en pacientes jóvenes.
 - **Tornillos deslizantes:** han sido el tratamiento de referencia en las fracturas trocántreas hasta hace varios años que han sido desplazados por el clavo intramedular. Ha quedado relegado a fracturas puramente pertrocántreas.
 - **Clavos intramedulares:** consiste en la sujeción de la cabeza femoral mediante un tornillo que se desliza a través de un clavo dentro de la médula ósea (Figura 1). Es de elección en fracturas trocántreas⁴.



Figura 1. Clavo intramedular.

4.4. COMPLICACIONES

Las complicaciones médicas después de una cirugía de cadera son muy frecuentes y pueden influir en los resultados a largo plazo, aumentar la estancia hospitalaria y retrasar la recuperación funcional. Las complicaciones mayores (infarto de miocardio, neumonía) pueden llegar a afectar aproximadamente al 20% de los pacientes, sin embargo, hasta el 50% puede llegar a precisar intervenciones farmacológicas debido a problemas clínicos⁵.

En función del momento postoperatorio en el que transcurran (Tabla 1), pueden dividirse en^{6,7}:

Tabla 1. Complicaciones en función del momento postoperatorio.

COMPLICACIONES		EJEMPLOS
AGUDAS O INMEDIATAS	Primeros 30 días	Infección del tracto urinario Infección del sitio quirúrgico
SUBAGUDAS	Entre 30 días y 3 meses	Fractura periprotésica Dificultad en la rehabilitación
TARDÍAS O CRÓNICAS	Meses o años tras cirugía	Mortalidad Dolor crónico

Fuente: Elaboración propia basada en Driesman et al.⁶ y Maholtra et al.⁷.

Dada la creciente incidencia de la fractura de cadera, debido principalmente a un aumento en la edad poblacional, se ha demostrado que un manejo quirúrgico inmediato disminuye el número de complicaciones durante todo el proceso perioperatorio.

Dicho manejo consiste en una evaluación preoperatoria centrada en corregir los problemas agudos como el tratamiento de la anemia preoperatoria, la insuficiencia renal aguda o la descompensación cardíaca. Asimismo, se considera fundamental la profilaxis de la tromboembolia venosa para reducir la morbilidad asociada⁸.

La analgesia multimodal incorpora estrategias para reducir el consumo de opioides y técnicas de anestesia regional que pueden ayudar a prevenir el delirio y facilitar la participación temprana en fisioterapia para reducir las complicaciones⁸.

La mortalidad a los 30 días postoperatorios también constituye un problema de gran magnitud, se estima que varía entre un 6.9% y un 8.2%. Entre sus causas principales se encuentran la insuficiencia respiratoria o cardíaca y las infecciones, sobre todo neumonía y sepsis⁵.

Por todo ello, múltiples estudios abalan que un manejo clínico fundamentado en la optimización de las comorbilidades y una atención integral son eficaces para reducir la estancia hospitalaria, mejorar la recuperación funcional y reducir tanto la tasa de complicaciones como la de mortalidad⁹.

5. FRAGILIDAD

Con el paso de los años, en grados variables, los individuos sufren cambios perjudiciales de la estructura y función corporal que condicionan su capacidad de afrontar situaciones de estrés. Este deterioro surge del acúmulo de daño molecular y celular que no ha sido capaz de repararse como consecuencia de la capacidad finita de defensa y proliferación del organismo¹⁰.

La variabilidad para reaccionar ante diferentes estímulos en personas con edades similares y mismo proceso intercurrente está directamente relacionada con el grado de **fragilidad**.

La fragilidad es una entidad clínica multidimensional definida por un deterioro progresivo de los sistemas fisiológicos relacionado con la edad, que condiciona una disminución de las reservas y como consecuencia, una reducción en la tolerancia al estrés y una mayor vulnerabilidad para sufrir eventos adversos¹¹.

Existen dos modelos de evaluación de fragilidad, la fragilidad física y el índice de fragilidad (IF).

El primero fue el descrito por Linda Fried, denominado **fenotipo de fragilidad o “fragilidad física”**, que comprende la fragilidad como un estado previo a la discapacidad y un mayor riesgo de presentar eventos adversos de salud¹¹. Considera que es una situación atenuable y, por tanto, potencialmente reversible. Se basa en la medición de cinco características clínicas que son:

- Debilidad evaluada por la fuerza de agarre.
- Pérdida no intencionada de peso (>4,5% del peso corporal el último año).
- Autopercepción de agotamiento o cansancio.
- Disminución de la actividad física.
- Lentitud de la velocidad de la marcha habitual.

Por otro lado, se encuentra el **modelo de acumulación de déficits o IF** que deriva de la evaluación geriátrica integral (CGA). Este modelo, más simplificado que el inicial de Rockwood, identifica 92 déficits que incluyen estado funcional, psicosocial, emocional, cognitivo y nutricional¹¹. Comprende que cuanto mayor es el número de déficits que una persona tiene, mayor es la probabilidad de resultados adversos para la salud. El IF se puede generar con cualquier dato de atención médica y se expresa como una escala continua funcional desde la persona robusta hasta la dependencia total¹¹.

El fenotipo de fragilidad es más útil en el cribado, mientras que el IF es más adecuado para el manejo y el seguimiento.

Existen otras herramientas de cribado sencillas para evaluar el estado de fragilidad, basadas en la fragilidad multidimensional, como la *Clinical Frailty Scale* (CFS) y la *Fatigue, Resistance, Ambulation, Illnesses, Loss of Weight* (FRAIL).

La **CGA** es un método diagnóstico que analiza la fragilidad en función de los aspectos médicos, funcionales y psicosociales del paciente. Se ha demostrado que es un método útil para estimar la morbilidad y mortalidad, y planificar estrategias terapéuticas para disminuir las posibles complicaciones¹⁰.

Los métodos utilizados comprenden una anamnesis detallada que incluye desde la historia de enfermedades y tratamientos hasta síndromes geriátricos y valoración nutricional. De igual modo, precisan de una exploración física minuciosa que se acompañe de pruebas complementarias y, finalmente, la utilización de escalas de valoración que unifiquen la información y faciliten la comunicación interprofesional¹².

- Valoración **funcional**: incluye la capacidad de realizar actividades de la vida diaria medida a través de diferentes escalas como el Índice de Barthel entre otros, y la función física mediante test como el de la velocidad de la marcha.
- Valoración **cognitiva**: utiliza métodos de cribado de valoración cognitiva como el *Mini Mental State Examination* (MMSE) y pruebas para la detección de depresión como *Geriatric Depression Scale* (GDS) de Yesavage.
- Valoración **social**: estudia las relaciones y actividades del paciente mayor con su entorno, se utilizan la Escala de valoración sociofamiliar de Gijón y la de sobrecarga del cuidador y calidad de vida denominada Escala de sobrecarga del cuidador de Zarit.

- Valoración **nutricional**: utiliza cuestionarios de cribado validados en la población geriátrica como el *Mini Nutritional Assessment* (MNA) u otras escalas como el *Malnutrition Universal Screening Tool* (MUST) en Atención Primaria¹³.

Como se ha expuesto, la fragilidad no tiene una medida de referencia universal y aunque las escalas e índices de fragilidad han demostrado buena correlación con las complicaciones y la mortalidad, es importante destacar que la elección e interpretación de las escalas pueden ser sensibles a la subjetividad del evaluador, por lo que siempre se recomienda comparar resultados.

Es por ello, que se están estudiando herramientas sencillas, rápidas y multidimensionales que permitan aproximarse al IF y la CGA e identifiquen tempranamente la fragilidad en el ámbito especialmente del perioperatorio¹⁴.

La evidencia científica ha demostrado que en pacientes con fractura de cadera la fragilidad medida por escalas e índices son grandes predictores de complicaciones y mortalidad postoperatorias a los 30 días y al año. Investigaciones sugieren que un estudio exhaustivo en estos pacientes podría ayudar a los profesionales sanitarios a determinar regímenes de tratamiento óptimo y fomentar así, un mejor manejo ortogeriátrico¹⁵.

Ante la necesidad de nuevos instrumentos que puedan resultar más eficientes y objetivos, se propone la utilización de la monitorización del sistema nervioso autónomo (SNA) como predictor de fragilidad, concretamente en el área de fractura de cadera.

6. SISTEMA NERVIOSO AUTÓNOMO

El SNA es uno de los principales encargados de controlar la homeostasis del cuerpo humano. Es responsable del control preciso y fino de las funciones de diversos órganos y tejidos, entre ellos el músculo liso, cardíaco y glándulas exocrinas¹⁶.

El SNA se divide en dos sistemas principales, el sistema nervioso simpático (SNS) y el parasimpático (SNP), ambos están en constante oposición para mantener el medio interno y responder adecuadamente a las perturbaciones de todo el organismo. Se componen de fibras aferentes y eferentes que permiten la comunicación entre el sistema nervioso central (SNC) y el resto del cuerpo.

En primer lugar, el **SNS** tiene su origen en la región toracolumbar, segmentos T1-L2, de la médula espinal. Su principal función es preparar al individuo para situaciones de emergencia o de “lucha o huida”¹⁶.

Las fibras preganglionares del SNS liberan acetilcolina y las posganglionares, principalmente noradrenalina con excepción de las glándulas sudoríparas y la médula suprarrenal que liberan acetilcolina¹⁷. Estos neurotransmisores se unen a receptores de los diferentes sistemas para llevar a cabo su acción.

En términos generales, la activación de los receptores adrenérgicos α tiende a estimular la función celular, salvo en el tracto gastrointestinal, mientras que la activación de los receptores β tiende a disminuirla, a excepción del corazón¹⁷.

Entre sus efectos se incluyen el aumento de la frecuencia cardíaca, la elevación de la presión arterial, dilatación pupilar y bronquial, disminución de la motilidad gastrointestinal, vasoconstricción de piel y vísceras y relajación del músculo esquelético¹⁷.

El **SNP** se origina en el eje craneosacro¹⁸. Su función principal radica en la conservación y recuperación de la energía. Su principal neurotransmisor es la acetilcolina que actúa sobre receptores muscarínicos modulando su respuesta.

Sus principales efectos son la disminución de la frecuencia cardíaca, la contracción pupilar, el aumento del peristaltismo y actividad glandular, apertura de esfínteres y contracción vesical¹⁸.

6.1. VARIABILIDAD DE LA FRECUENCIA CARDIACA

La variabilidad de la frecuencia cardíaca se define como la variación en el tiempo entre dos latidos cardíacos consecutivos¹⁹. Es decir, aunque la frecuencia cardíaca (FC) se exprese como el número de latidos por minuto, el tiempo entre cada latido no es constante y esta variación en el intervalo es lo que se denomina VFC.

La VFC está influenciada por el SNA. Por un lado, el SNS al estimularse, aumenta la secreción de catecolaminas, acelera la FC y disminuye el intervalo entre latidos sucesivos, disminuyendo la VFC²⁰. Lo contrario ocurre con el SNP, que, a través del nervio vago, provoca un aumento de la duración de los intervalos R-R en el electrocardiograma (ECG), una disminución de la FC y un aumento de la VFC.

7. ANI

El monitor ANI (Figura 2) es un dispositivo innovador que permite evaluar en tiempo real el estado del SNA mediante el análisis de la VFC. Proporciona un índice numérico (entre 0 y 100) que refleja el equilibrio entre las ramas simpática y parasimpática del SNA, con una alta correlación entre el nivel de analgesia y la respuesta a estímulos nociceptivos en el contexto intraoperatorio^{21,22}. Este método permite una monitorización continua, no invasiva y dinámica del tono vagal relativo, lo que lo hace útil en el entorno perioperatorio, así como en cuidados intensivos, sedación consciente, analgesia regional o manejo del dolor agudo y crónico.

En esencia, un ANI alto (valores cercanos a 100) se asocia con una mayor actividad parasimpática, generalmente interpretada como un estado de relajación, confort o analgesia adecuada, mientras que un ANI bajo (valores cercanos a 0) se relaciona con un aumento del tono simpático, lo que puede indicar estrés fisiológico, dolor o analgesia insuficiente²¹.



