



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Máster

CORRELACIÓN ENTRE LA OSCILOMETRÍA DE IMPULSOS (IOS) Y LA ESPIROMETRÍA FORZADA EN EL PACIENTE FUMADOR

COMPARISON BETWEEN IMPULSE OSCILLOMETRY (IOS) AND FORCED SPIROMETRY IN THE SMOKING PATIENT

Autor

Carlos Murillo Arribas

Directores

Dra. Laura Anoro Abenoza

Dr. Alfonso Pérez Trullén

INFORME FAVORABLE DEL CEICA



**Informe Dictamen Favorable
Trabajos académicos**

C.P. - C.I. PI23/267

31 de mayo de 2023

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

CERTIFICA

1º. Que el CEIC Aragón (CEICA) en su reunión del día 31/05/2023, Acta Nº 11/2023 ha evaluado la propuesta de Trabajo:

Título: COMPARATIVA ENTRE LA OSCILOMETRÍA DE IMPULSOS Y LA ESPIROMETRÍA FORZADA PARA EN LA DETECCIÓN DE OBSTRUCCIÓN BRONQUIAL EN EL PACIENTE FUMADOR

Alumno: Carlos Murillo Arribas

Tutora: Laura Anoro Abenoza

Versión protocolo: 2/3/2023

Versión documento de información y consentimiento: VERSIÓN 2. 12/04/2023

2º. Considera que

- El proyecto se plantea siguiendo los requisitos de la Ley 14/2007, de 3 de julio, de Investigación Biomédica y los principios éticos aplicables.
- El Tutor/Director garantiza la confidencialidad de la información, la obtención de los consentimientos informados, el adecuado tratamiento de los datos en cumplimiento de la legislación vigente y la correcta utilización de los recursos materiales necesarios para su realización.

3º. Por lo que este CEIC emite **DICTAMEN FAVORABLE a la realización del trabajo.**

Lo que firmo en Zaragoza

GONZALEZ
HINJOS MARIA
DNI 03857456B
Firmado digitalmente por
GONZALEZ HINJOS MARIA
- DNI 03857456B
Fecha: 2023.06.02
12:45:24 +02'00'
María González Hinjos
Secretaria del CEIC Aragón (CEICA)

ÍNDICE

1. RESUMEN	4
2. ABSTRACT	5
3. INTRODUCCIÓN	6
4. OBJETIVOS	16
5. MATERIAL Y MÉTODOS	17
5.1 DISEÑO DEL ESTUDIO	17
5.2 CRITERIOS DE INCLUSIÓN	23
5.3 CRITERIOS DE EXCLUSIÓN.....	23
5.4 VARIABLES ANALIZADAS	23
5.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	25
5.6 ASPECTOS ÉTICOS.....	25
6. RESULTADOS.....	27
6.1 RESULTADO ESTUDIO DESCRIPTIVO DE LA MUESTRA	27
6.2 RESULTADO DE LA SENSIBILIDAD, ESPECIFICIDAD, VALOR PREDICTIVO POSITIVO Y VALOR PREDICTIVO NEGATIVO	31
6.3 RESULTADO ANÁLISIS CORRELACIÓN IOS - ESPIROMETRÍA.....	32
7. DISCUSIÓN.....	34
8. CONCLUSIONES	38
9. BIBLIOGRAFÍA	39
10. ANEXO	43

1. RESUMEN

TÍTULO: Correlación entre la oscilometría de impulso (IOS) y la espirometría forzada en el paciente fumador.

RESUMEN:

Objetivo: Evaluar la sensibilidad de la oscilometría de impulso (IOS) en la detección de obstrucción pulmonar y afectación de vía aérea siendo referencia la espirometría según normas de SEPAR y ERS. Además, se pretende correlacionar los parámetros de la IOS con la espirometría.

Material y métodos: Se realiza un estudio descriptivo de la muestra, así como se estima la sensibilidad, especificidad y valores predictivos de la oscilometría para la detección de obstrucción pulmonar y afectación de la pequeña vía aérea. Para el estudio de correlación se empleó el test paramétrico p de Pearson considerando $p < 0.05$ como significativo.

Resultados: En la evaluación de la oscilometría frente a la espirometría como estándar para detectar obstrucción, se obtuvo una sensibilidad del 48%, especificidad del 67%, valor predictivo positivo (VPP) del 53%, y valor predictivo negativo (VPN) del 62% según criterios SEPAR. Bajo criterios de la ERS, se observaron valores similares. Sin embargo, al considerar la afectación de la vía aérea distal, la sensibilidad y VPN aumentaron al 81%, con una especificidad del 63% y VPP del 63%.

El análisis de correlación entre oscilometría y espirometría en 48 pacientes reveló asociaciones significativas. Los coeficientes de correlación de Spearman indicaron correlación entre parámetros de la oscilometría como R5, R20, R5-R20, X5, Fres, y AX, con parámetros espirométricos utilizados para valorar la obstrucción pulmonar: FEV1 (%), FEV1/FVC y MMEF 25-75 (%).

Conclusiones: La oscilometría de impulsos muestra baja utilidad como prueba de cribado para la detección de obstrucción pulmonar, pero destaca por su alto valor predictivo negativo en la afectación de pequeña vía aérea. El R5-R20 se correlaciona bien con los parámetros que definen la obstrucción en la espirometría. Son necesarios más estudios para validar su eficacia y establecer valores de referencia.

Palabras clave: Oscilometría de impulsos. Tabaquismo. Pruebas de función pulmonar. Vía aérea pequeña.

2. ABSTRACT

TITLE: Correlation between impulse oscillometry (IOS) and forced spirometry in the smoking patient.

ABSTRACT:

Objective: To evaluate the sensitivity of impulse oscillometry (IOS) in the detection of pulmonary obstruction and airway involvement with reference to spirometry according to SEPAR and ERS standards. In addition, the aim is to correlate IOS parameters with spirometry.

Methods: A descriptive study of the sample was carried out, and the sensitivity, specificity and predictive values of oscillometry for the detection of pulmonary obstruction and small airway involvement were estimated. For the correlation study, the parametric Pearson's p test was used, considering $p < 0.05$ as significant.

Results : In the evaluation of oscillometry versus spirometry as a standard for detecting obstruction, a sensitivity of 48%, specificity of 67%, positive predictive value (PPV) of 53%, and negative predictive value (NPV) of 62% were obtained according to SEPAR criteria. Under ERS criteria, similar values were observed. However, when considering distal airway involvement, sensitivity and NPV increased to 81%, with a specificity of 63% and PPV of 63%.

Correlation analysis between oscillometry and spirometry in 48 patients revealed significant associations. Spearman correlation coefficients indicated correlation between oscillometry parameters such as R5, R20, R5-R20, X5, Fres, and AX, with spirometric parameters used to assess lung obstruction: FEV1 (%), FEV1/FVC and MMEF 25-75 (%).

Conclusions: Impulse oscillometry shows low utility as a screening test for the detection of pulmonary obstruction, but stands out for its high negative predictive value in small airway involvement. R5-R20 correlates well with the parameters defining obstruction in spirometry. Further studies are needed to validate its efficacy and establish reference values.

Keywords: Impulse oscillometry. Smoking. Pulmonary function tests. Small airway

3. INTRODUCCIÓN

El consumo de tabaco y derivados es considerado la primera causa de muerte evitable en los países desarrollados y una de las causas principales en los países en vías de desarrollo. En 2019 se estimó que había 1140 millones de fumadores en el mundo, lo que corresponde a un 22.3% de la población mundial. A nivel mundial existe una clara diferencia en su consumo por géneros: un 36.7% de los varones de la población mundial son fumadores activos mientras que se estima que entre mujeres la proporción de fumadoras es de 7.8%. No obstante, la incidencia de mujeres fumadoras está en aumento. Generalmente, el 90% de las personas que consumen tabaco y derivados comienza entre los 15 y 25 años. Se estima que cada día entre 80000-100000 jóvenes inician su consumo, siendo imprescindible la prevención precoz a través de la educación en hábitos saludables^{1,2}.

En la Unión Europea estos datos son similares, en 2018 se determinó la existencia de 112 millones de fumadores de forma diaria correspondiendo a un 25.9% de la población europea adulta (mayor de 15 años). La distribución por género es de 31% entre los varones y entre las mujeres es un 21.2%. En este apartado cabe destacar las nuevas formas de consumo de tabaco, cada vez más populares entre los jóvenes, constatando que alrededor de un 2.5% de la población europea consume tabaco o sus derivados mediante cigarrillos eléctricos³.

En la Encuesta Nacional de Salud en España (ENSE) del año 2020 se constató que hay 8.6 millones de fumadores de tabaco convencional en todo el territorio nacional, lo que corresponde a un 24% de la población adulta, siendo el 25.6% de los hombres y el 18.8% de las mujeres. Un 10.5% de la población reconocía haber consumido tabaco o derivados a través de dispositivos electrónicos, siendo este porcentaje más elevado entre jóvenes estudiantes de Enseñanza Secundaria (ESO), un 44.3% de ellos reconocía haber fumado al menos una vez en e-cigarrillo en el último mes^{4,5}. Dentro de este último grupo, la Encuesta Estatal sobre uso de drogas en Estudiantes de Enseñanza Secundaria (ESTUDES) del año 2021 puso en relieve que un 38.2% de los adolescentes habían consumido tabaco al menos una vez en su vida, un 30.7% mínimo una vez en el último año y un 23.9% en el último mes⁵.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) y el Instituto Nacional de Cáncer (NIH-NCI) han calculado que la exposición y el consumo de tabaco está directamente relacionado con la muerte de aproximadamente 7 millones de fumadores activos al año (5 millones de hombres y 2 millones de mujeres) y de 900000 fumadores pasivos. Estas organizaciones han estimado que para el año 2030 el tabaco podría ser la causa esencial de deceso de 8 millones de fumadores activos al año, además de generar una gran morbilidad, discapacidad y costes económicos^{1,6}.

