



LICENCIATURA EN KINESIOLOGÍA Y FISIATRÍA

Título:

Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.

Autor/es:

Boccella, Francesco - 41.935.804

Giardini, Emanuel - 42.869.342.

Director:

Lic. Appendino, Gabriel

Sede:

Rosario

Fecha de presentación: 9/10/2024

Firma/s de Autor/es:

“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

RESUMEN.

Introducción: La Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica (EPOC) es una afección crónica que se caracteriza por una progresiva limitación del flujo aéreo, lo que conlleva a una notable disminución de la tolerancia al ejercicio y, consecuentemente, a una reducción de la calidad de vida. La capacidad para realizar ejercicio se considera un indicador clave de la gravedad de la enfermedad, lo que lleva a que los programas de rehabilitación respiratoria enfatizan la mejora de la tolerancia al ejercicio y la reducción de la disnea. En este contexto, la Ventilación No Invasiva (VNI) se presenta como una herramienta eficaz que contribuye a disminuir el trabajo respiratorio, corregir la hipoventilación y mitigar la aparición de hiperinsuflación dinámica. Estas mejoras son imprescindibles para facilitar un incremento en la tolerancia al ejercicio, lo cual es fundamental para contrarrestar la inactividad física progresiva y el desacondicionamiento muscular, que tienden a agravar los síntomas asociados a la EPOC.

Objetivo general: Comparar a través de una búsqueda bibliográfica los resultados de ensayos clínicos que proponen el uso de VNI durante el ejercicio en pacientes con EPOC dentro de un programa de rehabilitación respiratoria, en contraste con aquellos que utilizan el ejercicio como único método de intervención.

Métodos: Se llevó a cabo una revisión bibliográfica de la literatura en las bases de datos como: Pubmed, BVS y Cochrane, mediante búsqueda manual y literatura gris. Incluiremos ensayos clínicos publicados entre los años 1985 y 2024, que involucren a pacientes adultos con EPOC, con o sin comorbilidades asociadas, y que utilicen el ejercicio junto con la Ventilación No Invasiva, así como estudios comparativos de esta intervención dentro de un programa de Rehabilitación Respiratoria.

Resultados: La VNI durante el ejercicio mejoró la percepción de la disnea, la tolerancia, la función muscular y pulmonar, además de otras variables como la distancia recorrida, la saturación de oxígeno, la capacidad inspiratoria y la presión inspiratoria máxima. Estos resultados se reflejan en la respuesta de los pacientes en las distintas pruebas evaluadas de resistencia e incrementales.

Conclusión: La VNI aplicada durante el ejercicio es una herramienta útil que potencia los efectos de un programa de rehabilitación respiratoria.

Palabras claves: Ventilación No Invasiva, COPD, Exercise Tolerance, Disnea, Respiratory Therapy.

“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

ÍNDICE.

I. Introducción	1
II. Objetivos	5
III. Marco teórico	6
IV. Justificación	19
V. Métodos	20
VI. Resultados	24
VII. Discusión	110
VIII. Conclusión	129
IX. Referencias bibliográficas	130

I. INTRODUCCIÓN.

La Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica (EPOC) es una entidad clínica que se caracteriza por limitación al flujo aéreo, la cual no es completamente reversible, es usualmente progresiva y se asocia con una respuesta inflamatoria anormal del pulmón a partículas o gases. El principal factor de riesgo es el tabaquismo, aunque se describen otros como la exposición al humo de la leña, el cual suele ser más frecuente en países en desarrollo, exposiciones ambientales y la contaminación atmosférica. Además de éstas, existen factores dependientes del huésped que pueden predisponer a padecer EPOC.^{1,2}

La EPOC a menudo es un término utilizado para describir dos enfermedades pulmonares que se encuentran relacionadas: la bronquitis crónica y el enfisema pulmonar. La bronquitis crónica se caracteriza por la inflamación prolongada del interior de los bronquios (los conductos de las vías respiratorias), mientras que el enfisema se define como el ensanchamiento y destrucción irreversible de los alvéolos pulmonares (sacos aéreos). Es posible que algunas personas con EPOC manifiesten ambas enfermedades.³

La disnea crónica y progresiva es el síntoma más característico de la EPOC, pero no es el único que puede encontrarse presente en estos pacientes. Usualmente la tos y la expectoración son otros síntomas que acompañan a dicha patología.²

El diagnóstico de EPOC debe ser considerado en cualquier paciente que tenga síntomas crónicos de tos, expectoración, disnea y/o historia de exposición a factores de riesgo para la enfermedad. Es importante realizar una espirometría para establecer el diagnóstico. La presencia de un Volumen Espiratorio Forzado del Primer Segundo (FEV₁) menor al 80% del valor teórico normal y de un FEV₁/FVC postbroncodilatador < 0,70 confirma la presencia de limitación persistente al flujo aéreo y, por tanto, de EPOC. La tolerancia al ejercicio en estos pacientes es un marcador de gravedad de la EPOC independiente del VEF1. Cabe destacar que para el seguimiento evolutivo de la EPOC resulta muy importante la evaluación conjunta de ambos factores.^{2,4,5,6}

Con la evolución de la enfermedad suelen ser frecuentes las exacerbaciones. Dichos episodios aumentan la mortalidad de los pacientes EPOC en un 3 a 10 %, siendo aún mayor si el paciente requiere de cuidados intensivos.^{7,8}

La Calidad de Vida Relacionada con la Salud (CVRS) de un paciente con EPOC puede estar francamente deteriorada independientemente del grado de obstrucción al flujo aéreo. Por lo tanto, uno de los principales determinantes de la CVRS es la tolerancia al ejercicio. Uno de los principales objetivos que persigue la rehabilitación respiratoria para

“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

con los pacientes EPOC, a partir de un abordaje individualizado, es la reducción de los síntomas y el incremento de la tolerancia al ejercicio para de esa manera mejorar la calidad de vida.^{9,10}

La evaluación de la capacidad de ejercicio es un componente fundamental en la valoración del estado funcional de los pacientes EPOC. Dentro de los mecanismos involucrados en la limitación a la tolerancia al ejercicio podríamos destacar como más importante la limitación ventilatoria, pero no es el único ya que también existen otros factores involucrados como las alteraciones cardiovasculares, la debilidad de los músculos periféricos, alteraciones nutricionales, factores psicológicos y síntomas como la disnea y fatiga de los miembros inferiores. Existen herramientas fiables utilizadas con frecuencia en los programas de rehabilitación respiratoria (RR) para poder cuantificar el estado funcional y las percepciones subjetivas de los pacientes con EPOC, entre ellas la disnea y fatiga muscular, como lo son la escala de Borg Modificada y el Índice BODE. La primera consta de 12 niveles numéricos de disnea (entre 0 y 10 puntos) con descriptores verbales para cada uno de ellos. Es la recomendada por la Sociedad Española de Neumología y Cirugía Torácica (SEPAR) durante la prueba de esfuerzo cardiopulmonar. Mientras que el índice BODE es un sistema de clasificación multidimensional que evalúa las expresiones respiratorias y sistémicas de la EPOC, permitiendo categorizarla y predecir de manera más precisa el resultado en estos pacientes. Incluye el VEF1 para evaluar el deterioro pulmonar, la escala de disnea MMRC para medir la percepción de los síntomas, y dos dominios independientes: la distancia recorrida en seis minutos y el índice de masa corporal, que expresan las consecuencias sistémicas de la EPOC, dos factores simples pero efectivos para predecir el riesgo de mortalidad. El VEF1 es esencial para el diagnóstico y seguimiento, y la tasa de disminución del VEF1 es un marcador de progresión y mortalidad.^{11,12,13}