Figura 2. Monitor ANI.

El índice ANI se obtiene mediante la monitorización continua del ECG, a través de dos electrodos colocados en el tórax o la espalda del paciente (Figura 3). El dispositivo analiza la variación en los intervalos R-R (tiempo entre latidos cardíacos consecutivos) para calcular los parámetros derivados de la VFC^{21,22}.



Figura 3. Electrodo ANI.

El análisis espectral de la VFC se descompone en dos dominios que son frecuencia y tiempo.

7.1. DOMINIO DE FRECUENCIA

High Frequency (HF): relacionado principalmente con la modulación parasimpática (vagal) y la respiración.

Low Frequency (LF): refleja una combinación de modulación simpática y parasimpática, aunque suele asociarse principalmente con la actividad simpática y los barorreflejos.

Very Low Frequency (VLF): asociado a mecanismos de regulación más lentos, como la termorregulación, la actividad hormonal y procesos metabólicos.

Relación LF/HF: se utiliza habitualmente como indicador del balance simpático-vagal²¹⁻²³.

Índice HF/(HF+LF+VLF) (HFnu): es una estimación porcentual del balance entre el SNP y la actividad añadida de los diferentes componentes espectrales²¹⁻²³.

Total Power (TP): representa la suma de la varianza de todos los componentes de frecuencia (VLF + LF + HF)²¹⁻²³.

7.2. DOMINIO DE TIEMPO

Root Mean Square of Successive Differences (RMSSD): refleja principalmente la actividad parasimpática y la modulación vagal de alta frecuencia.

Standard deviation of NN intervals (SDNN): representa la variabilidad total de la frecuencia cardíaca, calculada como la desviación estándar de los intervalos R-R normales²¹⁻²³.

7.3. PARÁMETROS ANI

En la práctica clínica, el monitor ANI suele mostrar los siguientes valores derivados de estos análisis:

ANI instantáneo (ANIi): promedio calculado en un periodo corto (60 segundos), que permite detectar cambios rápidos en el tono parasimpático y en la respuesta a estímulos nociceptivos o farmacológicos en el entorno intraoperatorio²¹⁻²⁴.

ANI medio (ANIm): parámetro derivado de HFnu, representa el promedio calculado en un periodo más largo (240 segundos) del estado autonómico, es decir, refleja la modulación de la rama parasimpática del SNA, y resulta útil para el seguimiento terapéutico continuo²¹⁻²⁴.

Energía: Parámetro derivado directamente del SDNN, refleja la variabilidad global de la frecuencia cardíaca y, por tanto, la reserva fisiológica del sistema nervioso autónomo²¹⁻²⁴.

Esta relación entre la VFC y el SNA ha despertado interés clínico por su utilidad como marcador fisiológico de fragilidad en el entorno perioperatorio. En este contexto, han surgido iniciativas como la Vía Clínica de Recuperación Intensificada en Cirugía Abdominal (Vía RICA), con el fin de optimizar la recuperación y mejorar los resultados en todo el proceso quirúrgico.

8. VÍA RICA

En 2015, el Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad junto con el Grupo Español de Rehabilitación Multimodal (GERM) y otras sociedades científicas, publicaron la Vía RICA. Su objetivo era promover la recuperación postoperatoria en cirugía abdominal, disminuir las complicaciones y fomentar una práctica igualitaria bajo un documento consensuado²⁵.

Con el tiempo, se reconoció la necesidad de expandir esta vía a diferentes áreas quirúrgicas. De aquí nace la nueva Vía RICA cuyas siglas actualmente hacen referencia a “Recuperación Intensificada para Cirugía del Adulto”.

Esta vía se compone de 135 recomendaciones que buscan de manera individualizada y comprensible facilitar el proceso quirúrgico de los pacientes para favorecer el alta precoz y disminuir la morbimortalidad asociada.

8.1. PREHABILITACIÓN

La respuesta biológica del organismo frente a una agresión depende de su reserva fisiológica. Esta reserva fisiológica varía entre los individuos y depende parcialmente de factores inherentes al ser humano²⁶.

La cirugía supone un estrés para el individuo y las condiciones con las que se enfrenta a ella pueden suponer un riesgo importante para las complicaciones postoperatorias y una recuperación más lenta de lo esperado.

El concepto *Fast-Track* o programa de Recuperación Mejorada Tras la Cirugía (ERAS) introducido por Henrik Kehlet en los años 90, surgió con el objetivo de reducir el estrés quirúrgico y simplificar la recuperación postoperatoria mediante un enfoque multidisciplinar²⁶.

Fast-track se adapta a la condición del paciente y mejora los métodos tradicionales de rehabilitación mediante prácticas basadas en la evidencia²⁷. En pacientes frágiles sometidos a cirugía programada, la aplicación de estos procedimientos podría aportar beneficios evidentes. Sin embargo, en determinadas cirugías, estos beneficios podrían no ser suficientes.

Así pues, surge el programa de prehabilitación diseñado para aumentar la resiliencia del paciente antes de la cirugía, mediante la actuación en 3 aspectos como son el ejercicio físico, apoyo nutricional, entrenamiento psicocognitivo o una combinación de estos²⁸. Esta concepción multimodal incluye además otras medidas relevantes como la deshabituación tabáquica, corrección de la anemia y conciliación farmacológica.

Cada uno de estos elementos (Tabla 2), individualmente, pueden no tener un impacto clínico trascendente. Sin embargo, su efecto sinérgico conlleva una mejora significativa en la evolución postoperatoria de los pacientes²⁸. Este enfoque sigue la línea de los protocolos ERAS, anticipando la optimización semanas antes de la cirugía²⁹.

Tabla 2. Recomendaciones protocolo prehabilitación.

VALORACIÓN	PRUEBAS	OBJETIVOS
FÍSICA	Test de la marcha 6 minutos	Aumentar la función cardiorrespiratoria y fuerza muscular
	Ergoespirometría	Mejorar el rendimiento físico general
NUTRICIONAL	MUST, NRS 2002	Abordar déficits nutricionales
	Impedanciometría, TC	Optimizar reservas metabólicas
COGNITIVA	HADS	Gestionar estrés y ansiedad
	SF-36	Identificar el estado de salud

Fuente: Elaboración propia basado en recomendaciones del protocolo de prehabilitación²⁹.

Los ancianos son especialmente susceptibles al reposo en cama y a la inactividad física debido al proceso de senescencia y disminución fisiológica de la reserva funcional y capacidad de recuperación³⁰, por lo que se trata de una población de pacientes que se beneficiaría considerablemente de las intervenciones de prehabilitación.

9. JUSTIFICACIÓN

El envejecimiento de la población supone un aumento de la incidencia de la cirugía de fractura de cadera, y, por lo tanto, del riesgo de complicaciones postoperatorias. La fragilidad geriátrica ha demostrado ser uno de los principales factores de riesgo asociados a un incremento de morbilidad tras la cirugía. Los pacientes frágiles presentan mayor dependencia funcional tras la cirugía y un aumento de la demanda de recursos y atención sanitaria, lo que conlleva importantes repercusiones socioeconómicas.

La ausencia de métodos objetivos y rápidos para medir la fragilidad ha determinado la necesidad de implementar nuevas estrategias para evaluar y manejar la fragilidad de estos pacientes.

Diversos estudios llevados a cabo recientemente demuestran como la monitorización de la variabilidad de la frecuencia cardiaca podría ser útil como predictor de fragilidad en pacientes ancianos porque ayuda a comprender los cambios en la modulación autonómica cardiaca. Respaldan, que los descensos en la VFC no solo se asocian con un aumento del riesgo de fragilidad³¹ sino con un aumento de la mortalidad²³.

Por la sencillez de la técnica y su viabilidad con los medios actuales presentes en el hospital, se propone como posible biomarcador fisiológico la medición del equilibrio entre el sistema nervioso simpático y parasimpático, a través de la VFC mediante el monitor ANI.

Los resultados obtenidos podrían contribuir a una identificación precoz de pacientes frágiles, permitiendo aplicar medidas personalizadas que mejoren los resultados clínicos en esta población.

10. HIPÓTESIS

Hipótesis nula. Los valores de ANIm y Energía no se correlacionan con el estado de fragilidad medido por escalas en pacientes con fractura de cadera en esta muestra.

Hipótesis alternativa. Los valores de ANIm y Energía se correlacionan con el estado de fragilidad medido por escalas en pacientes con fractura de cadera en esta muestra.

11. OBJETIVOS

Objetivo principal:

- Estudiar si los valores de ANIm y Energía de la muestra se correlacionan con las escalas de fragilidad habitualmente utilizadas en el paciente con fractura de cadera.

Objetivos secundarios:

- Describir las características de los pacientes incluidos en la muestra.
- Identificar factores de riesgo asociados a fragilidad y las principales complicaciones en los pacientes con fractura de cadera de nuestro estudio.
- Explorar posibles asociaciones entre los valores de ANIm y Energía y otros parámetros clínicos recogidos en el estudio.

12. MATERIAL Y MÉTODOS

12.1. MATERIALES

Diseño del estudio

Se ha diseñado un estudio piloto prospectivo, observacional de cohortes para evaluar si el uso de la monitorización de la variabilidad de la frecuencia cardiaca mediante el monitor ANI durante la fase preoperatoria se correlaciona con el estado funcional, reserva fisiológica y fragilidad en pacientes que van a ser intervenidos quirúrgicamente por fractura de cadera.

Fuentes de información

Con el fin de obtener la información bibliográfica actualizada acerca del tema estudiado, se revisaron artículos científicos en bases de datos PubMed y Scielo. Los criterios establecidos para la búsqueda fueron publicaciones entre 2020 y 2025, escritas en inglés y en español. No obstante, por su relevancia en el estudio, se incluyeron algunas referencias anteriores a dicho periodo.

También se consultaron guías de práctica clínica y libros físicos, centrándose en las últimas ediciones publicadas e idioma español e inglés.

Las escalas MNA y Barthel, fueron realizadas por el Servicio de Enfermería y recogidas de la historia clínica electrónica de los pacientes del HUMS.

Tras la recopilación de los datos de los pacientes, se utilizó una hoja de cálculo del programa Microsoft Excel en el que se incluyeron los datos de todas las variables de interés a analizar en los sujetos a estudio, parte de la información necesaria fue extraída a partir de la Historia Clínica Electrónica.

Población del estudio

En el trabajo se incluyeron a todos los pacientes mayores de 65 años ingresados a cargo de la Sección de Cadera del Servicio de Traumatología del HUMS con fractura de cadera de menos de 48 horas de evolución, en un periodo de recogida desde el 18 de febrero al 20 de marzo de 2025.

Criterios de inclusión y exclusión

Los criterios de inclusión y exclusión que se establecieron fueron los siguientes.

Criterios de inclusión:

- Pacientes mayores de 65 años.
- Pacientes con fractura de cadera de menos de 48 horas de evolución procedentes del HUMS.
- Cirugía urgente.
- Ritmo sinusal comprobado por electrocardiograma.
- Cualquier ASA (excepto ASA VI).

Criterios de exclusión:

- Pacientes con marcapasos o arritmias no sinusales (fibrilación auricular).
- Pacientes con deterioro cognitivo severo que imposibilitara por completo la colaboración.
- Pacientes con fracturas periprotésicas.
- Negativa a firmar el consentimiento informado o no aceptación por el paciente o sus tutores/familiares en caso de deterioro cognitivo severo.

12.2. MÉTODOS

Variables principales

Se recogieron 53 variables de cada paciente estudiado.

Las variables principales se centraron en términos específicos del monitor ANI y la VFC. Pese a que la aplicación principal del aparato se basa en la medición de la analgesia intraoperatoria se ha aprovechado con otra función.

ANI es un índice que va de 0 a 100 y refleja el equilibrio entre el sistema nervioso parasimpático y la actividad de los diferentes componentes espectrales de la variabilidad de la frecuencia cardiaca. Un valor más elevado de ANI (cercano a 100) indica un tono parasimpático relativo mayor²³.