Además, los productos de la industria tabaquera y sus derivados tienen un impacto medio ambiental importante: los gases con efecto invernadero que emite equivalen a 84 millones de toneladas anuales de dióxido de carbono, siendo uno de los factores contribuyentes al cambio climático⁷.

El tabaquismo es considerado enfermedad y se produce por un proceso multifactorial en el que están implicados factores socioeconómicos y genéticos. Al igual que ocurre con otras sustancias psicoactivas, el consumo de tabaco aumenta la probabilidad de desarrollar dependencia. La dependencia de drogas se caracteriza por una disminución en el control sobre el consumo de la sustancia debido a sus efectos biológicos. El cerebro, especialmente el mesencéfalo, está involucrado en la motivación y el aprendizaje de estímulos ambientales y comportamientos placenteros que son esenciales para la supervivencia. La nicotina, además de ser adictiva, impulsa el consumo continuado y la exposición a sustancias más perjudiciales. Algunos fumadores son más susceptibles de desarrollar enfermedades como la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) y el cáncer pulmonar, mientras que los consumidores de cigarrillos electrónicos pueden experimentar lesiones pulmonares relacionadas con la inhalación de aerosoles⁸.

El tabaco y el humo de su combustión contiene unas 9582 sustancias, 600 añadidas de forma consciente para la industria tabacalera, y se han identificado 83 como inductores cancerígenos. Estos se dividen en 10 grupos, destacando hidrocarburos, aminas, N-Nitrosaminas, éteres, aldehídos, compuestos halogenados, nitrocompuestos, compuestos fenólicos, misceláneos e inorgánicos. La clasificación de estos componentes carcinógenos se ha vuelto esencial para comprender los riesgos asociados al consumo de tabaco. La exposición al humo de tabaco y sus derivados, como

cigarrillos, pipas y dispositivos electrónicos que contienen nicotina, así como los dispositivos de calentamiento sin combustión del tabaco, como el IQOS, conlleva consecuencias orgánicas que pueden causar daño tanto en personas susceptibles como en las no susceptibles, afectando no solo los pulmones, sino también otros órganos del cuerpo⁹.

El tabaco está relacionado directamente con seis de las ocho causas principales de muerte y suma el 12% de todas las muertes globales¹.

De entre las patologías relacionadas con el tabaco, la patología del aparato respiratorio es la más frecuente. El cáncer del pulmón fue la causa principal que alarmó a la comunidad científica del peligro del consumo de tabaco siendo los estudios de Brandford Hill en la década de los 50 los primeros en demostrar la relación directa entre tabaco y el desarrollo de cáncer de pulmón¹⁰. El cáncer es una enfermedad compleja con múltiples factores contribuyentes, en su etiopatogenia solo el 7-10% se atribuye a factores genéticos, mientras que el 90-93% se asocia a factores socioambientales. Desde los años 50, se ha establecido que el consumo de tabaco es responsable del 30% de las muertes por cáncer y del 80% de los cánceres pulmonares, con un riesgo 22 veces mayor en fumadores que en no fumadores. En 2020, el Global Cancer Observatory concluyó que el incremento de riesgo para el cáncer de pulmón debido al tabaco oscila entre el 20-30%. La relación entre el tabaco y la activación de oncogenes, así como la inactivación de genes supresores de tumores, se asocia a procesos de mutación permanente y formación de células aberrantes. Factores como la capacidad individual para la activación y detoxificación, junto con mecanismos de reparación del ADN, influyen en el riesgo de desarrollar cáncer de pulmón. Por esta misma razón el tabaco se relaciona también con otras neoplasias ya que contiene carcinógenos que pueden provocar mutaciones celulares a cualquier otro nivel del organismo¹¹.

Además, es la causa principal del desarrollo de enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC). Esta afección se caracteriza por la limitación del flujo de aire, que no es completamente reversible, y tiene consecuencias sistémicas, manifestando una amplia heterogeneidad en términos de progresión, síntomas y gravedad. La principal causa de EPOC en el 70-80% de los casos está relacionada con el consumo o la exposición al humo del tabaco, pero aproximadamente el 20-30% de los fumadores desarrollarán la

enfermedad, siendo considerados susceptibles. La susceptibilidad requiere la combinación de factores como el consumo de tabaco, el envejecimiento de la población y la presencia de otros factores tanto exógenos (como deficiencias nutricionales, contaminación laboral y atmosférica, e infecciones respiratorias) como endógenos (género, desarrollo pulmonar patológico, prematuridad, entre otros). Otro síndrome asociado a la EPOC es la bronquitis crónica (caracterizada por tos persistente y producción de esputo), la cual también se ve favorecida por el tabaco ya que este produce una irritación crónica de las vías respiratorias debido a sus sustancias tóxicas¹².

La prevalencia de consumo activo entre los pacientes con asma bronquial es similar a la existente en la población general (24%). Presentando los fumadores asmáticos una mayor prevalencia de síntomas y número de crisis, menor respuesta a los glucocorticoides inhalados, mayor empleo de rescates y en consecuencia peor calidad de vida que los asmáticos no fumadores⁵.

Las Enfermedades Pulmonares Intersticiales (EPID) afectan principalmente el intersticio pulmonar, el epitelio alveolar y los pequeños vasos sanguíneos y linfáticos. El primer estudio que relacionó las EPID y el tabaco fue publicado por el doctor Auerbach en 1963. En esta publicación se objetivó fibrosis pulmonar en fumadores, señalando la conexión entre el humo del tabaco y las EPID inflamatorias. Se reconoce que el tabaco puede actuar en fumadores predispuestos mediante mediadores inflamatorios, reclutando macrófagos y promoviendo la fibrosis a través de la producción de TGF-beta y depósito de colágeno. Las EPID relacionadas con tabaco incluyen la Bronquiolitis Respiratoria Asociada a Enfermedad Pulmonar Intersticial (BR/EPI), Neumonía Intersticial Descamativa (NID), Histiocitosis de Células de Langerhans (HCLP), Fibrosis Pulmonar Idiopática, Neumonía Intersticial No Específica (NINE), y una combinación de fibrosis y enfisema. Se distingue la Fibrosis Intersticial Asociada al Consumo de Tabaco (FIAT), caracterizada por fibrosis hialinizante, enfisema y bronquiolitis. Además, a nivel epidemiológico, se evidencia que el pulmón con fibrosis es una condición preneoplásica, teniendo un riesgo 3,5 a 7,5 veces mayor de desarrollar cáncer pulmonar. En ciertas enfermedades (sarcoidosis y neumonitis por hipersensibilidad), el tabaco puede tener un efecto protector al inhibir la respuesta inmunológica necesaria para el desarrollo de granulomas¹³.

La relación entre fumar tabaco y las infecciones respiratorias es conocida ampliamente, ya que conocemos el mecanismo fisiopatológico de dicha asociación: el humo de la combustión del tabaco y derivados afecta a las defensas de la superficie de la mucosa respiratoria (alteración de la producción de moco y disfunción ciliar), a los macrófagos y neutrófilos del pulmón y a las células inmunes (CD4/CD8) lo que conlleva a la inflamación del epitelio respiratorio siendo una situación favorecedora para la colonización bacteriana¹⁴. La primera descripción sobre el aumento de riesgo de fumar y las infecciones respiratorias fue con la tuberculosis, aunque posteriormente se ha demostrado relación con infecciones por microorganismos muy diversos: neumococo, legionella, procesos virales, infecciones oportunistas en pacientes con SIDA¹⁵... Respecto a la infección viral por coronavirus SARS-CoV-2 (COVID-19) en 2019, se especuló sobre la posible mayor incidencia y gravedad en fumadores. La nicotina y la expresión de los receptores ACE en los pulmones se sugirieron como base fisiopatológica de esta asociación. El virus SARS-CoV-2 utiliza glucoproteínas transmembrana tipo S para unirse al receptor de la célula huésped, la enzima convertidora de la angiotensina II (ECA-II). Se ha observado un aumento en la expresión de genes que codifican la ECA-II en fumadores, lo que podría facilitar la entrada del virus en las células. Además, se señaló que los fumadores podrían contribuir a una mayor transmisión del virus mediante aerosoles expulsados durante la combustión del tabaco¹⁶.

La lesión pulmonar asociada al uso de cigarrillos electrónicos, conocida como VAPI (Vaping Associated Pulmonary Illness) o EVALI (Electronic cigarettes or Vaping product Associated Lung Injury), es una patología de nueva aparición identificada por los Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades (CDC) durante un brote de la misma en 2019. Estos dispositivos, diseñados para liberar aerosol o vapor, se dividen en cigarrillos electrónicos y dispositivos de calentamiento. Aunque buscan reducir la combustión, el calentamiento de líquidos puede generar sustancias potencialmente tóxicas como formaldehído, acetaldehído y metales. La Agencia Internacional de Investigación sobre el Cáncer (IARC) clasifica muchas de estas sustancias como carcinogénicas, sin establecer un umbral seguro. La lesión pulmonar asociada a EVALI se atribuye al aceite de tetrahidrocannabinol (THC) y otros aditivos, como cannabinoides y

aceites vegetales. El brote de 2019 afectó principalmente a jóvenes, con síntomas similares a otras enfermedades respiratorias. Hasta febrero de 2020, se estimaron 2807 casos confirmados de EVALI, con criterios que incluyen consumo de cigarrillos electrónicos en los últimos 90 días, infiltrados pulmonares en radiografías o TC de tórax, y exclusión de infecciones respiratorias. La amplia gama de productos y la falta de regulación contribuyen a la complejidad y riesgos de estos dispositivos para la salud pulmonar^{17,18}.