La limitación del ejercicio es un síntoma importante de los pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) grave. La capacidad ventilatoria reducida combinada con una carga ventilatoria aumentada provoca una disnea intolerable a niveles bajos de ejercicio. Evitar la disnea y, por lo tanto, el ejercicio produce una disnea progresiva que agrava aún más la inactividad física en estos pacientes y que a su vez produce un desacondicionamiento de los músculos periféricos, principalmente de las extremidades inferiores, el cual se expresa como una reducción de la densidad capilar, de las mitocondrias y enzimas oxidativas. Durante el ejercicio estos grupos musculares producen un aumento temprano y pronunciado de la concentración de lactato plasmático, lo que conduce a un aumento de la carga ventilatoria. La disfunción muscular periférica en

“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

los pacientes EPOC es multifactorial y una de las entidades sistémicas más importantes en esta población, la cual podría explicar el deterioro en la capacidad de ejercicio y por ende en su calidad de vida. La disfunción muscular periférica guarda una relación estrecha con la tolerancia al ejercicio y con la gravedad de los síntomas.^{14,15}

En etapas avanzadas de la EPOC, el aumento de la ventilación durante el ejercicio se produce a expensas de la frecuencia respiratoria y, en menor grado, por aumento del volumen corriente (V_t). En esta situación, con un tiempo espiratorio menor y con una limitación al flujo espiratorio, se produce atrapamiento aéreo y, consecuentemente, un aumento de la capacidad residual funcional, fenómeno conocido como hiperinsuflación pulmonar dinámica (HD). La hiperinsuflación dinámica durante el ejercicio, consecuencia de la limitación al flujo espiratorio, es uno de los principales factores que limita el ejercicio en los pacientes EPOC. Es un fenómeno asociado a PEEP intrínseca o Auto PEEP. Esta última podría definirse como la presión generada por el aire atrapado, producto de un vaciamiento pulmonar incompleto. Esto genera una mayor carga mecánica intrínseca para los músculos inspiratorios produciendo un incremento del trabajo respiratorio (WOB), el cual reduce la fuerza de los músculos inspiratorios, principalmente del diafragma.^{1,16,17,18}

Los programas de rehabilitación pulmonar mejoran la capacidad de ejercicio y la calidad de vida en pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC). Es por eso que el entrenamiento físico debe ser un componente obligatorio de los mismos. El alcance de los efectos fisiológicos del entrenamiento físico en pacientes con EPOC parece estar relacionado con la intensidad del entrenamiento. Se han informado resultados más grandes con el entrenamiento de alta intensidad en comparación con el entrenamiento de baja intensidad. Sin embargo, el entrenamiento de alta intensidad a menudo no es factible en pacientes con EPOC como resultado de las respuestas fisiopatológicas al ejercicio y la disnea de esfuerzo.¹⁹

Para mejorar la tolerancia al entrenamiento físico en pacientes con EPOC, se han aplicado varias intervenciones durante el ejercicio aeróbico, como medicación, ventiladores, oxígeno suplementario y asistencia ventilatoria no invasiva (NIVS). La Ventilación No Invasiva con presión positiva se utiliza frecuentemente en rehabilitación respiratoria.^{19,20}

La ventilación no invasiva (VNI) es una forma de proporcionar soporte ventilatorio sin la necesidad de utilizar una vía aérea artificial de manera invasiva, como un tubo endotraqueal o de traqueotomía. Se puede proporcionar aplicando presión negativa

“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

(subatmosférica) o positiva (supraatmosférica). La VNI con presión positiva es la más utilizada hoy en día. Existen diferentes dispositivos que permiten proporcionar una interfaz no invasiva entre el paciente y el respirador. Generalmente se utilizan diferentes tipos de mascarillas como suelen ser las oronasaes o nasales, pero siempre teniendo en cuenta las características anatómicas faciales del paciente y su grado de confort. Las interfases se amarran al paciente a partir de arnés elásticos.²¹

El uso de Ventilación No Invasiva (VNI) en pacientes EPOC ha demostrado disminuir la disnea y aumentar en consecuencia la tolerancia al ejercicio. Esto se debe a un menor trabajo respiratorio, aumento del flujo inspiratorio, corrección de la hipoventilación, reducción de la hiperinsuflación dinámica y lactacidemia. Es decir, estos se logran a partir de una optimización y mejora del intercambio gaseoso.²²

Por lo tanto, conociendo la fisiopatología de la Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica y el deterioro en la función y capacidad física que presentan los pacientes que la padecen y cómo estos se benefician de la ventilación mecánica no invasiva

¿Cuál es el impacto de la VNI en conjunto con el ejercicio dentro de un programa de rehabilitación respiratoria en la tolerancia al ejercicio, la percepción de disnea, la función pulmonar y muscular de pacientes con EPOC?

“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

II. OBJETIVOS.

II a. Objetivo General.

Comparar a través de una búsqueda bibliográfica los resultados de artículos científicos que proponen el uso de VNI durante el ejercicio en pacientes con EPOC dentro de un programa de rehabilitación respiratoria, en contraste con aquellos que utilizan el ejercicio como único método de intervención.

II b. Objetivos Específicos.

- Determinar si está terapéutica mejora la percepción de la disnea, la función pulmonar, tiempo de resistencia, distancia recorrida en el test de marcha de 6 minutos, fatiga de miembros inferiores y la calidad de vida relacionada con la salud.
- Determinar qué pacientes con EPOC se benefician de la VNI durante el ejercicio y en qué momento debe contemplarse esta herramienta.
- Establecer el modo ventilatorio y los niveles de configuraciones óptimos para la VNI durante el ejercicio.
- Comparar la eficacia de los distintos métodos de entrenamiento en conjunto con la VNI para mejorar la sensación de disnea, la tolerancia al ejercicio y capacidad funcional en esta población.
- Identificar efectos adversos de la terapia y en qué pacientes con EPOC estaría contraindicado el uso de este soporte ventilatorio.
- Determinar si existe una correlación entre el uso de la VNI en conjunto al ejercicio y la disminución de exacerbaciones respiratorias y hospitalizaciones de los pacientes con EPOC.