ANIm representa el promedio del ANI calculado en los últimos 240 segundos. Esta medida permite obtener una visión general de la tendencia al equilibrio vegetativo del

paciente durante un periodo más extenso, proporcionando información sobre la estabilidad del estado autonómico²³.

Energía representa el equivalente a SDNN. Esta medida expresa la variabilidad general de la frecuencia cardíaca y refleja la actividad global del sistema nervioso autónomo, es decir, la capacidad del corazón para variar su ritmo ante determinados estímulos. Un valor más alto de Energía/SDNN generalmente se considera un signo de un sistema nervioso más saludable y adaptable²³.

Por otro lado, las variables descritas fueron:

1. Características demográficas: sexo (hombre/mujer), edad (>65 años).
2. Características antropométricas: talla, peso e índice de masa corporal (IMC).
3. Datos relacionados con la estancia hospitalaria: fecha y hora de ingreso, fecha y hora del consentimiento informado y toma de variables, fecha y hora de la intervención quirúrgica, fecha y hora del alta, días de ingreso y días de estancia postoperatoria.
4. Tipo de fractura (subcapital, pertrocantérea y subtrocantérea) y técnica quirúrgica (artroplastia, clavo o atornillado).
5. Riesgo anestésico según la clasificación *American Society of Anesthesiologist* (ASA I, II, III, IV, V) (Anexo IV).
6. Factores de riesgo (tabaco, alcohol, drogas).
7. Comorbilidades hipertensión arterial (HTA), dislipemia (DLP), diabetes mellitus (DM), enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), insuficiencia cardíaca crónica (ICC), insuficiencia renal crónica (IRC), cáncer activo y accidente cerebrovascular (ACV).
8. Fragilidad medida por CFS (1 - 9) (Anexo VI) y FRAIL (0 - 5) (Anexo V), riesgo de malnutrición medido por MUST (0 - 6) (Anexo VII) y MNA (0 - 30) (Anexo VIII) y funcionalidad previa a la fractura medido por Índice de Barthel (0 - 100) (Anexo IX).
9. Complicaciones derivadas de la intervención a los 30 días postoperatorios: infección, transfusión y número de concentrados, reintervención y éxitus.

Otras variables

Se recogieron otras variables analíticas que no eran el objetivo primordial del estudio, pero se procedió a su análisis desde un punto de vista observacional esperando encontrar

algún dato de interés. Estos parámetros fueron: hemoglobina al ingreso y al alta, albúmina y prealbúmina, ferritina y saturación de transferrina al ingreso, hemoglobina (HemoCue[®]) en acogida y en unidad de recuperación postanestésica (URPA), el tratamiento previo con antiagregante o anticoagulante.

Recogida de datos

La inclusión de los pacientes se llevó a cabo de manera secuencial, una vez que se obtuvo la autorización del Comité de Ética e Investigación de la Comunidad Autónoma de Aragón.

Se realizó una encuesta correspondiente a las variables de estudio y se seleccionaron las escalas de valoración que fueron consideradas de interés.

El proceso de obtención del ANIm y Energía comenzó una vez los pacientes procedentes de la sala de Urgencias subieron a la planta de Traumatología. Los registros fueron realizados en las habitaciones de la planta de la Sección de Cadera por facultativos del HUMS. A todo paciente con fractura de cadera, en presencia de sus acompañantes, que iba a ser sometido a cirugía, una vez explicados los términos del estudio y tras aceptar la participación, se le solicitó firmar el consentimiento informado. Se colocó dos pegatinas a los pacientes, una en la región pectoral derecha y una en la región correspondiente al ápex del corazón. Los pacientes debían permanecer durante 5 minutos en silencio y sin realizar movimientos para obtener una óptima señal. Durante el proceso, el monitor ANI registró el ECG de los pacientes y las dos variables citadas. Los datos registrados fueron extraídos del monitor y posteriormente analizados con un ordenador para realizar una media de los valores registrados en esos 5 minutos, descartando el primero, por una posible mala señal al comenzar el registro y el último minuto, por si el paciente no permanecía quieto y en silencio.

Una vez realizada la monitorización, se realizaron los cuestionarios para evaluar fragilidad, CFS y FRAIL, y un cuestionario de riesgo de malnutrición MUST, los cuestionarios restantes fueron realizados por el servicio de enfermería de la planta de Traumatología del HUMS.

Seguimiento de los pacientes

Una vez recogidos todos los datos, se realizó un seguimiento minucioso de la historia clínica electrónica de los pacientes por parte de los facultativos del HUMS, para

identificar la aparición de posibles complicaciones postoperatorias a los 30 días, así como la fecha de alta y posible mortalidad.

Análisis estadístico

Los datos se procesaron y analizaron mediante Excel y el programa estadístico R Commander y RStudio v. 2.9-5.

Se describieron los resultados mediante estadísticos de tendencia central y dispersión para variables cuantitativas (media, mediana, desviación típica, percentil) y porcentaje y frecuencias para las variables cualitativas. Para el contraste de hipótesis se utilizaron la prueba de *T de Student* y del análisis de la varianza *ANOVA*.

La comprobación de la normalidad de las variables se llevó a cabo mediante la prueba *Shapiro-Wilk* y se utilizó la correlación de *Pearson* para identificar el grado de relación entre ellas. La predicción de una variable sobre otra se realizó mediante el modelo de regresión lineal. La significación estadística se estableció para un valor de $p < 0,05$ y para un intervalo de confianza del 95%.

Declaración ética

En el proceso de recogida de datos fueron aplicados los principios éticos de la investigación en seres humanos recogidos en la Declaración de Helsinki³².

Los datos fueron recogidos por personal sanitario del HUMS. Pese a que la autora del trabajo gestionó los datos, estos fueron anonimizados y se aseguró la disociación entre información personal y a analizar para imposibilitar el abordaje e identificación de los pacientes. La información fue tratada con confidencialidad cumpliendo con la Ley Orgánica 3/2018 de Protección de Datos Personales y garantía de los derechos digitales. Ni la información recabada ni la participación en el estudio afectaron al tratamiento y estancia hospitalaria.

El estudio obtuvo los permisos pertinentes del HUMS y se presentó para su autorización al Comité Ético de Investigación de Aragón (CEICA) (Anexo I).

El monitor es un aparato presente en el hospital con un uso aceptado que cumple los criterios de seguridad.

Se declara no tener conflicto de interés.

13. RESULTADOS

13.1. DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en el estudio. El análisis principal se centra en la comparación de los valores de ANIm y Energía con las escalas de evaluación de fragilidad y nutrición de los pacientes, con el objetivo de identificar posibles asociaciones.

Además, se describen las características clínicas y sociodemográficas de la muestra, y se explora la relación entre estas variables y las principales escalas mediante análisis correlacionales y modelos de regresión.

Se obtuvo una $n = 48$ pacientes, de los cuales, finalmente se analizaron 30 (Gráfico 1). La exclusión de 18 pacientes del trabajo se debió a que 15 no cumplían los criterios necesarios para su inclusión y los 3 restantes porque fueron operados antes de poder recoger el registro.

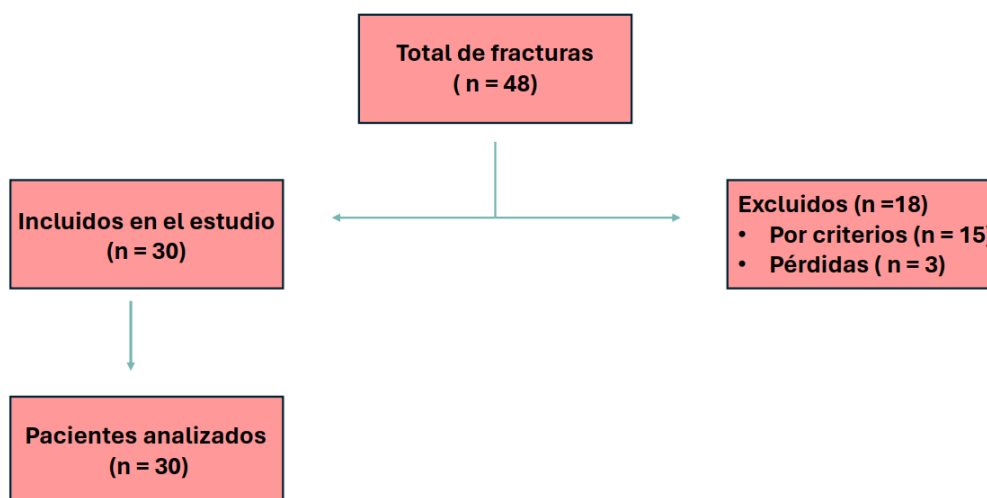


Gráfico 1. Diagrama de pacientes.

De los 30 pacientes incluidos en el estudio “Utilización de la monitorización del sistema nervioso autónomo como predictor de fragilidad en cirugía de fractura de cadera” durante el periodo comprendido entre el 17 de febrero hasta el 27 de abril de 2025, 25 fueron mujeres (83,3%) y 5 fueron hombres (16,7%) (Gráfico 2). La media de edad fue de 87,13 años (desviación estándar (DE) = 7,85), de peso 61,43 kg (DE = 12,99), de altura 159,57 cm (DE = 8,92) y del IMC 24,04 (DE = 3,85) kg/m^2 .

El tipo de fractura (Gráfico 3) más frecuente fue la subcapital (56,7%), seguida de la pertrocanterea (36,7%). Las técnicas quirúrgicas utilizadas en la intervención fueron clavo intramedular 13 (46,3 %), prótesis 15 (50 %) y atornillado 1 (3,3 %). La media de días de ingreso fue de 8 días y de estancia posoperatoria 5,71 días.

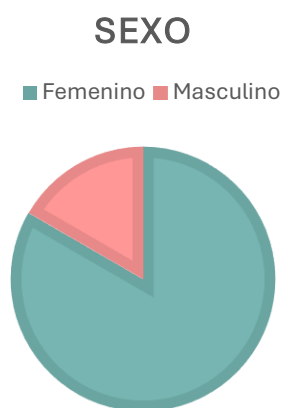


Gráfico 3. Frecuencia de sexo.

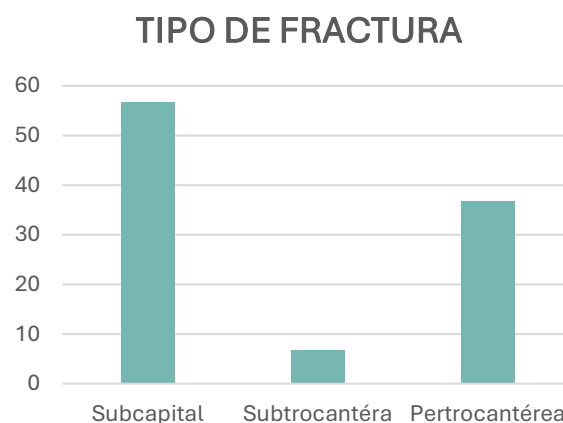


Gráfico 2. Frecuencia de fractura.

En relación con las comorbilidades (Gráfico 4) el 76,7% de los pacientes presentaron HTA, el 43,3% DLP, el 20% DM, el 10% EPOC, el 10% ICC, el 16,7% IRC, el 16,7% padecían un cáncer activo no relacionado con la fractura y el 16,7% habían tenido un ACV previo.