Por otro lado, el tabaco está también relacionado con patología cardiovascular. En la fisiopatología de la enfermedad coronaria es bien conocido el efecto nocivo del tabaco: sus sustancias nocivas favorecen la acumulación en las placas de ateroma en las arterias coronarias pudiendo provocar enfermedades cardíacas tales como la angina de pecho o, en casos más graves, el infarto de miocardio. El tabaquismo contribuye a la hipertensión arterial, aumentando la presión sobre el sistema cardiovascular secundario al estrechamiento de las arterias periféricas y elevando el riesgo de accidentes cerebrovasculares y enfermedades del corazón. La enfermedad vascular periférica reduce el flujo sanguíneo a las extremidades y aumenta el riesgo de la aparición de complicaciones como la claudicación intermitente. Asimismo, se produce un debilitamiento de las paredes arteriales, con especial importancia de la aorta, lo que supone un aumento de riesgo para la aparición de aneurismas y en última instancia en la ruptura de este¹⁹.

Se ha demostrado que el tabaco no solo puede causar problemas en el sistema digestivo, sino que también puede empeorar las condiciones preexistentes como es el caso, por ejemplo, del síndrome del intestino irritable (con un componente inflamatorio predominante). Cuando una persona fumadora ya tiene una afección digestiva, es importante estar alerta a posibles complicaciones como perforaciones, hemorragias o estenosis. En términos generales, se ha establecido una conexión entre el alquitrán y las nitrosaminas presentes en el tabaco y el desarrollo de cánceres en la laringe, esófago y páncreas, principalmente. Las principales enfermedades digestivas relacionadas con el consumo de tabaco incluyen la esofagitis por reflujo, la gastritis crónica, las úlceras gastroduodenales, la enfermedad de Crohn, la colitis ulcerosa y la pancreatitis aguda y crónica²⁰.

El tabaco también se relaciona con patología otorrinolaringológica. Así, la otitis media y sobre todo el cáncer en diferentes localizaciones (senos paranasales, nasofaringe, orofaringe (amígdala, paladar blando, base de lengua), hipofaringe, laringe, cavidad oral (mucosa oral, encía, paladar duro, lengua y suelo de boca), lengua y glándulas salivares) ha demostrado asociación²¹.

El tabaco está estrechamente vinculado tanto con la infertilidad como con complicaciones durante el embarazo. En el caso de la infertilidad, fumar puede afectar negativamente la calidad del esperma en los hombres y reducir la reserva ovárica en las mujeres, disminuyendo así las posibilidades de concepción. Durante el embarazo, el tabaquismo aumenta el riesgo de complicaciones graves como parto prematuro, bajo peso al nacer y problemas respiratorios en el recién nacido. Los componentes tóxicos del tabaco, como el monóxido de carbono y la nicotina, pueden causar daño directo al feto al interferir con el suministro de oxígeno y nutrientes. Además, el riesgo de malformaciones congénitas aumenta en mujeres fumadoras²².

Las personas fumadoras también tienen mayor riesgo de desarrollar patología dermatológica. Una de las más evidentes es el envejecimiento prematuro de la piel. Los productos químicos presentes en el humo del tabaco pueden dañar las fibras de elastina y colágeno, lo que lleva a la formación de arrugas y líneas finas de manera más acelerada. Además, el tabaco puede agravar condiciones dermatológicas preexistentes, como el acné y la psoriasis. La nicotina estrecha los vasos sanguíneos, afectando la circulación cutánea y disminuyendo la capacidad de la piel para curarse. El tabaquismo también se ha relacionado con un mayor riesgo de desarrollar cáncer de piel, especialmente el carcinoma de células escamosas por los mecanismos anteriormente comentados.

Por último, ciertos trastornos psiquiátricos como son la depresión y la ansiedad son más prevalentes en la población fumadora habiéndose demostrado la asociación entre ellos. Los fumadores también presentan mayor propensión para el consumo de otras sustancias adictivas²⁴. El tabaco se considera una enfermedad crónica, adictiva y recidivante y se encuentra tipificada en tipificada en el Manual Diagnóstico y Estadístico de los Trastornos Mentales de la Sociedad Americana de Psiquiatría (DMS-5) y en la Clasificación Internacional de Enfermedades (CIE-10) de la OMS²⁵.

Como todas las enfermedades crónicas, el tabaquismo requiere un abordaje clínico compuesto por diagnóstico, tratamiento y seguimiento. En cuanto al diagnóstico, hay que tener presente que ante todo paciente que entre en contacto con un medio sanitario se requiere interrogar sobre el hábito tabáquico y, si lo presenta, preguntar si tiene la intención de abandonarlo. Cerca del 70% de los fumadores realizan visitas anuales a su médico de atención primaria y un tercio también consulta al odontólogo. Otros fumadores buscan asesoramiento de profesionales como enfermeras, fisioterapeutas, terapeutas ocupacionales y farmacéuticos, lo que implica que prácticamente todos los proveedores de atención médica tienen la oportunidad de intervenir con pacientes fumadores. Además, aproximadamente el 70% de los fumadores expresan su deseo de dejar de fumar y casi dos tercios de los que recaen tienen la intención de intentar dejar de fumar en los próximos 30 días²⁶.

Ante el paciente fumador habrá que realizar una exploración física completa prestando especial atención a la esfera cardiopulmonar y el sistema vascular periférico. Además, es importante registrar la tensión arterial, la presencia o no de pulsos y pesarlo y tallarlo para poder calcular su índice de masa corporal (IMC). Si tras la exploración el facultativo establece una sospecha clínica es necesaria la solicitud de pruebas complementarias. En un paciente fumador es recomendable solicitar un hemograma, una radiografía de tórax y un estudio de función pulmonar²⁷.

Entre las pruebas de función pulmonar que se realizan, la espirometría forzada es de suma utilidad en el paciente fumador pues es la herramienta fundamental para detectar obstrucción al flujo aéreo. La espirometría tiene numerosas indicaciones y se recomienda su realización en el paciente con hábito tabáquico en los siguientes casos²⁸:

- Síntomas y signos respiratorios.
- Índice paquetes/año (IPA >10) en pacientes > 35 años.
- Seguimiento de pacientes con enfermedad respiratoria ya diagnosticada.

La espirometría es de gran utilidad, pero a veces los pacientes no son capaces de realizar la maniobra de forma correcta, no cumpliendo los criterios de aceptabilidad y/o reproducibilidad de la curva, invalidándose así el resultado de la prueba. Por otro lado,

la espirometría presenta una serie de contraindicaciones para su realización que quedan definidas en la siguiente tabla²⁹

I. Contraindicaciones absolutas
1. Cardiovasculares: síndrome coronario agudo, inestabilidad hemodinámica (tromboembolia pulmonar aguda) hipertensión arterial sistémica descontrolada (presión arterial media > 130 mmHg), aneurisma aórtico mayor a 6 cm
2. Hipertensión arterial sistémica descontrolada (PAM > 130 mmHg)
3. Hipertensión intracraneal
4. Hemoptisis
5. Desprendimiento agudo de retina
6. Preeclampsia
II. Contraindicaciones relativas
1. Quirúrgicas: cirugía de tórax, abdomen, ojos, oído (hasta seis semanas)
2. Infecciones y riesgo de contagio
a. Tuberculosis pulmonar activa
b. Influenza y otras infecciones respiratorias agudas
c. Infección de oído
d. Otras
3. Otras
a. Infarto cardíaco reciente (una semana)
b. Angina estable
c. Embarazo avanzado o complicado
d. Salud precaria
e. Barrera de lenguaje
f. Neumotórax reciente (al menos dos semanas posterior a resolución)
g. Toracocentesis (menos de 24 h)

La obstrucción no es únicamente objetivable mediante la espirometría, existen otras pruebas como la oscilometría de impulso (IOS) que pueden ser igualmente útiles. La IOS es una prueba de función respiratoria que evalúa la mecánica del sistema respiratorio a través de la aplicación de pulsos pequeños de presión (-1 cmH₂O) obtenidos a través de una bocina, que producen oscilaciones al flujo a una determinada frecuencia y que se superponen al flujo respiratorio natural. Los resultados de los cambios resultantes son obtenidos a través de un manómetro y un neumotacógrafo. Las frecuencias de oscilación que comúnmente se suelen estudiar son 5, 10, 15, 20 y 25 Hertz (Hz). Esta prueba tiene indicación preferente ante pacientes poco colaboradores o que presenten dificultad para poder realizar maniobras de esfuerzo. También es de elección en pacientes que presentan contraindicaciones para la realización de una espirometría. Se ha usado esta prueba para la elaboración de estudios con diferente aplicación clínica siendo los más numerosos en el diagnóstico del asma (sobre todo en el niño) y para la

realización de test broncodilatadores. Con menor evidencia, la IOS también se ha utilizado para la detección de afectación de la pequeña vía aérea debido a la exposición laboral o al tabaco, en el paciente que padece EPOC, en la enfermedad intersticial pulmonar, para la monitorización de la mecánica pulmonar durante el sueño o en el paciente portador de ventilación mecánica no invasiva (VMNI) y en la fibrosis quística. También se han elaborado trabajos en los cuales se ha realizado una IOS en a pacientes con enfermedades neuromusculares; no obstante, si la IOS sugiere un patrón ventilatorio restrictivo debe de ser posteriormente confirmado con una pletismografía³⁰.

Una de las mayores ventajas que presenta la IOS es que no presenta contraindicaciones para su realización puesto que solo exige al paciente realizar una respiración a volumen corriente. Por otro lado, faltan valores de referencias para algunos de los parámetros obtenidos por lo que es necesario realizar más estudios. Así, la IOS se postula como una prueba de función pulmonar con un prometedor futuro para la investigación³¹.

4. OBJETIVOS

El objetivo primario del presente trabajo es valorar la sensibilidad, especificidad, valor predictivo negativo y valor predictivo positivo de la IOS para la detección de obstrucción pulmonar obtenida a través de espirometría forzada según las normas SEPAR y según las nuevas recomendaciones de la ERS. También se quiere calcular los mismos parámetros para la detección de afectación de vía aérea distal o pequeña vía aérea.