“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

III. MARCO TEÓRICO.

III.a Limitación al flujo espiratorio, atrapamiento aéreo e hiperinsuflación dinámica

En la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), la obstrucción de las vías aéreas se debe principalmente a dos factores: la disminución de la reactividad elástica y el aumento funcional de la resistencia. La reactividad elástica disminuye por la destrucción de las fibras elásticas del pulmón, lo que reduce la presión de retracción y el flujo espiratorio. Normalmente el parénquima pulmonar tracciona de las vías aéreas para mantenerlas abiertas. Sin embargo, en el enfisema se pierde su integridad estructural, debido a las alteraciones de la matriz de colágeno y elastina, y, por tanto, su efecto de tracción.²⁴

Como se ha mencionado anteriormente, los cambios patológicos característicos de la EPOC son la obstrucción de las vías aéreas, con el consiguiente incremento de la resistencia al flujo aéreo, y la pérdida de la retracción elástica del pulmón con descenso del flujo espiratorio. La obstrucción de las vías aéreas está determinada por alteraciones tanto extra como intraluminales. Estas últimas se manifiestan a través del engrosamiento de las paredes de los bronquios, la contracción del músculo liso bronquial y la acumulación de restos celulares y mucoides.²⁴

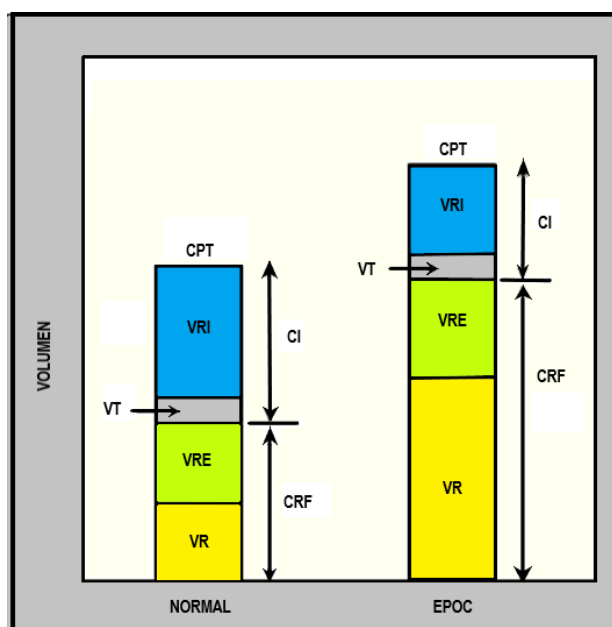
La limitación al flujo aéreo es la consecuencia funcional inmediata de dichos cambios patológicos. Debido a que el flujo en las vías aéreas más pequeñas varía de manera inversamente proporcional a su resistencia y directamente proporcional al gradiente de presiones, tanto la pérdida de la elasticidad pulmonar como el aumento de la resistencia en estas vías contribuyen a reducir el flujo espiratorio.²⁴

La resistencia en las vías aéreas aumenta funcionalmente por dos razones. Primero, los bronquios centrales tienen soporte cartilaginoso, mientras que los bronquiolos periféricos dependen del soporte que proporcionan las fibras elásticas del pulmón. En el enfisema principalmente, esta malla elástica se destruye, lo que reduce el soporte y estrecha las vías aéreas. Segundo, el punto de igual presión (PIP), que es el punto en las vías aéreas donde la presión interna iguala a la externa, se desplaza hacia zonas más cercanas al alvéolo debido a la baja presión de retroceso elástico. Este desplazamiento permite la compresión y cierre de las vías aéreas, especialmente en los bronquiolos periféricos sin soporte cartilaginoso. Durante un esfuerzo espiratorio, la presión dentro de las vías aéreas disminuye desde el alvéolo hasta la boca. El PIP marca el punto donde la presión interna iguala la externa, dividiendo la vía aérea en un segmento proximal (donde

“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

la presión interna es mayor) y uno distal (donde la presión externa es mayor). En volúmenes pulmonares grandes, el PIP no se presenta porque la presión interna es siempre mayor que la externa. Sin embargo, en volúmenes intermedios y pequeños, el PIP se desplaza hacia los bronquios segmentarios o más cerca de los alvéolos como lo es en el caso del enfisema, facilitando la compresión y cierre de las vías aéreas. Es decir, el PIP tiende a desplazarse más cerca de los alvéolos a medida que la presión de retroceso elástico pulmonar disminuye.²³

Durante un ciclo respiratorio normal, el colapso de los alvéolos y de los bronquiolos respiratorios y el incremento de la resistencia en la vía aérea hacen que los alvéolos tengan dificultades para vaciarse completamente a lo largo de la fase espiratoria, resultando incapaces de retornar a la situación previa a la inspiración. Este trastorno, conocido como atrapamiento aéreo, sucede en prácticamente todas las formas de EPOC, independientemente de su gravedad, así como en otras enfermedades respiratorias como el asma. Cuando los pacientes con EPOC experimentan atrapamiento aéreo, sus pulmones retienen más aire de lo normal, llevándolos a una condición llamada hiperinsuflación. Esto ocurre porque los alvéolos tienen dificultades para vaciarse por completo en cada exhalación, lo que resulta en un aumento gradual del volumen pulmonar al final de la espiración o capacidad residual funcional (CRF).²⁴



La figura N° 1 representa los volúmenes pulmonares en reposo de una persona sana y de una con EPOC. VR: volumen residual; VRE: volumen de reserva espiratorio; VT: volumen tidal; VRI: volumen de reserva inspiratorio; CRF: capacidad residual funcional; CI: capacidad inspiratoria; CPT: capacidad pulmonar total.²⁴

“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

La hiperinsuflación pulmonar en pacientes con EPOC se ve agravada por el aumento de las demandas ventilatorias, como durante la realización de ejercicio físico. En estas situaciones, la espiración deja de ser un proceso pasivo y requiere la contracción de los músculos espiratorios. En individuos sanos, esto conduce a una disminución del volumen pulmonar teleespiratorio (EELV). Sin embargo, muchos pacientes con EPOC experimentan un significativo aumento del EELV durante el ejercicio, alcanzando un nuevo punto de equilibrio por encima de la capacidad residual funcional, fenómeno conocido como hiperinsuflación dinámica.²⁴

La hiperinsuflación dinámica, presente durante las actividades cotidianas como la deambulación en pacientes con EPOC, afecta negativamente a los músculos inspiratorios debido a sus efectos en la relación longitud-tensión. Esta condición representa una carga tipo umbral para la inspiración. Cuando el volumen pulmonar teleespiratorio (EELV) se mantiene por encima de la capacidad residual funcional al final de una espiración normal, una presión de retracción elástica residual persiste, resultando en una presión alveolar positiva. Para que el aire entre en los pulmones en la siguiente inspiración, la presión alveolar debe volverse negativa en relación a la presión atmosférica. Por lo tanto, una parte de la presión generada por los músculos inspiratorios se destina a contrarrestar la presión de retracción elástica residual del sistema respiratorio. Como la respiración ocurre a volúmenes pulmonares más altos, es decir, se lleva a cabo en una parte menos complaciente de la curva presión-volumen del sistema respiratorio hay en consecuencia un aumento del trabajo respiratorio. La hiperinsuflación dinámica, por tanto, contribuye significativamente a la sensación de disnea experimentada por los pacientes con EPOC.²⁴

III. b Consecuencias clínicas del atrapamiento aéreo y de la hiperinsuflación dinámica

La aparición de atrapamiento aéreo y su consecuencia directa, la hiperinsuflación, tienen importantes consecuencias clínicas en los pacientes con EPOC. Se ha demostrado que la hiperinsuflación está asociada con la tolerancia al ejercicio, la sensación de disnea y la hipoventilación alveolar en estos pacientes. Las alteraciones en la relación ventilación-perfusión, debido a la limitación mecánica, llevan a retención de CO₂ y disminución en la saturación de oxígeno durante el ejercicio.²⁵

Investigaciones recientes sugieren que la presencia de hiperinsuflación podría constituir un factor pronóstico en la enfermedad. Variables como el porcentaje del valor predicho de Volumen Espiratorio Forzado en el primer segundo (%VEF1) y la Capacidad Inspiratoria en reposo (CI) muestran correlaciones significativas con la tasa de trabajo máximo y el