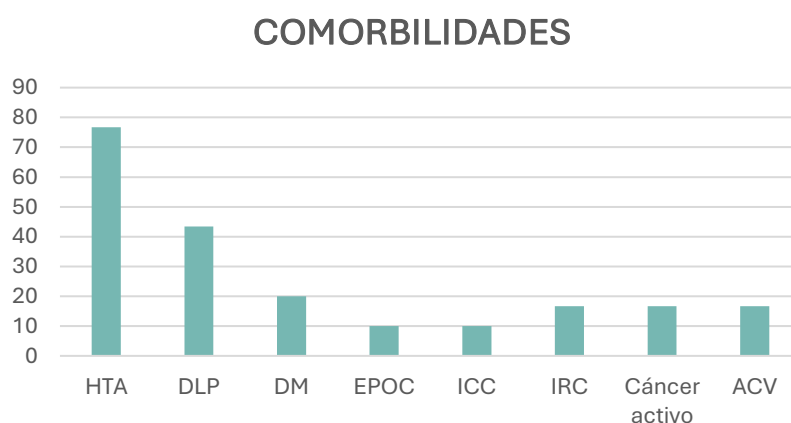


Gráfico 4. Frecuencia de comorbilidades.

En cuanto al riesgo anestésico (Gráfico 5), el 3,3% de los pacientes presentó un ASA I, el 16,7% contó con un ASA II, el 66,7% ASA III y, por último, el 13,3% restante correspondieron a un ASA IV. Ningún paciente intervenido presentó un ASA V o VI.

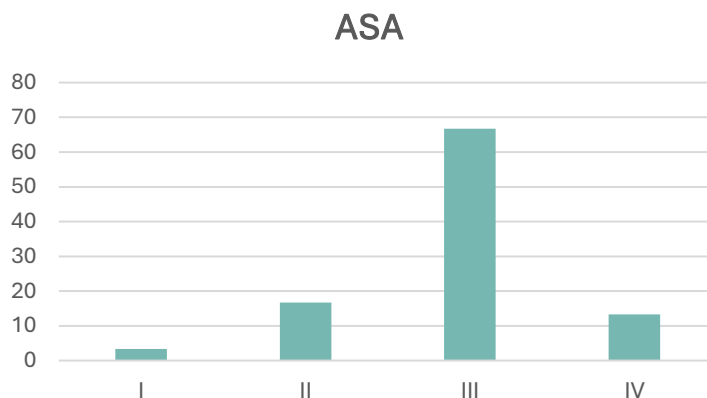


Gráfico 5. Frecuencia de ASA.

Con respecto a las complicaciones a los 30 días postoperatorios (Gráfico 6) 14 pacientes (46,7%) sufrieron algún tipo de complicación siendo ausente en los 16 restantes (53,3%). Entre ellas, 7 (24,1%) presentaron infección, 9 (31%) precisaron de transfusión sanguínea y 3 (10%) fallecieron.

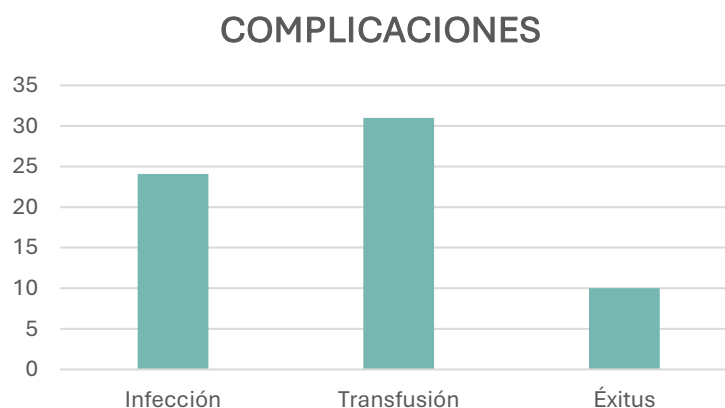


Gráfico 6. Frecuencia de complicaciones.

Se evaluaron parámetros analíticos como la Hb al ingreso (13,26 g/dl) y alta (11,06 g/dl), la prealbúmina (19,94 g/dl) y la albúmina al ingreso (3,87 g/dl) y otros parámetros como la ferritina, la saturación de la transferrina y el Hemocue en acogida.

Se procede a describir las variables cuantitativas (Tabla 3) con su respectiva media, desviación estándar, mediana, percentil 25 y 75. A continuación se exponen las variables cualitativas (Tabla 4) con su frecuencia y porcentaje.

Tabla 3. Variables cuantitativas.

Variable	Media	Desviación	Mediana	Percentil 25	Percentil 75
Días de ingreso	8	2,8	7	6	9
Días de estancia post IQ	5,71	2,37	5	4	7
Edad	87,13	7,85	87,5	84	92
Peso (kg)	61,43	12,99	59,5	51	70
Altura (cm)	159,57	8,92	159	153	165
IMC	24,04	3,85	23,17	20,81	26,7
Hb ingreso (g/dl)	13,26	1,68	13,25	12,3	14,1
Prealbúmina ingreso (g/dl)	19,94	4,75	20,35	17,3	23,8
Albúmina ingreso (g/dl)	3,87	0,29	3,8	3,7	4,1
Ferritina (mg/L)	301,32	315,43	158,95	83,5	404,2
Sat. Transferrina ingreso (%)	20,06	8,81	19,51	13,35	26,29
Hemocue acogida (g/dl)	11,48	2,14	10,9	10	13,3
Hb alta (g/dl)	11,06	1,29	11	10	11,7
CFS	4,97	1,67	5	4	6
FRAIL	2,43	1,5	3	1	4
MUST	0,73	0,91	0	0	1
MNA	16,98	3,84	18	15	19,5
Barthel	59,5	32,7	65	25	95
ANIm	68,25	16,3	65,5	58,47	81,39
Energía	0,4	0,22	0,36	0,22	0,59
Unidades CH	0,84	1,3	0	0	2

IQ: intervención quirúrgica

Sat.: saturación

CH: concentrado de hematíes

Tabla 4. Variables cualitativas.

Variable		Frecuencia	Porcentaje
Tipo fractura	Subcapital	17	56,7%
	Subtrocanterea	2	6,7%
	Pertrocantérea	11	36,7%
Técnica quirúrgica	Clavo	13	46,4%
	Parcial	15	53,6%
Sexo	Masculino	5	16,7%
	Femenino	25	83,3%
ASA	I	1	3,3%
	II	5	16,7%
	III	20	66,7%
	IV	4	13,3%
HTA	NO	7	23,3%
	SÍ	23	76,7%
DLP	NO	17	56,7%
	SÍ	13	43,3%
DM	NO	24	80%
	SÍ	6	20%
EPOC	NO	27	90%
	SÍ	3	10%
ICC	NO	27	90%
	SÍ	3	10%
IRC	NO	25	83,3%
	SÍ	5	16,7%
Cáncer activo	NO	25	83,3%
	SÍ	5	16,7%
ACV	NO	25	83,3%
	SÍ	5	16,7%
Complicaciones a los 30 días	NO	16	53,3%
	SÍ	14	46,7%
Infección	NO	22	75,9%
	SÍ	7	24,1%
Transfusión	NO	21	70%
	SÍ	9	30%
Reintervención	NO	29	97,7%
	SÍ	1	3,3%
Éxito	NO	27	90%
	SÍ	3	10%

13.2. CORRELACIONES CON ANIm Y ENERGÍA

La media de ANIm fue de 68,25 (Gráfico 7) con una desviación estándar de 16,3 y la media de Energía fue de 0,4 (Gráfico 8) con una desviación estándar de 0,22. No se encontró correlación al comparar ambos valores ($r = -0,083$ y $p = 0,664$).

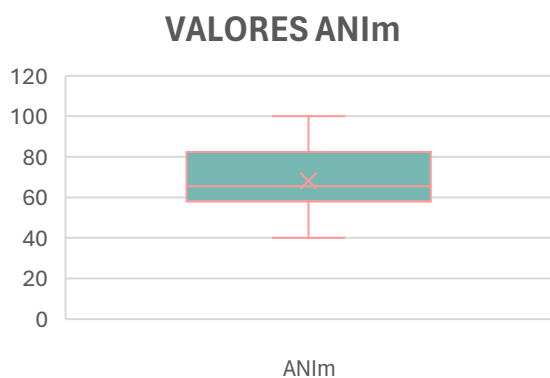


Gráfico 8. Rango ANIm.

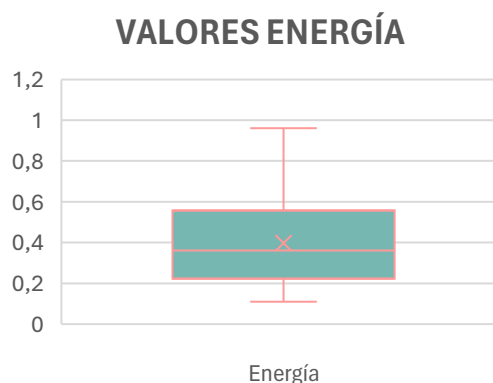


Gráfico 7. Rango Energía.

Se evaluó la relación de las variables cuantitativas, principalmente los valores de ANIm y Energía con las escalas de fragilidad y nutrición mediante el coeficiente de correlación de *Pearson*.

Para ANIm, se encontraron correlaciones **débilmente positivas** con las variables CFS, FRAIL y MUST, aunque no fueron estadísticamente significativas ($p\text{-valor} > 0,05$) con ninguna de las escalas analizadas (Tabla 5).

Tabla 5. Comparación ANIm con escalas clínicas.

Variable 1	Variable 2	r	p-valor
ANIm	CFS	0,218	0,247
ANIm	FRAIL	0,245	0,191
ANIm	MUST	0,184	0,332
ANIm	MNA	0,043	0,822
ANIm	Barthel	0,047	0,807

Respecto a Energía, las correlaciones encontradas en CFS, FRAIL y MUST fueron **débilmente negativas**, aunque, igual que con ANIm tampoco se detectó significancia con ninguna de las escalas ($p > 0,05$ en todos los casos) (Tabla 6).

Tabla 6. Comparación Energía con escalas clínicas.

Variable 1	Variable 2	r	p-valor
Energía	CFS	-0,249	0,184
Energía	FRAIL	-0,202	0,285
Energía	MUST	-0,207	0,273
Energía	MNA	-0,044	0,816
Energía	Barthel	0,02	0,993

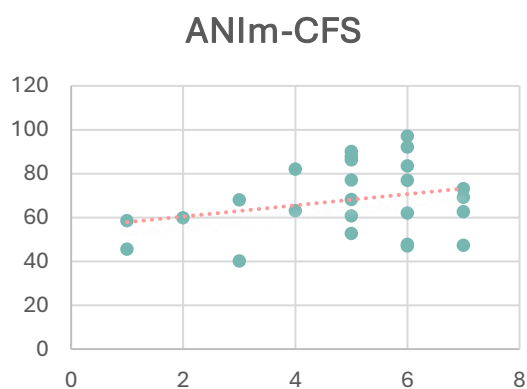


Gráfico 9. Relación ANIm con CFS.

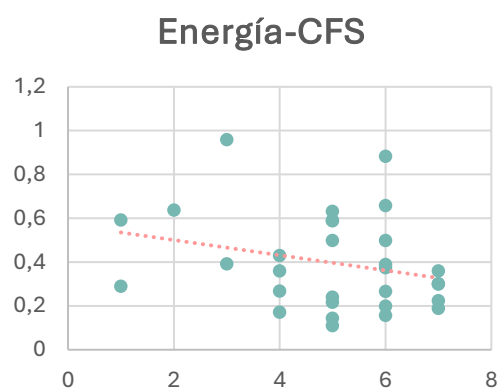


Gráfico 10. Relación Energía con CFS.

Se compararon las características cuantitativas días de ingreso, días de estancia post-intervención quirúrgica y edad de los pacientes con los valores de ANIm (Tabla 7) y Energía.

Con respecto a la variable ANIm, aparecieron **correlaciones débilmente positivas** entre días de estancia post-intervención quirúrgica y edad y **moderadamente positivas** con días de ingreso, pese a ello, no se puede afirmar que sean significativas ($p > 0,05$). En el caso de Energía la r de los distintos parámetros se encontró cercana a 0, indicando que no existe relación entre ellas.

Tabla 7. Comparación ANIm con estancia hospitalaria y edad.