Por otro lado, se propone correlacionar parámetros de la IOS con parámetros de la espirometría forzada.

Como objetivos secundarios nos interesa:

- Describir las características clínicas de los pacientes en seguimiento en la consulta de Deshabitación Tabáquica del hospital Clínico Universitario Lozano Blesa de Zaragoza.
- Explorar parámetros en la oscilometría de impulso que puedan predecir la obstrucción antes que la espirometría forzada para realización de estudios posteriores.

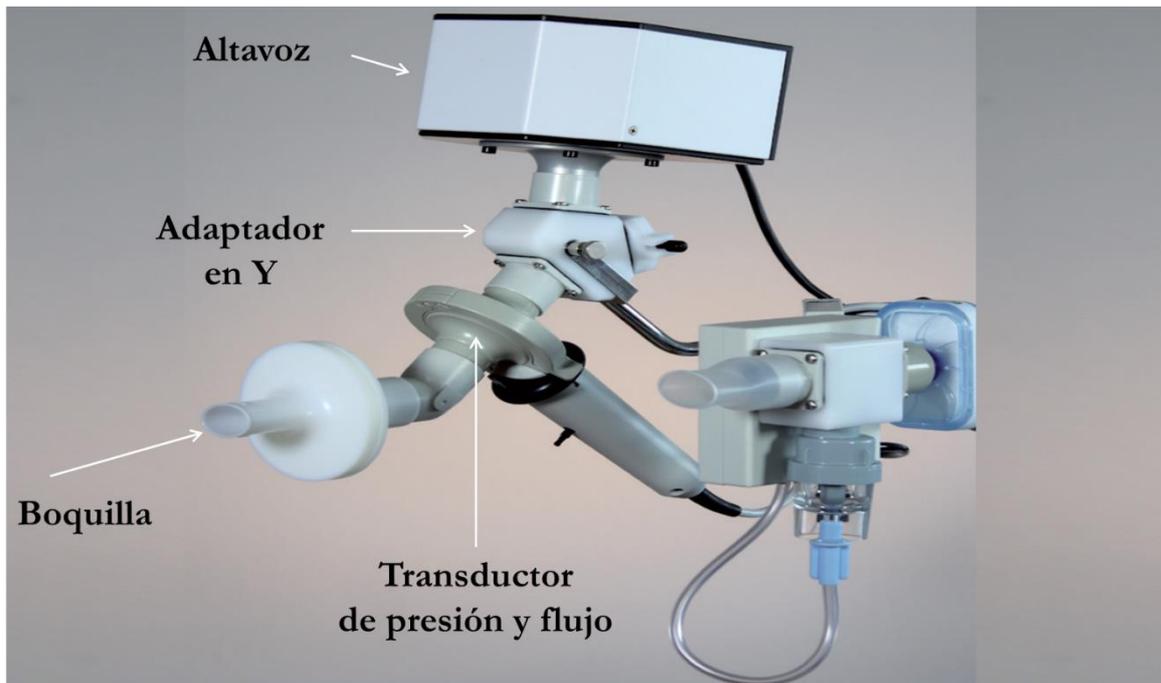
5. MATERIAL Y MÉTODOS

5.1 DISEÑO DEL ESTUDIO

Para la realización del presente trabajo se ha obtenido el permiso necesario para la revisión de historias clínicas por parte del Servicio de Dirección del Hospital Clínico Universitario Lozano Blesa y también se presentó el proyecto de investigación al CEICA (Comité de Ética de la Investigación de la Comunidad autónoma de Aragón) el cual también validó su realización. Una vez aprobado, se realizó un estudio transversal descriptivo de pacientes en seguimiento por parte de Neumología del Hospital Clínico Universitario Lozano Blesa en la consulta de Deshabitación Tabáquica entre el 1 de junio de 2023 y el 31 de julio de 2023. A estos pacientes se les ha realizado una espirometría forzada y una oscilometría de impulso, pruebas que valoran la función pulmonar del paciente y que se realizan de forma rutinaria en esta consulta. Por otro lado, se ha realizado un estudio de correlación entre las variables de ambas pruebas.

Para la realización de la espirometría forzada se ha seguido las directrices de la Normativa SEPAR²⁸. No obstante, en el año 2022 la European Respiratory Society (ERS) publicó unas nuevas recomendaciones para la interpretación de la función pulmonar en la que, como importante novedad, recomendaba interpretar en la espirometría el cociente FEV₁/FVC según los límites inferiores de la normalidad (LIN). Si el cociente es mayor al LIN no se considera obstrucción, aunque dicho cociente sea menor a 70 (la definición clásica de obstrucción medida por espirometría)³². En la génesis del presente trabajo hemos considerado ambas propuestas.

Para poder llevar a cabo nuestro estudio hemos precisado de un oscilómetro el cual está compuesto por un altavoz o malla vibratoria la cual genera las ondas de presión que avanzan desde la boca hacia los pulmones de quien realiza la prueba. Este sujeto debe de respirar a volumen corriente, de tal manera que produce una serie de cambios en la presión y el flujo aéreo los cuales son registrados por un nemotacógrafo y un transductor de presión acoplados a la boquilla. En la siguiente imagen se puede apreciar las partes que componen el oscilómetro³⁰:



Las frecuencias de oscilación que comúnmente se suelen estudiar son 5, 10, 15, 20 y 25 Hertz (Hz). Los parámetros que obtenemos a través de la IOS son los siguientes³³:

1. La impedancia del sistema respiratorio (Z): Es la fuerza que deber de ser vencida para movilizar el gas dentro y fuera del sistema respiratorio. Esta fuerza está definida por la inercancia propia del gas, la elastancia del tórax y el pulmón y la resistencia de la vía aérea (resistencia tanto central o proximal y distal o periférica, así como la propia resistencia que ejerce el tejido pulmonar y la pared de tórax).
2. La reactancia del sistema respiratorio (X): Componente reactivo de la impedancia respiratoria. Incluye la inercancia (fuerzas de masas inerciales del movimiento de la columna de aire) y la capacitancia (propiedades elásticas de pulmón).
3. La frecuencia de resonancia (F_{res}): Es el punto en el cual las magnitudes de la reactancia capacitativa e inercial son iguales y tienen un valor igual a cero a distintas frecuencias. La F_{res} se encuentra elevada tanto en patología restrictiva como en patología obstructiva. De forma fisiológica, la frecuencia de resonancia se registra a frecuencias más altas en el niño respecto al adulto.

4. El área de reactancia (AX): Área bajo la curva de la reactancia en todas las frecuencias entre los 5 Hz y la Fres. Un incremento del valor del área de reactancia está relacionado con obstrucción a nivel de la vía aérea distal.
5. La resistencia a alta frecuencia o central (20 Hz; R20) depende fundamentalmente de las vías aéreas centrales; mientras que las de baja frecuencia (5 Hz; R5) se transmiten más extensamente a lo largo del árbol bronquial y representan la resistencia total. Por tanto, la diferencia R5-R20 denominado delta resistencia corresponde a la resistencia de las vías aéreas periféricas.

El equipo y el software deben cumplir con las recomendaciones técnicas internacionales de la Sociedad Americana del Tórax (ATS) y de la Sociedad Respiratoria Europea (ERS). Los requisitos mínimos incluyen³⁰:

- Un oscilómetro de pulso con neumotacógrafo, transductor de presión y flujo.
- Una jeringa de 3 L para calibrar el volumen.
- Capacidad de medir volúmenes de 0.5 a 8.00 L (con precisión del $\pm 3\%$, medido con una jeringa de 3.00 L), flujos de 0 a 14 L/s y un tiempo de registro de al menos 30 segundos.
- Resistencia de 0.2 kPa para verificar la calibración de presión.
- Pantalla para mostrar las gráficas de flujo, R, X y coherencia (Coeh).
- Capacidad de imprimir un informe que incluya información del paciente, valores de referencia, principales valores de oscilometría (R, X y Z a diferentes frecuencias), gráficos de R y X para las tres maniobras, y, si la prueba incluye un estudio con broncodilatador, los mismos parámetros después de la administración de este.
- Otro equipo y suministros necesarios para la oscilometría de impulso:
 - Báscula y cinta métrica para medir la extensión de los brazos, cuando sea necesario.
 - Termómetros ambientales con una precisión de 1°C.
 - Boquillas desechables con filtro.
 - Pinzas nasales.

- o Accesorios para el control de infecciones: acceso a lavado de manos y gel de alcohol, filtros en línea desechables con una eficiencia de >99% para la filtración de virus, bacterias y micobacterias, guantes desechables...
- o Suministros para el broncodilatador: Salbutamol en inhalador de dosis medida (100 µg por atomización) y cámara espaciadora.

Antes de realizar la prueba, al paciente se le entregaba una serie de instrucciones a seguir³⁰:

1. El paciente debe evitar el hábito tabáquico mínimo dos horas antes de la realización de la prueba.
2. Se debe evitar toda prenda que pueda suponer restrictivas para el tórax: chalecos, corsés o ropa muy ajustada.
3. En el caso de que se haya realizado una prueba broncodilatadora, debe suspenderse la última dosis de tratamiento inhalado antes de la prueba.
4. El resto de medicación habitual, el paciente la debe tomar con normalidad. No se requiere ayuno previo a la prueba.
5. Evitar el ejercicio intenso antes de la prueba.