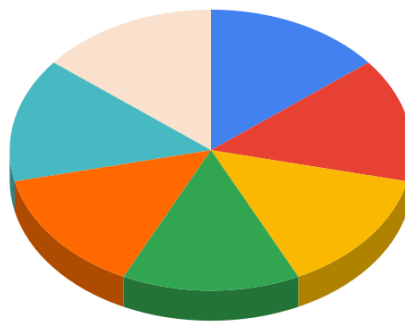
“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

consumo máximo de oxígeno (VO₂ pico), convirtiéndose en predictores clave de la capacidad de ejercicio en estos pacientes.²⁵

III. c Intolerancia al ejercicio

La hiperinsuflación dinámica puede entenderse como una respuesta adaptativa frente a la limitación del flujo aéreo en pacientes con EPOC. Este fenómeno busca incrementar las velocidades de los flujos espiratorios situando al paciente en un punto más alto de la curva presión-volumen del sistema respiratorio. Al hacerlo, se incrementa la presión de retracción elástica, lo que facilita un mayor flujo espiratorio. No obstante, la hiperinsuflación dinámica trae consigo una serie de inconvenientes:²⁴

Consecuencias de la hiperinsuflación dinámica



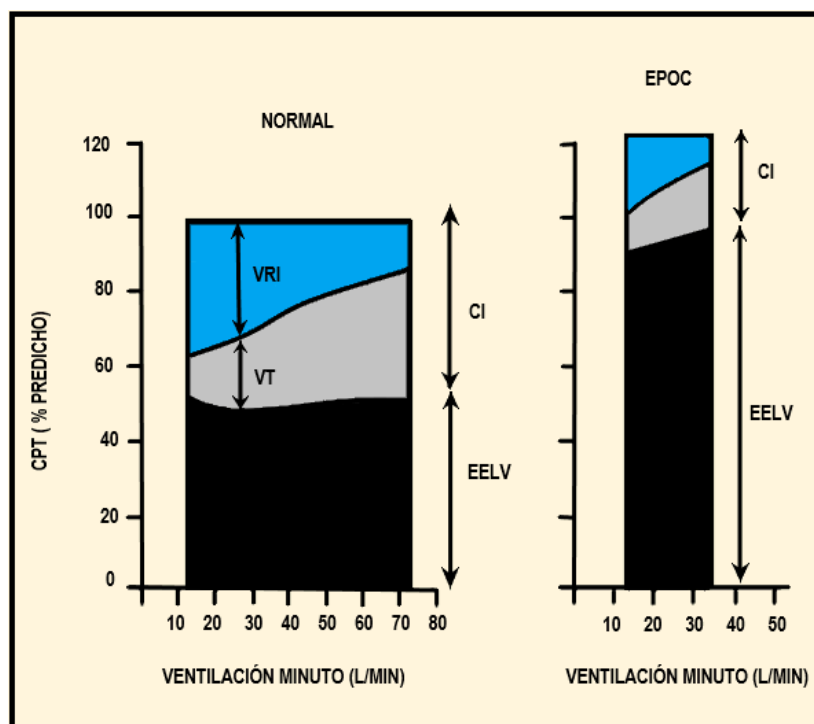
- Limitación en la capacidad de aumentar el volumen corriente durante el ejercicio, acompañada de taquipnea.
- AutoPEEP o PEEP_i
- Debilidad funcional de los músculos inspiratorios
- Desacoplamiento neuromecánico del sistema respiratorio
- Aumento de la disnea durante el ejercicio
- Disfunción cardíaca
- Finalización prematura del ejercicio

La figura N° 2 representa las múltiples consecuencias que genera la hiperinsuflación dinámica en los pacientes con EPOC.²⁶

En estos pacientes, la limitación del flujo espiratorio y el incremento de la frecuencia respiratoria durante la actividad física provocan hiperinsuflación dinámica, en la que la respiración ocurre a volúmenes pulmonares cercanos a la capacidad pulmonar total. Debido al incremento de los volúmenes pulmonares al final de la espiración, el EELV se encuentra más próximo a la capacidad pulmonar total (CPT). Esta proximidad reduce el volumen de reserva inspiratorio, limitando así la capacidad de expansión del volumen corriente. Durante el ejercicio, la única manera de incrementar la ventilación minuto es

“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

aumentar la frecuencia respiratoria. Sin embargo, la taquipnea acorta el tiempo espiratorio, potenciando el círculo vicioso de la hiperinsuflación dinámica.^{24, 26}



En la figura N° 3 se ilustra la dinámica de los volúmenes pulmonares durante la actividad física en individuos sanos y diagnosticados con EPOC. Se observa que los pacientes con EPOC presentan un EELV elevado, resultado de la hiperinsuflación. Este EELV tiende a aumentar aún más durante el ejercicio. En este contexto, el intento de incrementar el volumen corriente se ve restringido por la dificultad de expandir los pulmones a volúmenes mayores, dado que el EELV se aproxima considerablemente a la CPT. Como consecuencia, la única manera de incrementar la ventilación minuto es a través de un aumento en la frecuencia respiratoria. No obstante, este ajuste acorta aún más el tiempo espiratorio, perpetuando un ciclo vicioso en el que se agrava la hiperinsuflación dinámica y el atrapamiento aéreo, lo que resulta en un deterioro progresivo de la función respiratoria. VR: volumen residual; VRE: volumen de reserva espiratorio; VT: volumen tidal; VRI: volumen de reserva inspiratorio; CRF: capacidad residual funcional; CI: capacidad inspiratoria; CPT: capacidad pulmonar total.²⁴

Como se ha mencionado previamente, la hiperinsuflación dinámica representa una carga inspiratoria de tipo umbral. En estos pacientes, la inspiración comienza antes de que se haya producido un vaciamiento pulmonar completo. En consecuencia, los músculos inspiratorios deben superar primero la presión de retracción elástica del pulmón, que aún

“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

favorece la espiración. Este fenómeno da lugar a una presión positiva al final de la inspiración, conocida como autopresión positiva al final de la inspiración o presión positiva al final de inspiración intrínseca (AutoPEEP o PEEPi) ; la misma genera un incremento en el trabajo elástico respiratorio (WOB) y afecta la función hemodinámica de estos pacientes, disminuyendo la precarga ventricular derecha y, por ende, el rendimiento durante el ejercicio.^{24, 25, 26}

En pacientes con EPOC, el aumento del PEEPi y la disminución de la compliance dinámica causan un mayor trabajo respiratorio a cualquier nivel de intensidad, contribuyendo a la fatiga muscular respiratoria. Sin embargo, la fatiga muscular respiratoria no es el principal generador de la limitación al ejercicio; la aparición de HD antes de la fatiga muscular juega un rol crucial en este proceso.²⁵

En el contexto del ejercicio, el WOB aumenta junto con la disnea, y el flujo sanguíneo puede redistribuirse de las extremidades a los músculos respiratorios, lo que conduce a una fatiga muscular periférica temprana, siendo este otro factor clave en la interrupción del ejercicio en estos pacientes. La fuerza muscular periférica es un determinante crucial de la capacidad de ejercicio en pacientes con EPOC. El desgaste muscular periférico es común en la EPOC avanzada, similar a lo observado en otras enfermedades crónicas. La mejora de la masa y fuerza muscular se ha asociado con una mayor tolerancia al ejercicio y una mejor supervivencia. Por lo tanto, mejorar la función muscular periférica es un objetivo terapéutico esencial para los pacientes con EPOC.^{18, 26}