Variable 1	Variable 2	r	p-valor
Días ingreso	ANIm	0,303	0,117
Días estancia post-IQ	ANIm	0,189	0,335
Edad	ANIm	0,147	0,44

IQ: intervención quirúrgica

Por último, se analizó la correlación de diversos parámetros analíticos obtenidos al ingreso hemoglobina (Hb), prealbúmina, albúmina, ferritina, saturación de transferrina, Hemocue y Hb al alta con los valores de ANIm (Tabla 8) y Energía (Tabla 9).

Con respecto a ANIm se encontró una **moderadamente negativa** con la prealbúmina al ingreso y **débilmente positiva** con la Hb al alta, sin embargo, tampoco se encontró significación.

Tabla 8. Comparación ANIm con parámetros analíticos.

Variable 1	Variable 2	r	p-valor
Hb ingreso (g/dl)	ANIm	0,002	0,993
Prealbúmina ingreso (g/dl)	ANIm	-0,314	0,119
Albúmina ingreso (g/dl)	ANIm	-0,098	0,627
Ferritina ingreso (mg/L)	ANIm	-0,054	0,821
Sat. Transferrina ingreso (%)	ANIm	-0,082	0,71
Hemocue acogida (g/dl)	ANIm	-0,099	0,652
Hb alta (g/dl)	ANIm	0,271	0,163

En cuanto a Energía se encontraron **correlaciones fuertemente positivas** con la albúmina al ingreso y el hemocue en acogida que **sí demostraron ser significativas** $p = 0,003$ y $p = 0,002$ respectivamente, **moderadamente positiva significativa** con prealbúmina $p = 0,045$, y una **correlación moderadamente positiva** con la Hb al ingreso. También se demostró una **correlación moderadamente negativa** con la ferritina al ingreso.

Tabla 9. Comparación Energía con parámetros analíticos.

Variable 1	Variable 2	r	p-valor
Hb ingreso (g/dl)	Energía	0,272	0,146
Prealbúmina ingreso (g/dl)	Energía	0,396	0,045
Albúmina ingreso (g/dl)	Energía	0,554	0,003
Ferritina ingreso (mg/L)	Energía	-0,34	0,142
Sat. Transferrina ingreso (%)	Energía	0,06	0,785
Hemocue acogida (g/dl)	Energía	0,612	0,002
Hb alta (g/dl)	Energía	0,11	0,578

A continuación, se compararon las **características cualitativas** sexo, tipo de fractura, técnica quirúrgica y ASA, no apreciándose diferencias estadísticamente significativas (Tabla 10). La variable ASA fue la que menor p-valor obtuvo $p = 0,059$ al compararse con Energía.

Tabla 10. Correlación ANIm y Energía con variables cualitativas.

Variable	ANIm (p-valor)	Energía (p-valor)
Sexo	0,821	0,267
Tipo de fractura	0,22	0,32
Técnica quirúrgica	0,191	0,134
ASA	0,217	0,059

Se analizó si las **comorbilidades** HTA, DLP, DM, EPOC, ICC, IRC, Ca activo y ACV y los valores de ANIm tenían relación (Tabla 11). El p-valor obtenido en todos los casos fue $p > 0,05$, lo que indica que no hay diferencias estadísticamente significativas en los valores de ANIm entre quienes presentan comorbilidades y quienes no.

Tabla 11. Correlación ANIm y Energía con comorbilidades.

Comorbilidad	Porcentaje	ANIm (p-valor)	Energía (p-valor)
HTA	76,7%	0,735	0,225
DLP	43,3%	0,853	0,963
DM	20%	0,818	0,293
EPOC	10%	0,084	0,631
ICC	10%	0,917	0,437
IRC	16,7%	0,694	0,374
Ca activo	16,7%	0,632	0,361
ACV	16,7%	0,496	0,217

Se comprobó si las **complicaciones a los 30 días postoperatorios** se relacionaban con los valores de ANIm y Energía (Tabla 12). El porcentaje de global de complicaciones fue de un 46,7% y mostró un p-valor = 0,257 cuando se correlacionó con la variable ANIm y un p-valor = 0,267 cuando se hizo con Energía.

Tabla 12. Correlación ANIm y Energía con complicaciones.

Complicación	Porcentaje	ANIm (p-valor)	Energía (p-valor)
Infección	24,1%	0,911	0,91
Transfusión	30%	0,857	0,131
Reintervención	3,3%	0,294	0,928
Éxito	10%	0,235	0,601

13.3. ANIm Y ENERGÍA COMO PREDICTORES DE FRAGILIDAD

Se realizaron modelos de regresión lineal en aquellas escalas que mostraron correlaciones débilmente positivas para valorar si **ANIm y Energía predecían fragilidad y malnutrición.**

Se encontró que en ambos casos con las dos variables los resultados no eran estadísticamente significativos ($p < 0,05$) (Tabla 13) (Tabla 14). Por tanto, en esta muestra, no se puede afirmar que ANIm y Energía predigan CFS, FRAIL y MUST.

Tabla 13. ANIM como predictor de CFS, FRAIL y MUST.

Variable 1	Variable 2	R2	Coefficiente	p-valor	IC 95%
ANIm	CFS	0,037	0,027	0,155	[-0,01;0,065]
ANIm	FRAIL	0,021	0,021	0,211	[-0,013;0,056]
ANIm	MUST	0,01	0,005	0,591	[-0,015;0,027]

Tabla 14. Energía como predictor de CFS, FRAIL y MUST.

Variable 1	Variable 2	R2	Coefficiente	p-valor	IC 95%
Energía	CFS	0,038	-2,061	0,153	[-4,94;0,817]
Energía	FRAIL	-0,017	-0,92	0,484	[-3,58;1,74]
Energía	MUST	0,028	1,044	0,183	[-0,525;2,615]

14. DISCUSIÓN

En el estudio se analizaron un total de 48 sujetos con fractura de cadera procedentes de la planta del Servicio de Traumatología del Hospital Universitario Miguel Servet. Finalmente, el estudio se llevó a cabo en 30 pacientes, que fueron quienes cumplieron los criterios expuestos anteriormente.

En el presente estudio se analizó la relación entre los valores de ANIm y Energía medidos a través del monitor ANI con el estado de fragilidad en pacientes ancianos con fractura de cadera.

En nuestro trabajo se incluyeron 30 pacientes con fractura de cadera donde se encontró que el 83,3% fueron mujeres y la media de edad global fue de 87,13 años (Tabla 3). Este dato es similar a lo observado en el estudio de Ángel González et al. en el que las mujeres representaron el 74,8% de las fracturas y su media de edad fue de 81,6 años. El estudio sugiere que, comparando ambos sexos, las mujeres presentaron una mayor manifestación de fragilidad ósea que los hombres³³.

Menéndez-González et al. apoyan esta idea, su estudio concluyó que las mujeres presentaron una mayor fragilidad que los hombres. Los datos mostraron que el perfil de individuo frágil se correspondió con el de una mujer en un 77%. Se encontró una asociación significativa ($p < 0,001$) entre el sexo femenino y el síndrome de fragilidad, con un Odds Ratio (OR) de 2,9 (IC 95%: 1,9-4,6)³⁴. Esta asociación es coherente con diversos estudios nacionales e internacionales. Una posible explicación podría ser la mayor esperanza de vida femenina, lo que podría llevar a una mayor probabilidad de desarrollar síndrome de fragilidad en comparación con los varones³⁴.

Esto puede ser concordante con el hecho de que, además de ser ellas quienes más se fracturan la cadera, la prevalencia de fragilidad sea mayor en este sexo y, por tanto, sea esperable encontrar una proporción superior de mujeres en este grupo.

En lo referente a la monitorización del sistema nervioso autónomo como biomarcador de fragilidad, diversos estudios^{23,35} sugieren resultados prometedores. El estudio de Samuel et al. en 2025 identificó una correlación inversa significativa entre la VFC y la fragilidad en pacientes con enfermedad cardiovascular. En particular, el balance del SNA medido mediante el índice LF/HF mostró la asociación más fuerte con la fragilidad ($p < 0.001$),

evidenciando que un menor valor de LF/HF, mayor predominio parasimpático, se relacionaba con un mayor grado de fragilidad, según la CFS³⁵.

Pese a que en nuestro estudio las cifras de ANIm no demostraron significación estadística, sí se encontró una correlación débilmente positiva entre ANIm (HFnu) y las escalas CFS (0,218) y FRAIL (0,245), es decir, una mayor predominancia parasimpática en aquellos pacientes con puntuaciones más elevadas en dichas escalas.

Una posible explicación para los valores elevados de ANIm en pacientes frágiles podría estar relacionada con un fenómeno de desregulación autonómica, traducido como un agotamiento del sistema simpático en situaciones de estrés mantenido o enfermedad avanzada²³.

Este desequilibrio genera una aparente predominancia parasimpática que no debe interpretarse como un buen estado fisiológico, sino como una pérdida de la capacidad del SNA para modular adecuadamente el estrés.

Al analizar este estudio³⁵, se observó que la medición de la VFC fue a través de Elite HRV CorSense, un dispositivo de ámbito no médico basado en fotopletimografía. Nuestro trabajo utilizó el monitor ANI, un instrumento avalado por múltiples estudios, más actualizado y desarrollado para uso clínico que se basa en la utilización de ECG de alta resolución. Es por ello, que el empleo de un dispositivo más novedoso, que permite una medición más específica del tono autonómico podría explicar la discrepancia en los hallazgos encontrados.

En cuanto a la Energía, Aragón et al. encontraron que este parámetro se correlacionaba inversamente con la puntuación en la escala de disfunción orgánica en pacientes con sepsis *Sepsis related Organ Failure Assessment* (SOFA) ($p = 0.039$). Esto significa que pacientes con menor Energía, es decir, una menor capacidad del SNA para adaptarse al estrés, presentaron mayor severidad de la enfermedad y peor pronóstico²³.

La Energía en nuestro estudio, aunque no obtuvo resultados concluyentes, también encontró cifras inversamente relacionadas con las escalas clínicas de fragilidad y malnutrición CFS (-0,249), FRAIL (-0,202) y MUST (-0,207), lo que sugiere que una menor reserva fisiológica del SNA, reflejada por una menor VFC global, para afrontar situaciones de estrés como la fractura de cadera, podría asociarse con un mayor grado de fragilidad y riesgo nutricional.

Por otra parte, la comorbilidad acompañante más habitual en nuestra muestra fue la hipertensión arterial (76,7%) frente a otras patologías halladas como la diabetes, dislipemia o enfermedad pulmonar obstructiva crónica (Tabla 4). La literatura revisada^{36,37} coincide en que la HTA es el factor de riesgo que con más frecuencia se encuentra en este tipo de fractura.

En el estudio de Samuel et al. al estratificar a los pacientes por su estado de fragilidad (frágiles vs. no frágiles), se encontró que la hipertensión estaba presente en el 62% de los no frágiles y en el 67% de los frágiles, sin embargo, la prevalencia de HTA entre los dos grupos no fue estadísticamente significativa ($p = 0,065$)³⁵. En cambio, identificó que los niveles de presión arterial sí estaban asociados con la fragilidad. Una presión arterial sistólica más alta y una presión arterial diastólica más baja fueron factores de riesgo para un mayor grado de fragilidad (mayor CFS)³⁵. Esto subraya la importancia de que, aunque la HTA es una condición médica muy prevalente en la edad avanzada, no solo se debe considerar su presencia o ausencia, sino que también se debe analizar detalladamente los niveles tensionales como marcadores clínicos relevantes en la evaluación del estado de fragilidad.

En cuanto a las complicaciones, Arantes et al. destaca la posible conexión entre la fragilidad y las enfermedades cardiovasculares, es decir, a mayor fragilidad, más riesgo de padecer estos eventos. Los cambios autonómicos del sistema cardiovascular asociados al envejecimiento, reflejados en parte por una menor VFC, podría contribuir al desarrollo de estas enfermedades³¹. De forma complementaria, Frandsen MN et al. señalan que niveles disminuidos de la VFC se asocian a complicaciones postoperatorias como hipotensión tras la analgesia y arritmias cardíacas, sugiriendo así un papel potencialmente relevante de la VFC en la predicción de desenlaces perioperatorios³⁸. No obstante, nuestra investigación no logró establecer una correlación significativa entre la medición de la VFC y las complicaciones. El tamaño muestral limitado de esta investigación podría haber afectado a la potencia estadística necesaria para detectar asociaciones relevantes.