El día de la prueba, para que se realice de forma óptima, es aconsejable seguir la siguiente sistemática propuesta³⁰:

1. El técnico que realiza la prueba se presenta con el paciente.
2. Se debe revisar la solicitud médica, verificar la identidad del paciente y si concuerda con el número de historia clínica electrónica (HCE).
3. El técnico explica al paciente en qué consiste la prueba: "la oscilometría de impulso es una prueba que consiste en respirar tranquilamente a través de una boquilla que sirve para conocer las resistencias que puedan existir en sus bronquios y saber si existe o no obstrucción".
4. Tomar una talla (en centímetros) y un peso (en kilogramos) de paciente, así como su índice de masa corporal (IMC).
5. Registrar el consumo habitual de tabaco del paciente, si ha realizado ejercicio intenso antes de la prueba o no y si está en tratamiento con inhaladores (y en el caso positivo indicar cual es el tratamiento).

6. Indicar la edad del paciente. La edad se registra en años cumplidos al día de la prueba.
7. La prueba debe realizarse en sedestación, con el tórax y el cuello erguidos y con ambos pies en contacto con el suelo. Si por alguna causa no ha sido posible realizar la maniobra en esta posición, se ha descrito la causa y la posición en la cual se realizó la IOS.
8. Si se va a realizar prueba broncodilatadora hay que verificar que el paciente no ha tomado inhaladores antes de la prueba.

Para la realización correcta de la maniobra nos tendremos que asegurar de que se cumplen los siguientes pasos³⁰:

- A) Hay que explicar al paciente lo que va a sentir y cómo debe actuar para la prueba se realice de forma correcta.
 - Debe permanecer sentado durante toda la prueba.
 - Se tiene que colocar una pinza en la nariz para evitar la respiración nasal.
 - Mientras realiza la prueba el paciente debe de sostener o comprimir sus mejillas.
 - Se le colocará una boquilla con filtro en la boca. No debe introducir la lengua dentro de filtro y evitar morderla. Es importante que el paciente selle sus labios lo máximo posible a la maquilla para minimizar al máximo la fuga y respirar con normalidad.
 - Antes de la prueba iniciamos el aparato para enseñar al paciente el ruido que se va a producir durante la maniobra. Así se evita que el paciente se asuste durante la prueba y ya se encuentra preparado para su realización.
- B) Tras explicar el procedimiento se pasa a la realización de mismo. Para dar la prueba por válida se requiere un mínimo de tres mediciones de un mínimo de 30 segundos.
- C) Los criterios de aceptabilidad por cada medición son los siguientes:
 - El paciente debe de tener al menos cuatro respiraciones en volumen corriente y de forma regular previa a la aplicación de los pulsos de presión.
 - La morfología de las curvas realizadas deben estar libres de artefactos tales como la tos, el cierre glótico o la respiración agitada.

D) Las mediciones obtenidas deben cumplir los siguientes criterios de repetibilidad:

- La medición debe durar más de treinta segundos y sin artefactos. En el caso de que aparezcan estos últimos deben eliminarse y recalcular el tiempo de maniobra.
- Debe pasar un minuto como mínimo entre las diferentes mediciones.
- Debe de existir un espectro de frecuencia entre los 5 y 25 Hz.
- La coherencia que existe entre las señales que entran y salen del sistema debe de ser ≥ 0.7 a 5 Hz y ≥ 0.8 a 20 Hz.
- Coeficiente de variación de la resistencia en la frecuencia más baja (5Hz) $\leq 10\%$ en adultos y 15% en el niño.

En el caso de que no se cumplieren los criterios de aceptabilidad o de repetibilidad de la oscilometría, se ha invalidado la prueba y no se ha incluido para la comparación entre pruebas. No obstante, los datos clínicos del paciente sí se han utilizado para el estudio descriptivo de la muestra.

A través de la oscilometría quedan definidos cinco patrones que permiten la interpretación de dicha prueba³⁴:

1. Estudio normal.
2. Obstrucción vía aérea distal
3. Obstrucción vía aérea proximal
4. Obstrucción vía aérea proximal y distal (mixta)
5. Estudio sugestivo de restricción (a correlacionar con pletismografía).

Parámetro	Término	Valor patológico
Resistencia	R5 R20  R5-R20	R5 > 150% R20 > 150% Adultos > 20% Niños > 30%
Reactancia	X5	< teórico-0,15
Área de reactancia	AX	> 0,33 Kpa/L
Frecuencia de resonancia	Fres	Adultos > 20L/seg Niños > 25L/seg

Tabla que muestra los valores patológicos de la oscilometría³⁰.

Patrones	R5	R20	R5-R20	X5	Fres	AX
Normal	N	N	N	N	N	N
Obstrucción central	↑	↑	N	N	N	N
Obstrucción distal	↑	N	↑	↓	↑	↑
Obstrucción mixta	↑	↑	↑	↓	↑	↑
Restricción	N	N	N	↓	↑	↑

Tabla para interpretación de la oscilometría³⁴.

Los pacientes debían cumplir todos los criterios de inclusión y no presentar ningún criterio de exclusión para poder ser incluidos en el estudio.

5.2 CRITERIOS DE INCLUSIÓN

- Pacientes adultos con una edad ≥ 18 años
- Fumador activo con un índice paquetes/año (IPA) mínimo de 10.
- Estar en seguimiento en Neumología del hospital Clínico Universitario Lozano Blesa en la consulta de Deshabitación Tabáquica.

5.3 CRITERIOS DE EXCLUSIÓN

- Patología restrictiva conocida.
- Incapacidad o contraindicación para realización de alguna de las pruebas.

5.4 VARIABLES ANALIZADAS

Las variables epidemiológicas y clínicas fueron obtenidas accediendo a su historia clínica electrónica ya que en la consulta monográfica de la cual se obtiene la muestra se recoge dicha información.

También se han recogido los datos de los parámetros obtenidos en la oscilometría y la espirometría forzada para posteriormente establecer correlación entre ellos.

En la tabla siguiente se describen los datos obtenidos para la realizar este TFM:

<p>Variables sociodemográficas y antropométricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Edad ▪ Sexo ▪ Peso, talla e IMC
<p>Comorbilidades:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Hipertensión arterial ▪ Diabetes mellitus ▪ Insuficiencia cardiaca ▪ Fibrilación auricular ▪ Cardiopatía isquémica ▪ Dislipemia
<p>Antecedentes neumológicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) ▪ Apnea obstructiva del sueño (AOS) ▪ Síndrome hipoventilación-obesidad (SHO) ▪ Bronquiectasias ▪ Tromboembolismo pulmonar (TEP) ▪ Enfermedad pulmonar intersticial difusa (EPID) ▪ Asma
<p>Tabaquismo</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Índice paquetes/año (IPA)
<p>Clínica en el momento</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Grado de disnea mMRC.
<p>Parámetros de la espirometría:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ FEV₁/FVC ▪ FEV₁ (ml) y FEV₁ (%) ▪ FVC (ml) y FVC (%) ▪ Límite inferior de normalidad (LIN) de FEV₁/FVC ▪ MMEF 75/25 (ml) y MMEF 75/25 (%) ▪ PEF (ml) y PEF (%) ▪ MEF 25(ml) y MEF 25(%)

Parámetros de la oscilometría:

- R5, %R5 y R5 Z-score
- R20 y %R20
- R5-R20
- X5 y %X5
- Fres
- AX
- CO a 5Hz
- CO a 20Hz

5.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para el análisis de la investigación y estadística se utilizó el programa Jamovi (versión 2.3.28). Las variables fueron descritas utilizando medidas descriptivas como la media (DE), la mediana (P₂₅ -P₇₅), y la desviación típica.

Para la correlación entre parámetros de las pruebas, se ha inferido que los parámetros tienden a la distribución normal por tener un número de muestra superior a 30. Por esto se ha utilizado el test paramétrico correspondiente para la correlación: p de Pearson. Se consideró un valor de $p < 0.05$ como estadísticamente significativo.

También se ha calculado la sensibilidad, especificidad, valor predictivo positivo (VPP) y valor predictivo negativo (VPN) de la oscilometría y los mismos parámetros para afectación de la pequeña vía aérea. Esta afectación de la pequeña vía aérea viene definida por el aumento del Delta R5-R20, de la frecuencia de resonancia (Fres) y el área de reactancia (AX) con disminución de la reactancia a 5Hz (X5)³⁵.

5.6 ASPECTOS ÉTICOS

Se ha llevado a cabo la extracción y recopilación de la información de la práctica clínica habitual registrada en la Historia Clínica Electrónica de cada uno de los pacientes

incluidos en el estudio. La recogida de datos ha sido realizada por varios miembros del equipo del servicio de Neumología, entre ellos la autora principal de este estudio.

La recogida de datos se ha realizado respetando la confidencialidad de cada individuo, utilizando únicamente la información necesaria para el estudio de investigación. Se ha creado una base de datos anonimizada, sin los nombres ni los números de historia clínica del paciente, asignando a cada paciente un número de manera correlativa al incluirlos en la base. Dicha base se ha guardado en formato Excel digital en un ordenador del servicio de Neumología, al que solo tiene acceso el servicio de Neumología y que está protegida mediante una clave que únicamente los investigadores conocen. No serán utilizados los datos por ninguna persona ajena al estudio ni serán extraídos de ese ordenador.

Previo a la redacción de este informe, se ha solicitado autorización a la dirección del centro para acceder a las historias clínicas con fines de investigación y este permiso ha sido concedido.

6. RESULTADOS

A continuación, se exponen los resultados del trabajo de investigación realizado. Se dividen los resultados en 3 apartados diferentes:

1. Resultados del estudio descriptivo de las características sociodemográficas y clínicas de los pacientes participantes en el estudio.
2. Resultados del cálculo de la sensibilidad, especificidad, valor predictivo positivo y valor predictivo negativo de la oscilometría de impulso tomando la espirometría como gold standard para la detección de obstrucción.
3. Resultados del análisis estadístico que correlaciona los parámetros de la IOS con los parámetros de espirometría forzada.

Estos resultados serán comentados posteriormente en el apartado discusión. Todas las tablas y gráficos son de elaboración propia.