En pacientes con EPOC, se observa una alteración en la relación longitud-tensión de los músculos respiratorios, especialmente del diafragma, lo que resulta en una disminución de su capacidad para generar presión. Esta condición se ve agravada por la taquipnea y el aumento en la velocidad de acortamiento muscular durante la actividad física, lo que contribuye a la debilidad funcional de los músculos respiratorios.²⁴

El incremento del trabajo respiratorio causado por la hiperinsuflación dinámica y la debilidad muscular hace que las presiones inspiratorias a volumen corriente representen una proporción significativa de la capacidad máxima para generar fuerza muscular, aumentando así el riesgo de fatiga. La hiperinsuflación dinámica progresiva en pacientes con EPOC conduce a una limitación ventilatoria crítica que resulta en la interrupción temprana del ejercicio. Además, se ha demostrado una relación directa entre la capacidad de ejercicio en estos pacientes y la magnitud de la hiperinsuflación en reposo, que se manifiesta a través de una reducción en la capacidad inspiratoria.²⁴

“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

III. d Disnea

En estos pacientes, se ha establecido una estrecha correlación entre la intensidad de la disnea experimentada durante el ejercicio y las mediciones de hiperinsuflación dinámica. En la EPOC grave, los cambios en el EELV y en el volumen corriente se destacan como los principales factores que determinan la variación en la puntuación de disnea según la escala de Borg durante el ejercicio físico. Estos cambios, junto con la frecuencia respiratoria, explican el 61% de la variabilidad en la percepción de disnea.²⁴

La mayor intensidad de la disnea se asocia con una mayor relación entre el esfuerzo inspiratorio requerido y el volumen corriente logrado (conocida como relación esfuerzo/desplazamiento), lo que indica un mayor nivel de disociación neuromecánica en estos pacientes. En resumen, se postula que la hiperinsuflación dinámica y sus consecuencias adversas sobre la mecánica pulmonar desempeñan un rol significativo en la generación de la disnea durante la realización de ejercicio en individuos con EPOC.²⁴

III. e Hipoventilación alveolar

Los músculos respiratorios pueden ser incapaces de generar una presión pleural suficiente para sostener el patrón respiratorio requerido. Durante la respiración espontánea, los músculos inspiratorios deben producir una fuerza capaz de vencer tanto la resistencia como la limitación elástica para lograr la expansión del sistema respiratorio. Esta fuerza debe mantenerse en el tiempo para adaptar su patrón respiratorio a un óptimo intercambio de gases. La incapacidad de los músculos respiratorios para mantener de forma constante una presión adecuada que garantice la ventilación alveolar recibe el nombre de fatiga. Es crucial distinguir este término de la debilidad, la cual implica una disminución constante de la fuerza muscular producida sin posibilidad de reversión mediante el reposo.²⁴

Como se ha señalado anteriormente, la hiperinsuflación presenta varios desafíos para el funcionamiento de los músculos. Este fenómeno impacta sobre la relación longitud-tensión de los músculos respiratorios, ya que las fibras musculares se acortan, lo que resulta en la generación de menor presión para un estímulo de la misma intensidad. Es por eso que se requerirá un esfuerzo superior para mantener un determinado nivel de ventilación alveolar, lo que se traduce en un aumento del gasto energético. La hiperinsuflación también provoca cambios en la geometría de las fibras de los músculos inspiratorios. Cuando el diafragma se aplana, su capacidad para desarrollar presión disminuye debido a un incremento de su radio (Ley de Laplace). Además, se reduce la

“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

zona de posición del diafragma, lo que empeora la transmisión de la presión abdominal generada por la contracción diafragmática a la parte inferior y lateral de la caja torácica. La hiperinsuflación también altera la orientación de las fibras del diafragma, haciendo que trabajen de manera perpendicular y en serie respecto a la caja torácica. Durante la inspiración, la contracción de estas fibras orientadas perpendicularmente provoca un movimiento paradójico en la parte inferior del tórax. Por tal motivo, los músculos inspiratorios se ven obligados a trabajar en una situación de desventaja mecánica debido a la hiperinsuflación.²⁴

La hiperinsuflación pulmonar, conlleva una serie de alteraciones mecánicas que, a su vez, incrementan el trabajo respiratorio. Este aumento en la carga de trabajo respiratorio se traduce en mayores demandas energéticas. Sin embargo, estas demandas no pueden ser adecuadamente satisfechas debido a la contracción sostenida de los músculos respiratorios, lo que limita el suministro de energía. La interacción de varios factores como el incremento del trabajo respiratorio, la disminución de la fuerza muscular, la reducción de la eficiencia y la limitación en el suministro energético, coloca a los músculos respiratorios en una situación desventajosa haciéndolos susceptibles al desarrollo de fatiga.²⁴

La fatiga muscular en los pacientes con EPOC se produce cuando el suministro de energía a los músculos respiratorios resulta insuficiente para satisfacer sus demandas. Los factores que predisponen al desarrollo de fatiga incluyen aquellos que aumentan las demandas energéticas de los músculos y aquellos que reducen el aporte de energía. La demanda energética en los pacientes con EPOC está determinada por el trabajo respiratorio, así como por la fuerza y eficiencia de los músculos respiratorios. El trabajo respiratorio aumenta proporcionalmente con la presión media generada por estos músculos, la cual se expresa como una fracción de la presión inspiratoria máxima, con la ventilación minuto y con la duración de la contracción inspiratoria en comparación con la duración total del ciclo respiratorio.²⁴

En los pacientes con EPOC, la capacidad de mantener una presión superior al 60% de la fuerza inspiratoria máxima durante un tiempo prolongado es limitada. Por lo tanto, este umbral se considera el límite crítico para el desarrollo de fatiga muscular. Aunque la fatiga y la debilidad muscular son conceptos distintos, la debilidad muscular que presentan algunos pacientes con EPOC también contribuye al desarrollo de la fatiga. En estos casos, los músculos requieren una mayor cantidad de energía para realizar un trabajo determinado. Dado que el umbral de trabajo muscular que induce fatiga es una proporción

“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

de la fuerza máxima, cualquier condición que debilite el músculo y reduzca su fuerza máxima aumenta la predisposición a la fatiga. Entre estas condiciones se incluyen la atrofia muscular, las enfermedades neuromusculares y situaciones que resulten en una relación longitud-tensión ineficiente, como ocurre durante la hiperinsuflación, donde tanto el diafragma como los músculos intercostales funcionan a una menor longitud.²⁴

Se ha evidenciado que, ante la misma carga de trabajo, el consumo de oxígeno es significativamente mayor en pacientes con enfisema en comparación con sujetos sanos. Esto probablemente se deba a la contracción isométrica de sus músculos, que consumen energía sin realizar trabajo efectivo, o a que sus músculos inspiratorios operan en una porción ineficiente de su relación longitud-tensión.²⁴

En resumen, los pacientes con EPOC desarrollan fatiga cuando existe un desequilibrio entre el suministro de energía a los músculos respiratorios y sus demandas. Este desequilibrio resulta en una pérdida de fuerza muscular, lo que impide a los músculos respiratorios generar una presión inspiratoria adecuada durante la respiración a volumen corriente. Como consecuencia, se reduce el volumen corriente y la ventilación minuto, lo que lleva a la hipercapnia.²⁴