La mortalidad en nuestro estudio no encontró significación, sin embargo, el estudio de Aragón et al. encontró que en pacientes críticos COVID-19 los valores de ANIm, concretamente valores de 80, en el grupo de los no supervivientes fueron significativamente más altos ($p = 0,003$) en comparación con los que sobrevivieron con una sensibilidad del 100% y una especificidad del 85,7%²³.

Nuestro estudio, por el contrario, no encontró significación. La diferencia de resultados podría ser debida, al menos en parte, a las características no homogéneas de la muestra. Mientras que Aragón et al. estudiaron pacientes en estado crítico ingresados en unidades de cuidados intensivos, nuestra población se compuso de pacientes clínicamente estables con fractura de cadera, hospitalizados en planta de traumatología. Estas diferencias contextuales subrayan la necesidad de realizar estudios adicionales con muestras más homogéneas o con diseños comparativos que permitan evaluar la utilidad del ANIm en diferentes escenarios clínicos.

Finalmente, la significación encontrada en los resultados al correlacionar Energía con parámetros analíticos clínicos (Tabla 9) constituye un hallazgo relevante que implica que, a mayor Energía, mayores niveles de prealbúmina, albúmina y Hemocue en acogida, lo que se traduce en un aumento en las reservas fisiológicas del organismo y un incremento en la VFC global. No obstante, no se identificaron estudios previos bajo condiciones similares que reportasen estos mismos parámetros. Esta ausencia de literatura invita a que el presente estudio podría estar abriendo una nueva línea de investigación, resaltando la necesidad de futuros trabajos que profundicen en este aspecto.

Un reto que ha supuesto el trabajo ha sido abordar una línea de investigación no explorada previamente, asumiéndose el riesgo de no encontrar resultados claramente llamativos y dificultando la comparación con otras publicaciones realizadas. A pesar de ello, el interés por conocer nuevos métodos para medir objetivamente la fragilidad nos empujó a comenzar este estudio la vista de los resultados obtenidos en otros campos usando el mismo tipo de variables de interés.

Limitaciones del estudio

Este trabajo presenta varias limitaciones que deben tenerse en cuenta al interpretar los resultados. En primer lugar, el reducido tamaño muestral ($n = 30$), lo que limita la potencia estadística y la posibilidad de extrapolar los hallazgos a otras poblaciones.

Otra limitación de interés es que el análisis se basó en una única medición preoperatoria del monitor ANI, sin realizar seguimiento en fases posteriores del procedimiento quirúrgico, lo que impide valorar si existen cambios de los parámetros en relación con la fragilidad o las complicaciones postoperatorias.

Tampoco se tuvo en cuenta el nivel de nocicepción o dolor basal de los pacientes en el momento de la monitorización. Dado que el dispositivo ANI fue diseñado para evaluar el

equilibrio autonómico en relación con estímulos nociceptivos, la presencia de dolor podría haber influido en los valores de ANIm y Energía registrados, dificultado la interpretación del tono autonómico y su relación con la fragilidad.

Asimismo, las escalas utilizadas para la valoración de la fragilidad, si bien están validadas, pueden estar sujetar a variabilidad interobservador, y no existe un “*gold standard*” para su medición. Por último, el estado basal de los pacientes y la presencia de comorbilidades podrían haber interferido en la calidad del registro.

15. CONCLUSIONES

1. En este estudio no es posible afirmar que los valores de ANIm y Energía obtenidos con el monitor ANI sean capaces de predecir fragilidad en ancianos con fractura de cadera.
2. La mayoría de los pacientes incluidos fueron mujeres de más de 80 años, con hipertensión arterial y dislipemia como comorbilidades más frecuentes.
3. Las complicaciones postoperatorias fueron frecuentes, afectando al 46,7% de los pacientes, pero no se pudo establecer relación con los valores de ANIm o Energía.
4. Aunque no se encontró relación entre ANIm o Energía y las escalas clínicas de fragilidad, Energía sí se asoció de forma positiva con algunos parámetros analíticos como la albúmina, la prealbúmina y el Hemocue, lo que podría indicar una mejor reserva fisiológica.
5. En los casos de fallecimiento, los pacientes presentaban puntuaciones de fragilidad elevadas ($CFS \geq 6$), riesgo moderado de malnutrición según MUST, ferritina por encima de 100 y complicaciones asociadas, principalmente transfusiones.
6. No se encontraron asociaciones claras entre los parámetros estudiados y otros factores clínicos como el tipo de fractura, la técnica quirúrgica, el riesgo anestésico ASA o la presencia de comorbilidades.
7. Sería necesario ampliar el número de pacientes y valorar estos parámetros también en otras fases del proceso quirúrgico para poder confirmar si realmente puede utilizarse como herramienta objetiva para identificar fragilidad.

16. BIBLIOGRAFÍA

1. Schünke M, Schulte E, Wesker K. Huesos, ligamentos y articulaciones. Prometheus Texto y atlas de anatomía Volumen 1: Anatomía general y del aparato locomotor. 2021;442–57.
2. Rivière C, Harman C, Logishetty K, Van Der Straeten C. Hip Replacement: Its Development and Future. Personalized Hip and Knee Joint Replacement. 2020 Jan 1;23–32.
3. Yang M, Zhang Y. Epidemiological features of 1,332 cases of hip fracture in Shanghai, China (2015–2020). *Arthroplasty*. 2024 Dec 1;6(1):1–6.
4. Varacallo MA, Luo TD, Johanson NA. Total Hip Arthroplasty Techniques. StatPearls. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2023 Aug 4.
5. Pioli G, Bendini C, Pignedoli P. Post-operative Management. *Practical Issues in Geriatrics*. 2020 Aug 4;155–80.
6. Driesman A, Yang CC. Clinical outcomes of DAA and related techniques in hip arthroplasty. *Arthroplasty*. 2023 Dec 1;5(1):42.
7. Malhotra R, Huq SS, Chong M, Murphy D, Daruwalla ZJ. Outcomes in Nonagenarians with Hip Fractures Treated Conservatively and Surgically. *Malays Orthop J*. 2021 Nov 1;15(3):21–8.
8. Ackermann L, Schwenk ES, Lev Y, Weitz H. Update on medical management of acute hip fracture. *Cleve Clin J Med*. 2021 Apr 1;88(4):237–47.
9. Phang JK, Lim ZY, Yee WQ, Tan CYF, Kwan YH, Low LL. Post-surgery interventions for hip fracture: a systematic review of randomized controlled trials. *BMC Musculoskelet Disord*. 2023 Dec 1;24(1).
10. Martin FC, Ranhoff AH. Frailty and Sarcopenia. *Practical Issues in Geriatrics*. 2021;53–65.
11. Lee H, Lee E, Jang IY. Frailty and Comprehensive Geriatric Assessment. *J Korean Med Sci*. 2019 Jan 20;35(3):e16.
12. Wanden-Berghe C, Única A. Comprehensive Geriatric Assessment. *Hosp Domic*. 2021;5(2):115–24.
13. Sociedad Española de Nutrición Parenteral y Enteral (SENPE). Revisión y actualización del documento de consenso SENPE-SEDOM-SEEN sobre la codificación de la desnutrición hospitalaria. SENPE. 2021.
14. Vargas J, Gálvez M de LÁ, Rojas M, Honorato M, Andrade M, Leyton P, et al. Assessment of two frailty scales for the preoperative period. *Rev Med Chil*. 2020 Mar 1;148(3):311–9.
15. Dong X, Zhang X, Hu F, Yang S, Hong Z, Geng Q. Association of frailty with adverse outcomes in surgically treated geriatric patients with hip fracture: A meta-analysis and trial sequential analysis. *PLoS One*. 2024 Jun 1;19(6):e0305706.
16. Badilla Nelson A. Disfunción neuropática del sistema nervioso autónomo. *Rev Med Sinergia*. 2022 Apr 1;7(4):e788.

17. Henke AM, Billington ZJ, Gater DR. Autonomic dysfunction and management after spinal cord injury: A narrative review. *J Pers Med*. 2022 Jul 1;12(7):1029.
18. Cecilio Bratt C, Para Correspondencia A. Sistema nervioso autónomo desde la perspectiva inmunológica y del estrés. *Rev Cienc Pakamuros*. 2020 Sep 13;8(4).
19. Rojas JT, Suárez CA. Medición objetiva del comportamiento sedentario y la actividad física, y de sus efectos en la variabilidad de la frecuencia cardíaca, en adultos jóvenes que residen en una altitud moderada. *Rev Colomb Cardiol*. 2021 Mar 1;28(2):189–96.
20. Ortiz JFT. La variabilidad de la frecuencia cardíaca y su evaluación en deportes de resistencia, una mirada bibliográfica. *Rev Digital Activ Fís Deporte*. 2021 Jan 1;7(1).
21. Yoshida K, Obara S, I Satoki. Analgesia nociception index and high frequency variability index: promising indicators of relative parasympathetic tone. *J Anesth*. 2023;37:130–7.
22. Liu H, Brogi E, Drover DR, Hum B, Christophides A, Jin Z, et al. The validity and applications of the analgesia nociception index: a narrative review. 2023;37:130-7.
23. Aragón-Benedí C, Oliver-Forniés P, Galluccio F, Altinpulluk EY, Ergonenc T, El Sayed Allam A, et al. Is the heart rate variability monitoring using the analgesia nociception index a predictor of illness severity and mortality in critically ill patients with COVID-19? A pilot study. *PLoS One*. 2021 Mar 24;16(3):e0249128–e0249128.
24. Pain H, Review S, Kyoung Kim M, Joo Choi G, Seo Oh K, Phil Lee S, et al. Assessment using the Analgesia Nociception Index (ANI) in patients undergoing general anesthesia: a systematic review and meta-analysis. *J Pers Med*. 2023;13:1461.
25. Ministerio de Sanidad; Instituto Aragonés de Ciencias de la Salud (IACS); Grupo Español de Rehabilitación Multimodal (GERM). *Vía clínica de recuperación intensificada en cirugía del adulto (RICA)*. Madrid: Ministerior de Sanidad; 2021.
26. Balagué C, Arroyo A. La prehabilitación, un paso más en la optimización del paciente quirúrgico. *Cir Esp*. 2020 Apr 1;98(4):175–7.
27. Di Martino A, Brunello M, Pederiva D, Schilardi F, Rossomando V, Cataldi P, et al. Fast track protocols and early rehabilitation after surgery in total hip arthroplasty: a narrative review. *Clin Pract*. 2023 Jun 1;13(3):569–82.
28. McIsaac DI, Gill M, Boland L, Hutton B, Branje K, Shaw J, et al. Prehabilitation in adult patients undergoing surgery: an umbrella review of systematic reviews. *Br J Anaesth*. 2022 Feb 1;128(2):244–57.
29. López Rodríguez-Arias F, Sánchez-Guillén L, Armañanzas Ruiz LI, Díaz Lara C, Lacueva Gómez FJ, Balagué Pons C, et al. Revisión narrativa de la prehabilitación en cirugía: situación actual y perspectivas futuras. *Cir Esp*. 2020 Apr;98(4):178-86.
30. López P, Moreira E, Olano E, Silva L, López P, Moreira E, et al. La recuperación empieza antes de la Cirugía. *Revista Médica del Uruguay*. 2023 May 25;39(2).
31. Arantes FS, Rosa Oliveira V, Leão AKM, Afonso JPR, Fonseca AL, Fonseca DRP, et al. Heart rate variability: A biomarker of frailty in older adults? *Front Med (Lausanne)*. 2022 Oct 14;9.
32. World Medical Association. Declaración de Helsinki de la AMM – Principios éticos para las investigaciones médicas con participantes humanos. 2024 Oct.