6.1 RESULTADO ESTUDIO DESCRIPTIVO DE LA MUESTRA

El estudio presentado describe los hallazgos clave de un grupo de 56 participantes, detallando información demográfica, comorbilidades, y resultados de espirometría y oscilometría de impulso. Estos datos proporcionan una visión integral de la salud respiratoria y general de la muestra.

En cuanto a la edad de los participantes, se observa una media de 56.1 años, con un rango de 12.5 años, lo que indica una variabilidad en las edades de la muestra. Además, se destaca que el 41.1% son hombres y el 58.9% mujeres, demostrando una distribución relativamente equitativa por género.

El índice de masa corporal (IMC) muestra una mediana de 31.7, con una desviación estándar de 30, sugiriendo que la mayoría de los participantes se encuentran en el rango de obesidad. El índice paquetes/año (IPA) presenta una media de 36.3 con una desviación estándar de 22.1, indicando una variabilidad significativa en la distribución.

En términos de comorbilidades, el estudio aborda condiciones como la hipertensión arterial (HTA), diabetes mellitus (DM), insuficiencia cardíaca (IC), cardiopatía, fibrilación auricular (FA), y dislipemia (DLP). Se observa que la HTA es la comorbilidad más prevalente, afectando al 37.5% de los participantes. La DM y la IC presentan prevalencias más bajas, con 12.5% y 1.78%, respectivamente. La DLP afecta al 23.21% de la muestra.

En cuanto a las comorbilidades neumológicas, se abordan condiciones como la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), apnea obstructiva del sueño (AOS), síndrome obesidad-hipoventilación (SHO), bronquiectasias, tromboembolismo pulmonar (TEP), enfermedad pulmonar intersticial (EPID), y asma. La EPOC y la AOS son las más prevalentes, afectando al 33.92% y 32.15% de los participantes, respectivamente. Entre los participantes, ninguno presentaba antecedentes personales de bronquiectasias, TEP o EPID. El análisis de la clasificación de los pacientes con EPOC según GOLD 2023 revela que la mayoría se encuentra en la categoría A (73.68%), seguido por B (21.05%) y E (5.26%).

El grado de disnea, evaluado mediante la escala mMRC, muestra que la mayoría de los participantes tiene un grado de disnea de 1 (42.85%) o 0 (41.07%) (ver tabla 1 en Anexos).

Para el análisis descriptivo de los parámetros obtenidos en las pruebas, ha sido necesario eliminar de la muestra 8 sujetos ya que siete de ellos no cumplían los criterios de aceptabilidad y repetibilidad de la oscilometría y un sujeto no pudo realizar correctamente la maniobra de la espirometría. La interpretación de la espirometría según SEPAR y ERS indica que la mayoría de los participantes tiene resultados normales o presenta una limitación ventilatoria de tipo obstructivo leve. La diferencia observada al aplicar las normas SEPAR y las de la ERS para la interpretación de la espirometría ha sido que según la primera existen 21 espirometrías con limitación ventilatoria de tipo obstructivo por 19 espirometrías obstructivas según la segunda. En las dos espirometrías que ha habido disparidad, la limitación ventilatoria obstructiva que fue detectada era de tipo leve si se aplica las normas SEPAR (y eran informadas como normales según la ERS).

En cuanto, a los parámetros de oscilometría de impulso, se observa que un porcentaje significativo de participantes presenta valores anómalos. El R5 Hz (>150%) está elevado en el 37.5%, el Delta R5-R20 (>20%) en el 60.41%, el R20 Hz (>150%) en el 12.5%, la reactancia X5 (< teórico - 0.15) en el 41.66%, la reactancia de la curva AX (> 0.33 Kpa/L) en el 66.66%, y la frecuencia de resonancia (>22 l/s) en el 33.33%.

Se ha observado en la muestra obtenida que hay dos oscilometrías en las que presentaban una elevación del Delta R5-R20 elevado de forma aislada. El resultado de la espirometría realizada a estos pacientes fue normal.

En la siguiente tabla quedan reflejados los recogidos los parámetros sociodemográficos y de pruebas de función pulmonar:

Resultados	Participantes (n=56)
Edad (años), (SD)	56.1 (12.5)
Hombres, n (%)	23 (41.1)
Mujeres, n (%)	33 (58.9)
IMC, (mediana)	31.7 (30)
IPA, (SD)	36.3 (22.1)
Comorbilidades, n (%)	
Hipertensión arterial (HTA)	21 (37.5)
Diabetes mellitus (DM)	7 (12.5)
Insuficiencia cardíaca (IC)	1 (1.78)
Cardiopatía	2 (3.57)
Fibrilación auricular (FA)	1 (1.78)
Dislipemia (DLP)	13 (23.21)
Comorbilidades neumológicas, n (%)	
Enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC)	19 (33.92)
Apnea obstructiva del sueño (AOS)	18 (32.15)
Síndrome obesidad-hipoventilación (SHO)	6 (10.71)
Bronquiectasias	0 (0)
Tromboembolismo pulmonar (TEP)	0 (0)
Enfermedad pulmonar intersticial (EPID)	0 (0)
Asma	10 (17.85)
Paciente EPOC según GOLD 2023, n (%)	
A	14 (73.68)
B	4 (21.05)
E	1 (5.26)
Grado de disnea según mMRC, n (%)	1 [0-2]
0	23 (41.07%)
1	24 (42.85%)
2	9 (16.07%)
3	0
4	0
Interpretación de espirometría según SEPAR, n (%)	
Normal	27 (56.25)
Leve	15 (31.25)
Moderada	2 (4.16)
Moderada-grave	3 (6.25)
Grave	1 (2.08)
Muy grave	0
Interpretación de espirometría según ERS, n (%)	
Normal	29 (60.41)
Leve	13 (27.08)
Moderada	2 (4.16)
Moderada-grave	3 (6.25)
Grave	1 (2.08)
Muy grave	0
R5 Hz (>150%), n (%)	18 (37.5)
Delta R5-R20 (>20%), n (%)	29 (60.41)
R20 Hz (>150%), n (%)	6 (12.5)
Reactance X5 (< teórico - 0.15) , n (%)	20 (41.66)
Reactance curve AX (> 0.33 Kpa/L) , n (%)	32 (66.66)
Frecuencia de resonancia (>22 l/s) , n (%)	16 (33.33)

Tabla en la que se recogen los parámetros sociodemográficos y de pruebas de función pulmonar.

6.2 RESULTADO DEL CÁLCULO DE LA SENSIBILIDAD, ESPECIFICIDAD, VALOR PREDICTIVO POSITIVO Y VALOR PREDICTIVO NEGATIVO DE LA OSCILOMETRÍA DE IMPULSO

Se ha calculado la sensibilidad, especificidad y valores predictivos de la oscilometría de impulso según las normas SEPAR y de la ERS obteniendo los siguientes resultados:

A) Según criterios SEPAR

Prueba en evaluación	Sí	No
Positiva	10	9
Negativa	11	18

- Sensibilidad: 48%
- Especificidad: 67%
- VPP: 53%
- VPN: 62%

B) Según criterios de la ERS:

Prueba en evaluación	Sí	No
Positiva	9	10
Negativa	10	19

- Sensibilidad: 48%
- Especificidad: 67%
- VPP: 47%
- VPN: 66%

Por otro lado, hemos calculado los mismos parámetros en el caso de que la afectación de vía aérea distal definida por un aumento del Delta R5-R20, de la frecuencia de resonancia (Fres) y el área de reactancia (AX) con disminución de la reactancia a 5Hz (X5), fuese concordante con la afectación de vía aérea distal definida por la

espirometría forzada como un descenso de los flujos mesoespiratorios (MMEF 75/25) < 60% del teórico. Los datos obtenidos se muestran en la siguiente tabla:

Prueba en evaluación	Sí	No
Positiva	17	10
Negativa	4	17

- Sensibilidad: 81%
- Especificidad: 63%
- VPP: 63%
- VPN: 81%

6.3 RESULTADO ANÁLISIS CORRELACIÓN IOS - ESPIROMETRÍA

En este caso, se realizó un estudio de correlación entre los parámetros de la oscilometría de impulso y la espirometría forzada en una muestra de 48 pacientes, aquellos que cumplieron criterios de aceptabilidad y repetibilidad en ambas pruebas.

Hemos realizado un estudio de correlación en el cual se están evaluando las correlaciones, representadas por coeficientes de correlación de Spearman (ρ), entre diferentes parámetros de la espirometría forzada, como FEV1 (%), FEV1/FVC, y MMEF 25-75 (%), y medidas de impedancia respiratoria, como R5, R20, R5 - R20, X5, Fres, y AX. Los valores de p asociados a cada correlación indican la significancia estadística de las relaciones observadas. El signo positivo o negativo de ρ nos indica si la correlación es proporcional o inversamente proporcional. Con un asterisco se ha querido mostrar aquellos valores en los cuales se ha encontrado correlación estadísticamente significativa y que será posteriormente comentado.

		FEV₁ (%)	FEV₁/FVC	MMEF 25-75 (%)
R₅	ρ	-0.409*	-0.438*	-0.381*
	p	0.002	0.027	0.004
R₂₀	ρ	-0.199	0.045	-0.179
	p	0.141	0.743	0.187
R₅ - R₂₀	ρ	-0.551*	-0.543*	-0.532*
	p	<0.001	<0.001	<0.001
X₅	ρ	0.404*	0.342*	0.398*
	p	0.002	0.002	0.010
Fres	ρ	-0.294*	-0.304*	-0.346*
	P	0.028	0.023	0.009
AX	ρ	-0.401*	-0.307*	-0.291*
	P	0.006	0.04	0.049

Estudio de correlación entre la IOS y la espirometría forzada.