Recientemente, se ha demostrado que la hiperinsuflación dinámica es uno de los mecanismos más importantes que contribuyen al desarrollo de hipercapnia durante el ejercicio en pacientes con EPOC. En un número limitado de pacientes, se ha establecido una relación entre la hiperinsuflación dinámica y la hipercapnia durante el ejercicio debido a un empeoramiento de la relación ventilación-perfusión. El aumento de la presión arterial de dióxido de carbono (PaCO_2) inducido por el ejercicio dependía de la desaturación arterial de oxígeno y de la relación EELV/CPT, lo cual explicaba hasta el 56% de la variación de la PaCO_2 durante el ejercicio.²⁴

III. f Rehabilitación respiratoria en pacientes con EPOC:

La rehabilitación respiratoria en pacientes con EPOC juega un papel fundamental en la mejora de su calidad de vida y capacidad de ejercicio. Los programas de rehabilitación pulmonar (PRP) se centran en el entrenamiento físico aeróbico, que ha demostrado ser altamente efectivo según la declaración conjunta de la Sociedad Torácica Estadounidense/Sociedad Respiratoria Europea. Se destaca que este tipo de terapia tiene una mayor evidencia de efectividad en comparación con otras intervenciones para la EPOC. A pesar de que existen datos disponibles para pacientes con EPOC leve a moderada, las directrices actuales brindan pocas recomendaciones específicas para

“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

aquellos en estados más graves. Es importante destacar que la gravedad de la limitación del flujo de las vías respiratorias no parece estar directamente relacionada con los resultados de la PRP, lo que subraya la importancia de considerar otros factores.²⁶

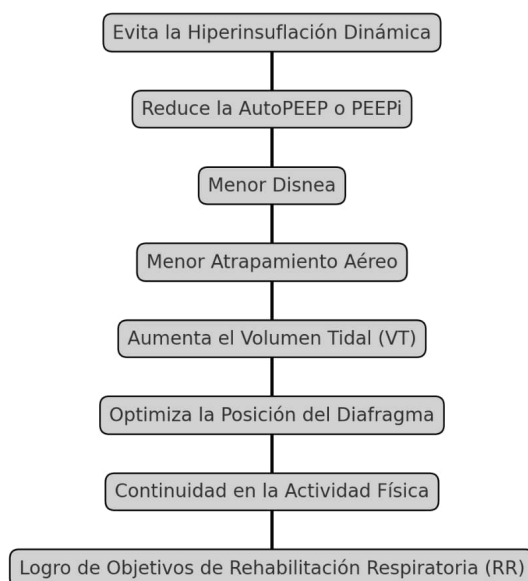
La intensidad del entrenamiento físico es un aspecto crucial a tener en cuenta. Se ha observado que el entrenamiento de alta intensidad puede mejorar tanto las pruebas de ejercicio máximas como las submáximas, y generar adaptaciones beneficiosas tanto a nivel cardiorrespiratorio como muscular periférico. Sin embargo, en pacientes con EPOC grave, la presencia de disnea extrema y/o fatiga muscular periférica puede limitar la capacidad de realizar entrenamientos de mayor intensidad.²⁷

La limitación del flujo respiratorio en estos pacientes lleva a un patrón respiratorio que impone demandas adicionales a los músculos inspiratorios, lo que puede contribuir a la sensación de disnea y la limitación del ejercicio, incluso antes de alcanzar el techo ventilatorio. Se destaca la importancia de una rehabilitación multidisciplinaria que aborde no solo la función respiratoria y muscular periférica, sino también la nutrición y las Actividades de la Vida Diaria (AVD), siendo estos elementos relevantes para la mejoría del estado funcional y la supervivencia a largo plazo en estos pacientes.^{18, 27}

III. g VNI en RR:

La ventilación no invasiva (VNI) es una forma de proporcionar soporte ventilatorio sin la necesidad de utilizar una vía aérea artificial de manera invasiva, como un tubo endotraqueal o de traqueotomía. Se puede proporcionar aplicando presión negativa (subatmosférica) o positiva (supraatmosférica). La VNI con presión positiva es la más utilizada hoy en día. Existen diferentes dispositivos que permiten proporcionar una interfaz no invasiva entre el paciente y el respirador. Generalmente se utilizan diferentes tipos mascarillas como suelen ser las oronasaes o nasales, pero siempre teniendo en cuenta las características anatómicas faciales del paciente y su grado de confort. Las interfases se amarran al paciente a partir de arnés elásticos.²¹

“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”



La figura N° 4 representa un resumen de los efectos de la VNI en pacientes con EPOC.

La VNI surge como una herramienta útil para limitar la HD y atenuar el aumento del trabajo de los músculos respiratorios durante el ejercicio. Además, puede influir en la actividad vegetativa y en la respuesta inflamatoria al ejercicio, ofreciendo beneficios adicionales en estos pacientes.^{25, 26}

Como se ha mencionado con anterioridad, la carga mecánica intrínseca y la debilidad funcional de los músculos inspiratorios en la EPOC son factores que contribuyen a la disnea experimentada por estos pacientes. La VNI puede proporcionar un beneficio sintomático al aliviar la carga sobre estos músculos ventilatorios sobrecargados, lo que a su vez reduce la sensación de disnea durante el ejercicio. Por lo tanto, la reducción de la disnea mediante ventilación asistida podría permitir que los pacientes con EPOC realicen ejercicios a intensidades más altas a las que podrían lograr por sus condiciones fisiopatológicas, mejorando así su capacidad de entrenamiento y los resultados de su rehabilitación respiratoria.^{26, 27}

III. h Modos ventilatorios:

Existen diferentes modos en lo que respecta a la aplicación de la ventilación mecánica no invasiva, donde la elección en la utilización de cada uno depende de la experticia profesional y las características individuales del paciente. A continuación se citan las diferentes modalidades:

“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

La combinación de presión de soporte (PSV) con presión positiva al final de la espiración (PEEP) es el modo más utilizado en la aplicación de VNI en estos pacientes. En la PSV, cada respiración es activada o disparada por el paciente, lo que proporciona soporte ventilatorio respiración a respiración mediante una onda de presión positiva sincronizada con el esfuerzo inspiratorio. Durante la inspiración, la presión en las vías respiratorias se eleva a un nivel preestablecido, el nivel presión de soporte seteado, el cual se mantiene hasta que la máquina detecta el final del esfuerzo respiratorio del paciente o la demanda de expiración del mismo. La presión de soporte cicla por flujo, lo que permite al paciente regular su tiempo inspiratorio, espiratorio, flujo inspiratorio, volumen corriente y volumen minuto. Esta modalidad ofrece mayor confort al paciente y reduce su trabajo respiratorio.^{18, 28}