33. González MÁ, Hernández R, Malagón JM, García A, Manrique J. Perfil epidemiológico de los pacientes adultos mayores de 65 años con fractura de cadera. Estudio de cohorte transversal. *Rev Colomb Ortop Traumatol*. 2021 Jul;35(3):273–9.
34. Menéndez-González L, Izaguirre-Riesgo A, Tranche-Iparraguirre S, Montero-Rodríguez Á, María Y, Orts-Cortés I. Prevalencia y factores asociados de fragilidad en adultos mayores de 70 años en la comunidad. *Aten Primaria*. 2021;53:102128.
35. Samuel M, Arif SG, Afilalo J. Heart rate variability as a digital biomarker for frailty in cardiovascular patients. *J Frailty Aging*. 2025 Feb 1;14(1):100007.
36. Factores predisponentes asociados a la fractura de cadera en la región noroeste de la provincia de Villa Clara. *Rev Cubana Ortop Traumatol*. 2018.
37. González MA, Hernández R, Malagón Jm, García A, Manrique J. Perfil epidemiológico de los pacientes adultos mayores de 65 años con fractura de cadera. Estudio de cohorte trasnversal. *Rev Colomb Ortop Traumatol*. 2021 Jul;35(3):273-9.
38. Frandsen MN, Mehlsen J, Foss NB, Kehlet H. Preoperative heart rate variability as a predictor of perioperative outcomes: a systematic review without meta-analysis. *J Clin Monit Comput* [Internet]. 2022 Aug 1 [cited 2025 Apr 29];36(4):947–60. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35092527/>
39. Ferrari L, Leahy I, Staffa SJ, Berry JG. The Pediatric-Specific American Society of Anesthesiologists Physical Status Score: A multicenter study. *Anesth Analg*. 2021 Mar 1;132(3):807–17.
40. Tello-Rodríguez T, Varela-Pinedo L. Fragilidad en el adulto mayor: detección, intervención en la comunidad y toma de decisiones en el manejo de enfermedades crónicas. *Rev Peru Med Exp Salud Publica*. 2016 Apr 1;33(2):328–34.
41. Arias-Rivera S, Sánchez-Sánchez MM, Romero de-San-Pío E, Gabriel Santana-Padilla Y, Juncos-Gozalo M, Via-Clavero G, et al. Validez predictiva de la escala de fragilidad Clinical Frailty Scale-España sobre el incremento de la dependencia tras el alta hospitalaria. *Enferm Intensiva*. 2024 Apr 1;35(2):79–88.
42. British Association for Parenteral and Enteral Nutrition (BAPEN). The ‘MUST’ Explanatory Booklet. A guide to the Malnutrition Universal Screening Tool (‘MUST’) for adults. Redditch: BAPEN; 2021.
43. Société des Produits Nestlé S.A. Mini Nutritional Assessment (MNA®) – Spanish version. Vevey (Switzerland): Nestlé; 2009.
44. Cid-Ruzafa J, Damián-Moreno J. Valoración de la discapacidad física: el índice de Barthel. *Rev Esp Salud Pública*. 1997;71:177–137.

17. ANEXO

ANEXO I: APROBACIÓN CEICA



Comité de Ética de la Investigación de la CA de Aragón
Informe sobre Trabajos académicos

Dña. María González Hinjos, Secretaria del CEI Aragón (CEICA)

CERTIFICA

1º. Que el CEIC Aragón (CEICA) ha recibido la declaración relativa al trabajo académico:

Título: Utilización de monitorización del sistema nervioso autónomo como predictor de fragilidad en cirugía de fractura de cadera.

Estudiante: Andrea Martínez Millán

Tutores: José María Remartínez Fernández, Cristian Aragón Benedí

2º. Que, según consta en la declaración del tutor, dicho trabajo se enmarca íntegramente dentro de los objetivos del proyecto de investigación:

Título: MONITORIZACIÓN DE LA CAPACIDAD FUNCIONAL MEDIANTE LA VARIABILIDAD DE LA FRECUENCIA CARDIACA DENTRO DEL PROGRAMA DE REHABILITACIÓN MULTIMODAL EN CIRUGÍA DEL ADULTO

Que ha sido previamente evaluado por el CEICA (PI23/353)

3º. Considera que

- El Tutor/Director garantiza el cumplimiento de los principios éticos y legales aplicables, la confidencialidad de la información, la obtención del permiso para el acceso a los datos (si procede), el adecuado tratamiento de los datos en cumplimiento de la legislación vigente y la correcta utilización de los recursos materiales necesarios para su realización.

4º. Por lo que este CEI considera adecuada la realización del trabajo académico en estas condiciones.

Lo que firmo en Zaragoza
Firmado digitalmente
por GONZALEZ
HINJOS MARIA - DNI
03857456B
Fecha: 2025.02.20
11:58:31 +01'00'
María González Hinjos
Secretaria del CEIC Aragón (CEICA)

ANEXO II: CONSENTIMIENTO INFORMADO

DOCUMENTO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

Título del PROYECTO: "Variabilidad de la frecuencia cardiaca como predictor de morbi-mortalidad precoz en artroplastia urgente de cadera".

D/Dña (nombre y apellidos del participante), declaro que

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

He podido hacer preguntas sobre el estudio y he recibido suficiente información sobre el mismo.

He hablado con: (nombre del investigador)

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 consentimiento para participar en este estudio y doy mi consentimiento para el acceso y utilización de mis datos conforme se estipula en la hoja de información que se me ha entregado.

Deseo ser informado sobre los resultados del estudio: sí no (marque lo que proceda)

Acepto que los datos seudonimizados derivados de este estudio se utilicen en un futuro en proyectos de la línea de investigación "Monitorización de la capacidad funcional mediante la variabilidad de la frecuencia cardiaca dentro del programa de rehabilitación multimodal en cirugía del adulto" PI23-353, cuyo responsable es Cristian Aragón Benedí siempre que hayan obtenido el dictamen favorable de un Comité de Ética de la Investigación y hayan solicitado los permisos oportunos: SI NO (marque lo que proceda).

Doy mi conformidad para que los datos de mi historia clínica sean revisados para los fines del estudio, tal como se me ha informado en este documento.

He recibido una copia firmada de este Consentimiento Informado.

Firma del participante:

Fecha:

He explicado la naturaleza y el propósito del estudio al paciente mencionado

Firma del investigador:

Fecha:

ANEXO III (1/2): ENCUESTA

ENCUESTA RECOGIDA DATOS ANI 2025

1. Datos generales

- N° registro: ____
- Investigador: _____
- Fecha de firma de consentimiento informado: _____
- Fecha de intervención quirúrgica: _____
- Fecha y hora de ingreso: _____
- Día de la semana de ingreso: _____
- Fecha y hora de alta: _____
- Días de ingreso: _____
- Días estancia postoperatoria: _____
- Tipo de intervención quirúrgica: _____
- Tipo de fractura: ____
 - i. Subcapital
 - ii. Pertroncantérea
 - iii. Subtrocantérea

2. Datos demográficos

- Edad: ____ años
- Sexo: Masculino Femenino
- Peso (kg): ____
- Altura (cm): ____
- IMC (calculado): ____

3. Comorbilidad

- Riesgo ASA (I-IV): I II III IV V
- Comorbilidades: HTA DM DLP EPOC ICC IRC ACV
Cáncer activo Otras: _____
- Tratamiento previo con antiagregante: Sí No
- Tratamiento previo con anticoagulante: Sí No
- Utilización ácido tranexámico en urgencias: Sí No
- Utilización de bloqueo analgésico: Sí No
- Hábitos tóxicos: Tabaquismo Alcoholismo Drogas
 Ninguno
- Bioquímica / Hemograma / Coagulación previa:

ANEXO III (2/2): ENCUESTA

- Hemoglobina al ingreso: ___ g/dL
- Prealbúmina al ingreso: ___ g/dL
- Albúmina al ingreso: ___ g/dL
- Ferritina: ___ µg/L
- Saturación de transferrina: ___ %
- Hemocue en acogida: ___ g/dL
- Hemocue en URPA: ___ g/dL
- Hemoglobina al alta: ___ g/dL

4. Capacidad funcional, nutrición y fragilidad

- Escala Clínica de Fragilidad (1-9): ___
- Escala FRAIL (0-5): ___
- Escala MUST (0-6): ___
- Escala MNA (0-30): ___
- Escala Barthel (0-100): ___

5. Monitorización variabilidad frecuencia cardiaca ponderado

- ANI m:
 - Valor en consulta: ___
- Energía total (HRV):
 - Valor en consulta: ___

6. Complicaciones

- Complicaciones 30 días postoperatorios: Sí No
- Si la respuesta es afirmativa, indique la(s) causa(s):
 - Infección: Sí (¿Motivo?) No
 - Transfusión: Sí ¿cuántas unidades? No
 - Reintervención: Sí No
 - Éxito: Sí (¿Cuándo? Prequirúrgico Intraoperatorio Intrahospitalario Extrahospitalario) No

Notas adicionales: _____

ANEXO IV: ASA

Tabla 15. Clasificación ASA de riesgo anestésico ³⁹ .

CLASIFICACIÓN ASA	DEFINICIÓN
ASA I	Paciente sano.
ASA II	Paciente con enfermedad sistémica leve.
ASA III	Paciente con enfermedad sistémica grave.
ASA IV	Paciente con enfermedad sistémica grave que es una amenaza constante para la vida.
ASA V	Paciente moribundo que no se espera que sobreviva a la intervención.
ASA VI	Paciente en muerte cerebral cuyos órganos están siendo extraídos para la donación.










ANEXO V: ESCALA FRAIL

Tabla 16. Cuestionario FRAIL para detección de fragilidad en el adulto mayor⁴⁰.

Cuestionario FRAIL para detección de fragilidad en el adulto mayor
Respuesta afirmativa: 1 a 2 = prefrágil; 3 o más = frágil
¿Está usted cansado?
¿Es incapaz de subir un piso de escaleras?
¿Es incapaz de caminar una manzana?
¿Tiene más de cinco enfermedades?
¿Ha perdido más del 5% de su peso en los últimos 6 meses?

ANEXO VI: ESCALA CLÍNICA DE FRAGILIDAD

Figura 4. Escala Clínica de Fragilidad⁴¹.