7. DISCUSIÓN

Los pacientes incluidos en este estudio proceden de la consulta de Deshabitación Tabáquica, una consulta monográfica en la cual se reciben pacientes derivados por parte de otros especialistas en seguimiento por patologías achacables al tabaco y derivados y la toxicidad que supone. Este es el motivo principal por el cual existe tanta comorbilidad entre los sujetos incluidos en el estudio. Por otro lado, una gran parte presenta patología neumológica ya que la mayoría de los pacientes incluidos son derivados desde otras consultas especializadas desde el mismo servicio. Esto puede suponer un sesgo ya que no es una muestra representativa de la población, la gran mayoría de los pacientes que deciden dejar de fumar son atendidos desde atención primaria³⁶.

Otro aspecto para comentar sobre el estudio descriptivo de la muestra es que existe una distribución por sexo pareja, pero existe un ligero predominio de mujeres. Este hallazgo es concordante con la nueva tendencia que se ha objetivado con el consumo de tabaco: mientras que la incidencia de varones fumadores ha disminuido, la incidencia en mujeres ha aumentado en los países occidentales¹. La media de edad de la muestra es 56.1 años, edad media de la vida (comprendida entre los 40-59 años) concordando con ese aumento de la incidencia de mujeres fumadoras.

Respecto a las pruebas de función respiratoria realizadas en este trabajo hay que comentar que la oscilometría de impulso es una prueba que se conoce desde los años 70, pero que no ha tenido una aplicación clínica importante siendo utilizada generalmente cuando no es posible realizar una espirometría de forma correcta. Hasta hace unos años, eran muy escasos los trabajos científicos en los cuales era utilizada, pero recientemente se ha vuelto a abrir la posibilidad de su utilidad en la práctica habitual. No obstante, no existen valores de referencia en el adulto y la prueba requiere de más estudios para poder generalizar su uso³⁶.

De los 56 pacientes incluidos en la muestra, cuarenta y ocho han realizado las pruebas cumpliendo criterios de aceptabilidad y repetibilidad permitiendo su posterior interpretación. De entre este grupo hemos obtenido según la norma SEPAR²⁸ un total de 21 pacientes presentaron obstrucción bronquial mientras que a través de las

recomendaciones de la ERS³² fueron 19 pacientes los que manifestaron una limitación ventilatoria de tipo obstructivo. Nuestra intención ha sido calcular, a partir de la espirometría como gold estándar y siguiendo ambas normativas, la sensibilidad, especificidad y valores predictivos de la oscilometría de impulso. El resultado obtenido según normas SEPAR ha sido de una sensibilidad de sensibilidad 48%, especificidad 67%, VPP 53% y VPN 62%. Por su parte, aplicando la normativa de la ERS los resultados han sido similares: sensibilidad 48%, especificidad 67%, VPP 47% y VPN 67%. La diferencia entre aplicar ambas normativas no fue muy importante, tan solo dos espirometrías las cuales serían obstructivas por SEPAR, pero para la ERS serían compatibles con la normalidad. Sin embargo, estos resultados para la IOS no son los deseados pues se supone que es una prueba fácil, barata y accesible; ideal para servir de prueba de screening para la patología obstructiva. Un alto VPN es esencial en las pruebas de screening para garantizar que la mayoría de las personas con resultados negativos realmente estén libres de la enfermedad, lo que reduce la probabilidad de falsos negativos. Por los resultados obtenidos en nuestro estudio, no podemos aconsejar la oscilometría para la detección de obstrucción, si bien es cierto que la muestra obtenida es muy pequeña y para tener una evidencia mayor sería necesario ampliarla. En la bibliografía consultada no se han encontrado valores con los que comparar la sensibilidad, especificidad y valores predictivos para la detección de obstrucción en oscilometría.

La afectación de la vía aérea distal o pequeña vía aérea viene definida en la oscilometría de impulso por un aumento del Delta R5-R20, de la frecuencia de resonancia (Fres) y el área de reactancia (AX) con disminución de la reactancia a 5Hz (X5). Por su parte, la espirometría valora la pequeña vía aérea a través de los flujos mesoespiratorios, considerando una afectación de esta cuando es <60% del teórico. Este parámetro es el primero en afectarse en la espirometría y es característico que aparezca en el paciente fumador antes de que se confirme la obstrucción³⁷. En el presente trabajo hemos querido calcular la sensibilidad, especificidad y valores predictivos de la oscilometría para la detección de afectación de la pequeña vía aérea siendo la prueba de referencia para su diagnóstico la espirometría. Los datos obtenidos han sido una sensibilidad de 81%, especificidad de 63%, VPP 63% y VPN 81%. En la detección de afectación de

pequeña vía, la oscilometría demuestra ser más útil como prueba de cribado, no obstante, y de la misma forma que en el caso anterior, se requiere realizar más estudios con una muestra superior para poder extraer conclusiones más rigurosas. Carecemos también de otros valores con los que poder comparar nuestros resultados en la bibliografía consultada.

En cuanto al análisis de correlación entre parámetros de la IOS y la espirometría podemos concluir lo siguiente:

- R5: Hay una correlación negativa significativa con FEV1 (%), FEV1/FVC y MMEF 25-75 (%), lo que indica que a medida que R5 aumenta, estos parámetros de espirometría disminuyen.
- R20: La correlación con los parámetros de espirometría no es significativa, ya que los valores de p son mayores que 0.05.
- R5 - R20: Hay una correlación negativa significativa con FEV1 (%), FEV1/FVC y MMEF 25-75 (%), lo que sugiere que a medida que R5 - R20 aumenta, estos parámetros de espirometría disminuyen.
- X5: Hay una correlación positiva significativa con FEV1 (%), FEV1/FVC y MMEF 25-75 (%), indicando que a medida que X5 aumenta, estos parámetros de espirometría también aumentan.
- Fres: Hay una correlación negativa significativa con los parámetros de espirometría, lo que sugiere que a medida que Fres aumenta, los parámetros de espirometría disminuyen.
- AX: Hay una correlación negativa significativa con FEV1 (%), FEV1/FVC y MMEF 25-75 (%), indicando que a medida que AX aumenta, estos parámetros de espirometría disminuyen.

En otros trabajos consultados con mayor potencia estadística que el presente estudio, como el trabajo del doctor Liang-Yaun et al.³⁸, los estudios en niños del doctor Song³⁹ o el trabajo del doctor Raj en pacientes con fibrosis quística⁴⁰; los resultados de correlación entre los parámetros fueron similar al obtenido por nuestra parte.

La correlación más importante hallada en el estudio es entre la de R5-R20 (Delta R5-R20) y la FEV1 (%), FEV1/FVC y MMEF 25-75 (%). La R5-R20 valora la resistencia que se

encuentra en las vías distales y los parámetros espirométricos están relacionados con la obstrucción. De estos resultados del estudio se puede inferir que, dado que el delta guarda correlación con los valores espirométricos obstructivos, las vías respiratorias distales son el principal determinante de aumento de la resistencia pulmonar.

Dado que el delta R5-R20 presenta una alta correlación entre los parámetros obstructivos en la espirometría, hemos observado que en nuestra muestra hay 4 casos en los que existe un aumento aislado de este parámetro con una espirometría normal. Considero que sería interesante seguir a estos pacientes con la realización de ambas pruebas de forma anual con el objetivo de poder demostrar o rechazar la validez del R5-R20 de la oscilometría para poder predecir una futura obstrucción.

Globalmente coincidimos con el doctor Meyer⁴¹ con respecto a su posición frente a la oscilometría de impulso. Esta es una prueba que puede aportar una valiosa información para el diagnóstico o el seguimiento en distintas enfermedades. Además, es una prueba sensible en detección de enfermedad pulmonar periférica y es sencilla de realizar para niños o pacientes que no pueden realizar la espirometría de forma aceptable.

Por otro lado, se tiene poco conocimiento sobre ella y su difusión es limitada debido en gran parte a que hay escasos valores de referencia. Además, la interpretación de la prueba es compleja y puede tener alta variabilidad.

8. CONCLUSIONES

- La oscilometría de impulsos presenta una baja sensibilidad, especificidad y valores predictivos para la detección de obstrucción. No es recomendable su uso como prueba de cribado de patología obstructiva pulmonar a falta de más estudios que lo puedan confirmar o desmentir.
- La oscilometría de impulsos presenta un valor predictivo negativo elevado para la detección de afectación de pequeña vía aérea por lo que podría ser buena prueba de cribado para su detección.
- El delta resistencia (R5-R20) presenta aceptable correlación con los valores de espirometría asociados a obstrucción, lo que sugiere que las vías respiratorias distales son el principal determinante de aumento de la resistencia pulmonar.
- El área de reactancia (AX), las resistencias totales (R5) y la frecuencia de resonancia (Fres) también guardan correlación negativa con los parámetros espirométricos de interés en la patología obstructiva. La reactancia a 5Hz (X5) guarda correlación igualmente, pero positiva.
- La IOS se recomienda en pacientes que no realicen correctamente la espirometría o presenten alguna contraindicación para su realización, pero además puede ser una herramienta útil en el diagnóstico de enfermedades obstructivas, pero se necesitan más estudios con mayor tamaño muestral y estandarizar valores de referencia.
- El delta resistencia R5-R20 podría ser un marcador para predecir obstrucción de forma temprana, pero se requiere realizar estudios para poder ser validado.