La ventilación asistida proporcional (PAV) se destaca como un modo parcial de soporte ventilatorio que se ajusta según el esfuerzo respiratorio del paciente. En PAV, el ventilador genera flujo y presión inspiratoria de forma proporcional al patrón respiratorio espontáneo del paciente, lo que se traduce en un apoyo adaptado a sus necesidades individuales. En este modo, el ventilador responde a la ecuación de movimiento, generando presión en función del esfuerzo del paciente. El terapeuta puede ajustar el nivel de asistencia para aliviar parte de la carga de trabajo mecánica, tanto resistiva como elástica, mediante la asistencia de flujo y volumen, respectivamente. Esto conlleva varias ventajas potenciales, como la optimización de la interacción paciente-ventilador al transferir la responsabilidad de guiar el patrón ventilatorio al paciente, lo que disminuye las asincronías paciente-ventilador y brinda mayor comodidad. Además, el uso de PAV puede resultar en la reducción de la presión máxima en las vías respiratorias necesaria para mantener la ventilación, lo que disminuye la probabilidad de sobreventilación. Asimismo, este modo favorece la preservación y mejora de los mecanismos de control homeostático, ya que el ventilador actúa como una extensión de los propios músculos del paciente. Por último, se destaca la eficiencia mejorada de la ventilación con presión negativa asociada a la PAV.^{18, 29}

Aunque no constituye un modo "real" de ventilación mecánica, teóricamente, la CPAP podría reducir la carga del umbral inspiratorio aumentado asociado con la hiperinsuflación dinámica en los músculos inspiratorios de pacientes con EPOC, optimizando el acoplamiento neuromuscular, aliviando la disnea y aumentando la tolerancia al ejercicio, contrarrestando en parte el PEEPi. Para maximizar los beneficios de la CPAP, es fundamental adaptar el nivel de presión positiva a las necesidades de cada

“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

paciente, lo que implica la medición invasiva del PEEP intrínseco (PEEPi), una tarea difícil de realizar en un entorno clínico convencional.²⁶

La CPAP es un modo de ventilación espontánea controlada por presión, gatillada por flujo o presión, limitada por presión y ciclada por el paciente. Como la ventilación no es apoyada o soportada, el volumen corriente (VT), la frecuencia respiratoria y consecuentemente, la ventilación alveolar, pueden variar en el tiempo ya que dependen del patrón respiratorio del paciente. Permite generar un gradiente de presión positivo dentro del ciclo inspiración-espирación, lo que contribuye a aumentar la presión media de la vía aérea. Este efecto de la presión positiva en ambas fases del ciclo respiratorio se traduce en un aumento de la capacidad residual funcional (CRF) y una disminución del trabajo respiratorio, especialmente en situaciones clínicas donde hay una reducción de la CRF.²⁸

III. i Fundamento:

Conociendo la fisiopatología del EPOC y de los mecanismos por el cual estos pacientes tienen limitaciones severas en sus actividades de la vida diaria, el objetivo de nuestra investigación es proporcionarle a esta población una herramienta dentro del marco de la rehabilitación respiratoria para lograr un acondicionamiento físico e integral que le permita desarrollarse en su vida cotidiana de manera que tenga una reducción en la intensidad de sus síntomas y número de exacerbaciones. Esta herramienta es la aplicación de la VNI durante el entrenamiento físico, comparado con el ejercicio sin asistencia, habiendo observado cómo se comporta el paciente y que ventajas puede obtener de esta intervención.

“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

IV. JUSTIFICACIÓN.

Habiendo descrito los beneficios que tiene la Ventilación No Invasiva (VNI) en la reducción de la disnea y el incremento de la tolerancia al ejercicio, se plantea si este soporte como coadyuvante de un programa de rehabilitación respiratoria es eficaz para permitirles a los pacientes EPOC realizar el ejercicio aeróbico a una intensidad más alta, para que puedan obtener un mayor efecto fisiológico del entrenamiento y así prevenir la disfunción muscular periférica, sabiendo que esta última limita la capacidad de ejercicio y por lo tanto, condiciona a los mismos a un estilo de vida más sedentario y empeoramiento del cuadro clínico, el cual culmina con frecuentes hospitalizaciones que de repetirse en el tiempo aumentan considerablemente la mortalidad.

Planteamos esta problemática para que los profesionales kinesiólogos que se desempeñan al área de rehabilitación cardiorrespiratoria conozcan que esta intervención puede ser una herramienta útil en la rehabilitación respiratoria de los pacientes con EPOC para que puedan realizar el ejercicio a intensidades más altas, aumentando la tolerancia al mismo para así generar mayores adaptaciones cardiorrespiratorias y sobre la musculatura periférica, evitando el deterioro de la enfermedad y las consecuentes exacerbaciones y hospitalizaciones, garantizando así una mejor calidad de vida relacionada con la salud. Además para que el mismo paciente con EPOC que acude a rehabilitación respiratoria sepa de los beneficios de dicha terapia y la tenga en cuenta para aplicarla inclusive en su domicilio.

“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

V. MÉTODOS.

A continuación, se detalla la estrategia de búsqueda utilizada y la selección de artículos en base a los filtros, criterios de inclusión y exclusión.

Se llevó a cabo una revisión bibliográfica de la literatura, en las bases de datos como: Pubmed, BVS y Cochrane, mediante búsqueda manual y literatura gris. Incluiremos artículos científicos publicados entre los años 1985 al 2024 inclusive.

Los criterios de inclusión consisten en ensayos clínicos que incluyan pacientes adultos con EPOC con o sin comorbilidad asociada y que utilicen el ejercicio en conjunto a la Ventilación No Invasiva y estudios comparativos de esta intervención dentro de un programa de Rehabilitación Respiratoria. La fecha de publicación debe ser de 1985 al 2024, deben tener acceso a su formato completo y las variables que se evalúan deben poder responder a nuestros objetivos propuestos. Los criterios de exclusión consisten en aquellos artículos que tengan una muestra con personas menores de 18 años, que tengan EPOC asociada a otra enfermedad respiratoria crónica o utilicen VNI por fuera del tiempo en el que se realiza el entrenamiento físico.

A estas estrategias y a los resultados obtenidos en las bases de datos virtuales se les aplicaron los filtros “Ensayo clínico controlado”, “Revisión sistemática” y la fecha de publicación debe comprender los años entre 1985 a 2024.

Además de las estrategias de búsqueda aplicada, muchos de los artículos incluidos fueron recuperados de la literatura gris, observando referencias bibliográficas dentro de las distintas investigaciones, artículos recomendados por las mismas bases de datos, compartidos por el director y a través de motores de búsqueda como Google Académico.

V.a Estrategia de búsqueda aplicada:

Se tendrán en cuenta los siguientes términos y para realizar la búsqueda en las distintas bibliotecas virtuales se combinarán los mismos de la siguiente manera:

“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

Palabra Clave	DeCs	MeSH	Términos Libres
Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica	Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica	Pulmonary Disease, Chronic Obstructive	COAD, EPOC, Obstrucción crónica al flujo aéreo
Ventilación No Invasiva	Ventilación No Invasiva	Ventilation Non Effractive	
Tolerancia al Ejercicio	Tolerancia al Ejercicio	Exercise Tolerance	
Auto PEEP	Respiración de Presión Positiva Intrínseca	Respiration avec pression positive intrinsèque	Auto PEEP, PEEP intrínseca, PEEP oculta
Hipoventilación	Hipoventilación	Hypoventilation	
Disnea	Disnea	Dyspnea	
Ejercicio de Rehabilitación	Tratamiento por actividad física	Traitement par les exercices physiques	Ejercicio Terapéutico/ Ejercicio de Rehabilitación

“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

Terapia respiratoria	Terapia respiratoria	Respiratory Therapy	
Espirometría	Espirometría	Spirometry	
Equivalente Metabólico	Equivalente Metabólico	Metabolic Equivalent	
Índice BODE			Índice BODE, BODE index
Prueba de Esfuerzo	Prueba de Esfuerzo	Exercise Test	Test de Esfuerzo/ Prueba de ejercicio/ Pruebas de Aptitud Física/ Prueba de Esfuerzo Cardiopulmonar

Combinación de los términos DeCs:

- "enfermedad pulmonar obstructiva cronica" AND "Ventilación no invasiva" AND "tolerancia al ejercicio"
- "enfermedad pulmonar obstructiva crónica" AND "terapia respiratoria" AND "ventilación no invasiva"
- “enfermedad pulmonar obstructiva crónica” AND “ventilación no invasiva” AND “ejercicio de rehabilitación”
- "EPOC" AND "Ventilación no invasiva" AND "disnea" AND "tolerancia al ejercicio"
- “Ventilación no invasiva” AND “tolerancia al ejercicio” AND “ejercicio de rehabilitación”
- "COAD" AND "ventilación no invasiva" AND "tolerancia al ejercicio" AND "tratamiento por actividad física" OR "ejercicio de rehabilitación".