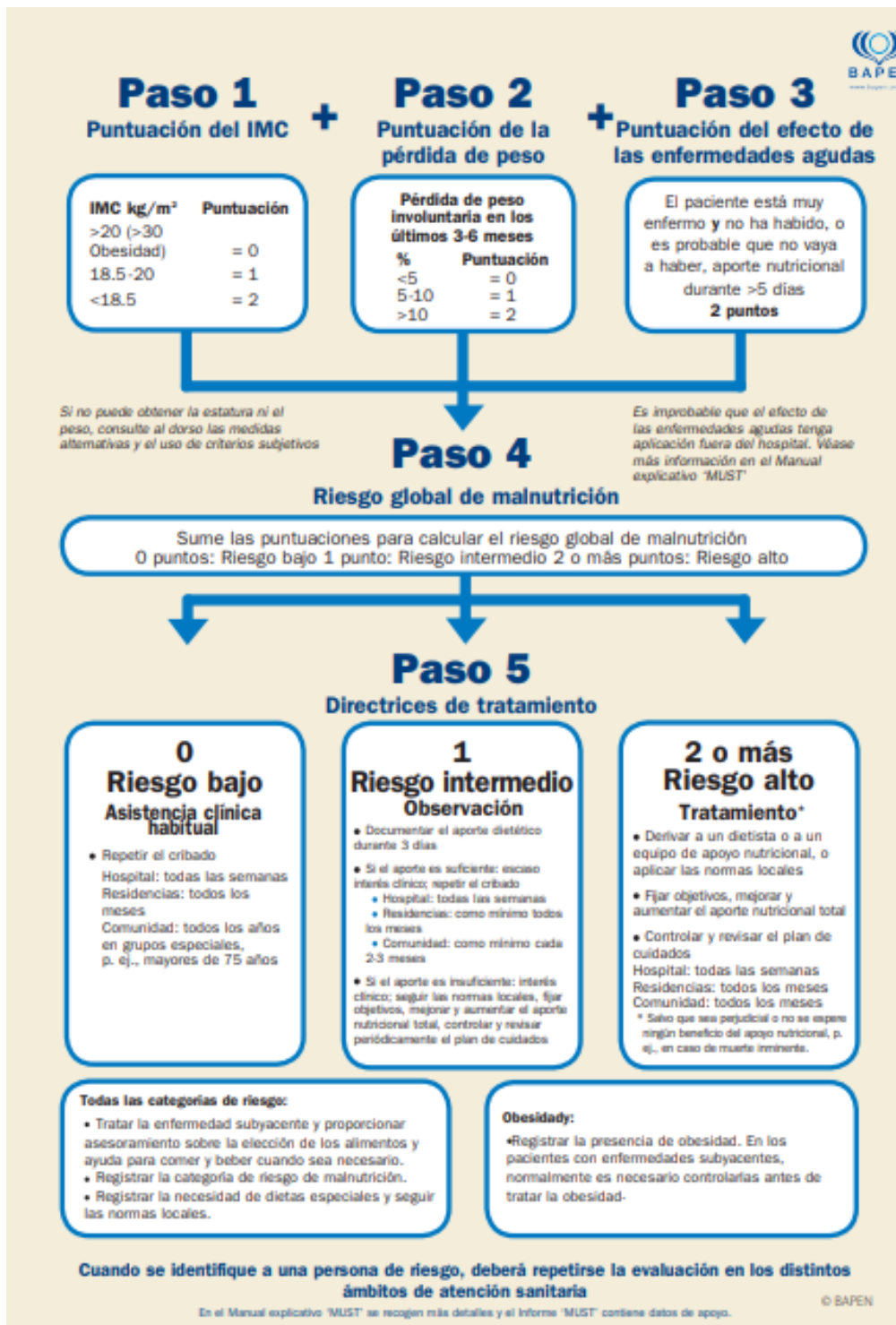
CLINICAL FRAILTY SCALE-ESPAÑA		
	1 Muy en forma	Personas que están fuertes, activas, enérgicas y motivadas. Son personas que suelen practicar ejercicio con regularidad. Son los que más en forma están para su edad.
	2 En forma	Personas que no tienen síntomas de enfermedad activa, pero están menos en forma que las de la categoría 1. Suelen practicar ejercicio o son muy activas de forma esporádica. Por ejemplo, según la estación del año.
	3 En buen estado	Personas cuyos problemas médicos están bien controlados, pero que no practican actividad física de forma regular más allá de los paseos habituales.
	4 Vulnerable	Personas no dependientes para actividades de la vida diaria, pero a menudo los síntomas limitan algunas actividades. Suelen quejarse de "ser lento" y/o estar cansado durante el día.
	5 Fragilidad leve	Personas que a menudo tienen un enlentecimiento más evidente y necesitan ayuda en actividades instrumentales de la vida diaria (economía, transporte, labores domésticas que requieren esfuerzo, medicación). Por lo general, la fragilidad leve incapacita progresivamente para salir solos de compras o a pasear, hacer la comida y las tareas domésticas.
	6 Fragilidad moderada	Personas que necesitan ayuda en todas las actividades realizadas fuera de casa y las tareas domésticas. En casa, a menudo tienen dificultad con las escaleras, necesitan ayuda para bañarse y podrían necesitar asistencia mínima (estimulación, acompañamiento) para vestirse.
	7 Fragilidad grave	Personas completamente dependientes para el cuidado personal, por cualquier causa (física o cognitiva). Aun así, parecen estables y sin gran riesgo de fallecer en los siguientes 6 meses.
	8 Fragilidad muy grave	Personas totalmente dependientes y acercándose al final de la vida. En general, no podrían recuperarse ni de una enfermedad leve.
	9 Enfermo terminal	Llegando al final de la vida. Esta categoría es para personas con esperanza de vida menor de 6 meses, tengan o no tengan signos evidentes de fragilidad.

Puntuación de fragilidad en personas con demencia.
 Todo paciente con demencia se considera un paciente frágil y el grado de fragilidad se corresponde con el grado de demencia.

- Demencia leve (5. fragilidad leve): síntomas comunes en demencia leve incluyen olvidar detalles de acontecimientos recientes, aunque recuerden el acontecimiento en sí, repetir la misma pregunta/historia y aislamiento social.
- Demencia moderada (6. fragilidad moderada): la memoria reciente está muy deteriorada, aunque parece que recuerdan bien los acontecimientos del pasado. Con indicaciones, pueden realizar solos sus cuidados personales.
- Demencia grave (7. fragilidad grave): los cuidados personales no son posibles sin ayuda.

ANEXO VII: ESCALA MUST

Figura 5. Instrumento universal para el cribado de malnutrición⁴².




ANEXO VIII: ESCALA MNA

Figura 6. Mini Nutritional Assessment⁴³.

Mini Nutritional Assessment

MNA[®]



Apellidos:		Nombre:		
Sexo:	Edad:	Peso, kg:	Altura, cm:	Fecha:

Responda a la primera parte del cuestionario indicando la puntuación adecuada para cada pregunta. Sume los puntos correspondientes al cribaje y si la suma es igual o inferior a 11, complete el cuestionario para obtener una apreciación precisa del estado nutricional.

Cribaje	J
A Ha perdido el apetito? Ha comido menos por faltado apetito, problemas digestivos, dificultades de masticación o deglución en los últimos 3 meses? 0 = ha comido mucho menos 1 = ha comido menos 2 = ha comido igual <input type="checkbox"/>	Cuántas comidas completas toma al día? 0 = 1 comida 1 = 2 comidas 2 = 3 comidas <input type="checkbox"/>
B Pérdida reciente de peso (<3 meses) 0 = pérdida de peso > 3 kg 1 = no lo sabe 2 = pérdida de peso entre 1 y 3 kg 3 = no ha habido pérdida de peso <input type="checkbox"/>	K Consume el paciente <ul style="list-style-type: none"> • productos lácteos al menos una vez al día? <input type="checkbox"/> sí <input type="checkbox"/> no • huevos o legumbres 1 o 2 veces a la semana? <input type="checkbox"/> sí <input type="checkbox"/> no • carne, pescado o aves, diariamente? <input type="checkbox"/> sí <input type="checkbox"/> no 0.0 = 0 o 1 síes 0.5 = 2 síes 1.0 = 3 síes <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
C Movilidad 0 = de la cama al sillón 1 = autonomía en el interior 2 = sale del domicilio <input type="checkbox"/>	L Consume frutas o verduras al menos 2 veces al día? 0 = no 1 = sí <input type="checkbox"/>
D Ha tenido una enfermedad aguda o situación de estrés psicológico en los últimos 3 meses? 0 = sí 2 = no <input type="checkbox"/>	M Cuántos vasos de agua u otros líquidos toma al día? (agua, zumo, café, té, leche, vino, cerveza...) 0.0 = menos de 3 vasos 0.5 = de 3 a 5 vasos 1.0 = más de 5 vasos <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
E Problemas neuropsicológicos 0 = demencia o depresión grave 1 = demencia leve 2 = sin problemas psicológicos <input type="checkbox"/>	N Forma de alimentarse 0 = necesita ayuda 1 = se alimenta solo con dificultad 2 = se alimenta solo sin dificultad <input type="checkbox"/>
F Índice de masa corporal (IMC) = peso en kg / (talla en m)² 0 = IMC <19 1 = 19 ≤ IMC < 21 2 = 21 ≤ IMC < 23, 3 = IMC ≥ 23, <input type="checkbox"/>	O Se considera el paciente que está bien nutrido? 0 = malnutrición grave 1 = no lo sabe o malnutrición moderada 2 = sin problemas de nutrición <input type="checkbox"/>
Evaluación del cribaje (subtotal máx. 14 puntos) <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	P En comparación con las personas de su edad, cómo encuentra el paciente su estado de salud? 0.0 = peor 0.5 = no lo sabe 1.0 = igual 2.0 = mejor <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
12-14 puntos: estado nutricional normal 8-11 puntos: riesgo de malnutrición 0-7 puntos: malnutrición Para una evaluación más detallada, continúe con las preguntas G-R	Q Circunferencia braquial (CB en cm) 0.0 = CB < 21 0.5 = 21 ≤ CB ≤ 22 1.0 = CB > 22 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
<b style="background-color: #003366; color: white;">Evaluación	R Circunferencia de la pantorrilla (CP en cm) 0 = CP < 31 1 = CP ≥ 31 <input type="checkbox"/>
G El paciente vive independiente en su domicilio? 1 = sí 0 = no <input type="checkbox"/>	Evaluación (máx. 16 puntos) <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
H Toma más de 3 medicamentos al día? 0 = sí 1 = no <input type="checkbox"/>	Cribaje <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
I Úlceras o lesiones cutáneas? 0 = sí 1 = no <input type="checkbox"/>	Evaluación global (máx. 30 puntos) <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	Evaluación del estado nutricional
	De 24 a 30 puntos <input type="checkbox"/> estado nutricional normal De 17 a 23.5 puntos <input type="checkbox"/> riesgo de malnutrición Menos de 17 puntos <input type="checkbox"/> malnutrición

Ref: Velaz E, Vilari H, Abellan G, et al. Overview of the MNA® - its History and Challenges. J Nutr Health Aging 2006 ; 10 : 456-465.
 Rubenstein LZ, Harker JO, Salva A, Guigoz Y, Velaz E. Screening for Undernutrition in Geriatric Practice - Developing the Short-Form Mini Nutritional Assessment (MNA-SF). J Geront 2001 ; 56A : M366-377.
 Guigoz Y. The Mini-Nutritional Assessment (MNA®) Review of the Literature - What does it tell us? J Nutr Health Aging 2006 ; 10 : 466-487.
 © Société des Produits Nestlé SA, Trademark Owners.
 © Société des Produits Nestlé SA, 1994, Revision 2009.
 Para más información: www.mna-society.com

ANEXO IX: ÍNDICE DE BARTHEL

Figura 7. Índice de Barthel⁴⁴.

Comer
0 = incapaz
5 = necesita ayuda para cortar, extender mantequilla, usar condimentos, etc.
10 = independiente (la comida está al alcance de la mano)
Trasladarse entre la silla y la cama
0 = incapaz, no se mantiene sentado
5 = necesita ayuda importante (una persona entrenada o dos personas), puede estar sentado
10 = necesita algo de ayuda (una pequeña ayuda física o ayuda verbal)
15 = independiente
Aseo personal
0 = necesita ayuda con el aseo personal
5 = independiente para lavarse la cara, las manos y los dientes, peinarse y afeitarse
Uso del retrete
0 = dependiente
5 = necesita alguna ayuda, pero puede hacer algo sólo
10 = independiente (entrar y salir, limpiarse y vestirse)
Bañarse/Ducharse
0 = dependiente
5 = independiente para bañarse o ducharse
Desplazarse
0 = inmóvil
5 = independiente en silla de ruedas en 50 m
10 = anda con pequeña ayuda de una persona (física o verbal)
15 = independiente al menos 50 m, con cualquier tipo de muleta, excepto andador
Subir y bajar escaleras
0 = incapaz
5 = necesita ayuda física o verbal, puede llevar cualquier tipo de muleta
10 = independiente para subir y bajar
Vestirse y desvestirse
0 = dependiente
5 = necesita ayuda, pero puede hacer la mitad aproximadamente, sin ayuda
10 = independiente, incluyendo botones, cremalleras, cordones, etc
Control de heces:
0 = incontinente (o necesita que le suministren enema)
5 = accidente excepcional (uno/semana)
10 = continente
Control de orina
0 = incontinente, o sondado incapaz de cambiarse la bolsa
5 = accidente excepcional (máximo uno/24 horas)
10 = continente, durante al menos 7 días
Total = 0-100 puntos (0-90 si usan silla de ruedas)