9. BIBLIOGRAFÍA

1. National Institutes of Health. Tobacco and Smoking: Chemicals, Data/Statistics, Environmental Impact, Law/Policy/Regulations, Secondhand Smoke, Smokeless Products, Health Disparities, Cessation, Pregnancy, Workplace.
<https://www.nlm.nih.gov/enviro/tobacco-smoking-and-human-health.html>.
2. WHO global report on trends in prevalence of tobacco use 2000-2025, third edition. Geneva: World Health Organization; 2019.
<https://www.who.int/publications/i/item/who-global-report-on-trends-in-prevalence-of-tobacco-use-2000-2025-third-edition>.
3. Gallus S, Lugo A, Stival C, Cerrai S, Clancy L, Filippidis FT, et al. TackSHS Project Investigators. Electronic cigarette use in 12 European countries. Results from the TackSHS survey. *J Epidemiol.* 2021; 31: 329-338. Doi: 10.2188/jea.JE20210329.
4. Ministerio en Sanidad. Encuesta Europea de Salud en España 2020.
https://www.sanidad.gob.es/estadEstudios/estadisticas/EncuestaEuropea/Enc_Eur_Salud_en_Esp_2020.htm
5. Observatorio Español de las Drogas y las Adicciones. Informe 2021. Alcohol, tabaco y drogas ilegales en España. Madrid: Ministerio de Sanidad. Delegación del Gobierno para el Plan Nacional sobre Drogas; 2021.
https://pnsd.sanidad.gob.es/profesionales/sistemasInformacion/sistemaInformacion/pdf/ESTUDES_2021_Informe_de_Resultados.pdf.
6. GBD 2019 Tobacco Collaborators. Reitsma MB, Kendrick PJ, Ababneh E, Abbafati C, Abbasi-Kangevari M, Abdoli A, et al. Spatial, temporal, and demographic patterns in prevalence of smoking tobacco use and attributable disease burden in 204 countries and territories, 1990-2019: a systematic analysis from the Global Burden of Disease Study 2019. *Lancet.* 2021; 397(10292): 2337-2360.
7. Perucic AM, Sandoval RC, Malik S, Morales-Zamora G. Taxation of novel and emerging nicotine and tobacco products (HTPs, ENDS, and ENNDS) globally and in Latin America. *Rev Panam Salud Publica.* 2022; 46: e175.

8. Benincasa G, DeMeo DL, Glass K, Silverman EK, Napoli Cl. Epigenetics and pulmonary diseases in horizon of precisión medicine: a review. *Eur Respir J.* 2021; 57: 2003406. Doi: 10.1183/13993003.03406-2020.
9. Li Y, Hercht St. Carcinogenic Components of Tobacco and Tobacco Smoke: A 2022 Update. *Food Chem Toxicol.* 2022; 165: 113179. Doi: 10.1016/j.fct.2022.113179
10. Andres JRC. Consumo de tabaco y enfermedades pulmonares. In: *Tratado de tabaquismo (4ª edición)*. Madrid: Ergon; 2021. p. 147–158.
11. Benincasa G, DeMeo DL, Glass K, Silverman EK, Napoli Cl. Epigenetics and pulmonary diseases in horizon of precisión medicine: a review. *Eur Respir J.* 2021; 57: 2003406. Doi: 10.1183/13993003.03406-2020.
12. Safiri S, Carson-Chahhoud K, Noori M, Nejadghaderi SA, Sullman M, Heris JA, Khalil Ansarin K et al. Burden of chronic obstructive pulmonary disease and its attributable risk factors in 204 countries and territories, 1990-2019: results from the Global Burden of Disease Study 2019. *BMJ.* 2022; 378: e069679. Doi: 10.1136/bmj-2021-069679.
13. Vehar SJ, Yadav R, Mukhopadhyay S, Nathani A, Tolle LB. Smoking-Related Interstitial Fibrosis (SRIF) in Patients Presenting With Diffuse Parenchymal Lung Disease. *AJCP.* 2023; 159 (2): 146–157. Doi: 10.1093/ajcp/aaqac144.
14. Kurschener WG, D’Alessandro A, Wong H, Blanc PD. Dose-dependent cigarette smoking related inflammatory responses in healthy adults. *Eur Respir J* 1996;9:1989-94.
15. Luna ACM, Rizzo O, Monteverde A, Caberlotto O. Recomendaciones de vacunación en adultos con enfermedades respiratorias. Documento de la Asociación Argentina de Medicina Respiratoria para los neumólogos. *Rev Am Med Respir.* 2015;15(4):314-324.
16. van Zyl-Smit RN, Richards G, Leone FT. Tobacco smoking and COVID-19 infection. *Lancet Respir Med.* 2020;8(7):664-665. doi:10.1016/S2213-2600(20)30239-3.
17. Perrine CG, Pickens CM, Boehmer TK, et al. Characteristics of a Multistate Outbreak of Lung Injury Associated with E-cigarette Use, or Vaping — United States, 2019. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep* 2019; 68: 860–864. Doi: 10.15585/mmwr.mm6839e1.
18. Werner AK, Koumans EH, Chatham-Stephens K, Salvatore PP, Armatas C, Byers P, et al. Lung Injury Response Mortality Working Group. Hospitalizations and Deaths Associated with EVALI. *N Engl J Med.* 2020; 382(17): 1589-1598. doi: 10.1056/NEJMoa1915314.
19. Andres JRC. Consumo de tabaco y enfermedades cardiovasculares. In: *Tratado de tabaquismo (4ª edición)*. Madrid: Ergon; 2021. p. 159–172.

20. Andres JRC. Consumo de tabaco y patología digestiva. In: Tratado de tabaquismo (4ª edición). Madrid: Ergon; 2021. p. 231–238.
21. Andres JRC. Consumo de tabaco y patología otorrinolarinológica. In: Tratado de tabaquismo (4ª edición). Madrid: Ergon; 2021. p. 243–252.
22. Andres JRC. Consumo de tabaco y trastornos de la reproducción. In: Tratado de tabaquismo (4ª edición). Madrid: Ergon; 2021. p. 255–260.
23. Mitri A, Lin G, Waldman RA, Grant-Kels JM. Effects of tobacco and vaping on the skin. *Clin Dermatol*. 2021 Sep-Oct;39(5):762-771. doi: 10.1016/j.clindermatol.2021.05.004.
24. Andres JRC. Consumo de tabaco y patología psiquiátrica. In: Tratado de tabaquismo (4ª edición). Madrid: Ergon; 2021. p. 209–220.
25. American Psychiatric Association. Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders. 5th ed. DSM-5. American Psychiatric Association (2014). ISBN 9788498358100.
26. Centers for Disease Control and Prevention. Cigarette smoking among adults—United States, 2000. *MMWR* 2002;51:642-645.
27. Andres JRC. Estudio clínico del fumador. In: Tratado de tabaquismo (4ª edición). Madrid: Ergon; 2021. p. 295–309.
28. García-Río F, Calle M, Burgos F, Casan P, Del Campo F, Galdiz JB et al. Normativa SEPAR: Espirometría. *Arch Brononeumol*. 2013;49(9): p. 388-401.
29. Vázquez García JC. Manual de Espirometría (3ª edición). Ciudad de México: GraphicMedic; 2018; p. 52.
30. Goichicoa Rangel L, Cantú González G, Miguel Reyes JL, Rodríguez Moreno L, Torre Bouscoulet L. Oscilometría de impulso. Recomendaciones y procedimiento. *NeumolCirTorax*. 2014; 73 (2): 138-149.
31. Oosteven E, MacLeod D, Lorino H, Farré R, Hantos Z et al. The forced oscillation technique in clinical practice : methodology, recommendations and future developments. *Eur Respir J*. 2003 ;22(6) : p. 1026-1041.
32. Stanojevic S, Kaminsky DA, Miller MR, et al. ERS/ATS technical standard on interpretive strategies for routine lung function tests. *Eur Respir J* 2022; 60: 2101499.
33. Gómez-Bastero Fernández A, Torralba García Y. Oscilometría. En: Álvarez Gutiérrez FJ, Torralba García Y. Manual SEPAR 39 de procedimientos Asma. España: Respira; 2022. p. 135-152.

34. Porojan-Suppini N, Fira-Mladinescu O, Marc M, Tudorache E, Oancea C. Lung function assessment by impulse oscillometry in adults . *Therapeutics and Clinical Risk Management*. 2021;Volume 17:135–6.
35. Postma DS, Brightling C, Baldi S, Van den Berge M, Fabbri LM, Gagnatelli A, et al. ; ATLANTIS study group. Exploring the relevance and extent of small airways dysfunction in asthma (ATLANTIS) : baseline data from a prospective cohort study. *Lacent Respir Med*. 2019 ;7(5). p. 402-416.
36. Mughal F, Rashid A, Jawad M. Tobacco and electronic cigarette products: awareness, cessation attitudes, and behaviours among general practitioners. *Prim Health Care Res Dev*. 2018 Nov;19(6):605-609.
37. Fauci AS, Harrison TR. Procedimientos diagnósticos en las enfermedades respiratorias. In: *Harrison Medicina Interna*. 17a ed. Rio de Janeiro (RJ): McGraw-Hill Medical; 2008. p. 1595.
38. Li L-Y, Yan T-S, Yang J, Li Y-Q, Fu L-X, Lan L, et al. Impulse oscillometry for detection of small airway dysfunction in subjects with chronic respiratory symptoms and preserved pulmonary function. *Respiratory Research*. 2021;22(1).
39. Song TW, Kim KW, Kim ES, Kim K, Sohn MH. Correlation between spirometry and impulse oscillometry in children with asthma. *Acta Paediatrica*. 2007;97(1):51–54.
40. Raj D, Sharma GK, Lodha R, Kabra SK. Correlation between impulse oscillometry and spirometry parameters in Indian patients with cystic fibrosis. *Chronic Respiratory Disease*. 2014;11(3):139–49.
41. Meyer P RF. Espirometría Forzada versus Oscilometría de impulso. *Neumología Pediátrica*. 2017;12(4):187–93.

10. ANEXOS

Escala de Disnea Medical Research Council (MMRC)

- 0 Sin disnea exceptuando en ejercicio muy intenso.
- 1 Disnea al caminar rápido o al subir una pendiente.
- 2 Camina más lento que personas de la misma edad por disnea o debe detenerse para “recuperar el aliento” al caminar a su propio paso en plano.
- 3 Se detiene a “recuperar el aliento” después de caminar 100 metros o después de un par de minutos en plano.
- 4 Demasiado cansado o disneico para salir de su hogar o disnea al vestirse o desvestirse.

TABLA 1: ESCALA DE DISNEA MMRC