“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

- “EPOC” AND “Ventilación No Invasiva” AND “Equivalente Metabólico” AND “Tolerancia al ejercicio”
- “Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica” AND “Ventilación No Invasiva” AND “Tratamiento por actividad física” OR “Terapia respiratoria” AND “Tolerancia al ejercicio.”
- “Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica” AND “Ejercicio de Rehabilitación” OR “Terapia Respiratoria” AND “Prueba de Esfuerzo”.
- “Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica” AND “Ventilación No Invasiva” OR “Terapia Respiratoria” AND “Prueba de Esfuerzo”
- “Ventilación No Invasiva” AND “Ejercicio de Rehabilitación” AND “Prueba de Esfuerzo” AND “Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica”

Combinación de los términos MeSh:

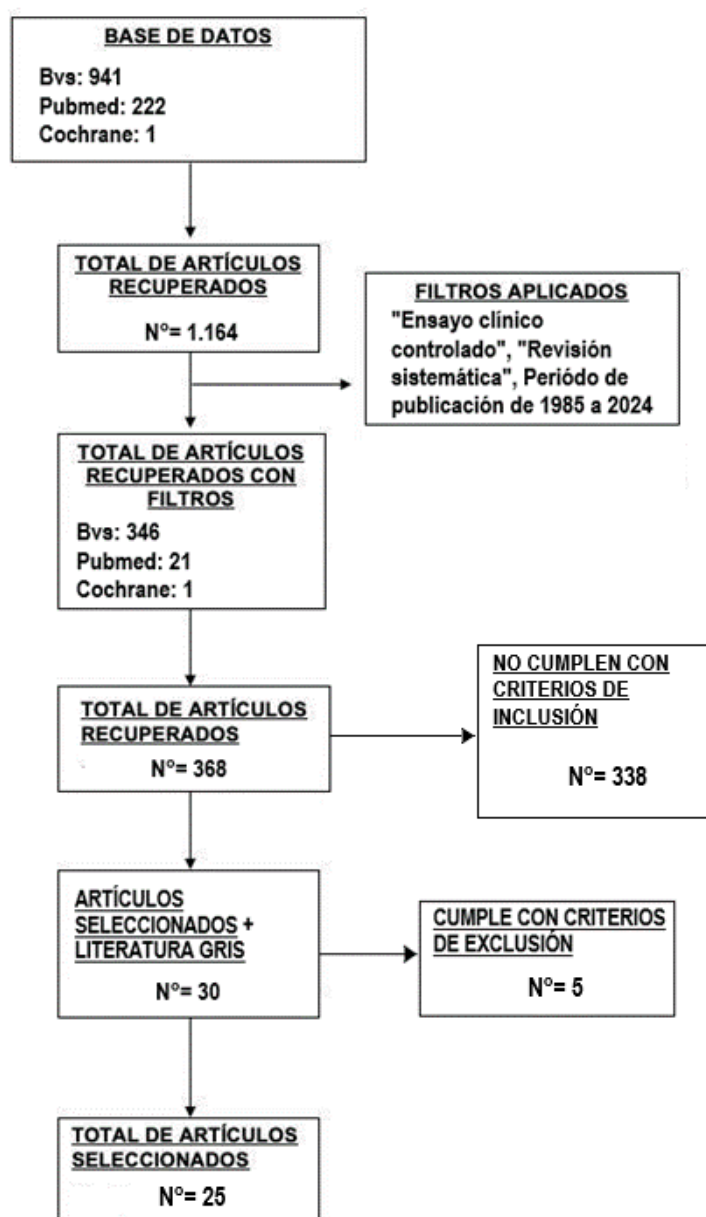
- “Pulmonary Disease, Chronic Obstructive” AND “Ventilation Non Effractive” AND “Exercise Tolerance”
- “Pulmonary Disease, Chronic Obstructive” AND “Respiratory Therapy” AND “Ventilation Non Effractive”
- “Pulmonary Disease, Chronic Obstructive” AND “Ventilation Non Effractive” AND “Traitement par les exercices physiques”
- “Pulmonary Disease, Chronic Obstructive” AND “Ventilation Non Effractive” AND “Dyspnea” AND “Exercise Tolerance”
- “Ventilation Non Effractive” AND “Exercise Tolerance” AND “Traitement par les exercices physiques”
- “Pulmonary Disease, Chronic Obstructive” AND “Ventilation Non Effractive” AND “Exercise Tolerance” AND “Traitement par les exercices physiques” OR “ejercicio terapéutico”

“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

VI. RESULTADOS.

Para esta revisión bibliográfica seleccionamos un total de 25 ensayos clínicos para su posterior análisis, que responden a los objetivos específicos que fueron detallados. Se excluyeron un total de 5 artículos los cuales no estaban publicados de manera completa, eran de acceso limitado y no cumplían con los objetivos propuestos para esta investigación.

VI. a Diagrama de flujo:



A continuación, se describe una breve reseña de cada uno de los artículos seleccionados:

“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

TÍTULO		La ventilación no invasiva mejora los resultados en las pruebas de ejercicio en pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.²²		
AUTOR/ ES		Alejandro Martínez Fraga, Martín Sívori, Sergio Delgadillo, Laura Bustamante, César Saenz.		
AÑO		2011		
TIPO DE ESTUDIO		Ensayo clínico aleatorizado.		
OBJETIVO	MUESTRA	INTERVENCIÓN	RESULTADOS	CONCLUSIÓN
<p>Evaluar el impacto de la VNI en la respuesta a ejercicios máximos y submáximos en pruebas de campo en pacientes con EPOC.</p>	<p>Se evaluaron 11 pacientes con EPOC moderada, severa y muy severa (estadio II a IV GOLD), con hipoxemia moderada y normocapnia.</p>	<p>Se realizó el Test de Marcha de 6 minutos. Luego de 30 minutos de descanso se realizó otra evaluación del mismo test y se consideró la mejor prueba.</p> <p>Luego de 30 minutos, se realizó prueba de escalera, usando una escalera del hospital de 49 escalones de una altura cada uno de 15,5 cm a la mayor velocidad posible sin detenerse.</p> <p>Luego de 30 minutos, se realizó una prueba de caminata de carga progresiva (Shuttle Test).</p> <p>Los 11 participantes realizaron estas pruebas sin y con VNI, a través de una máscara nasal y un modo binivelado con 15</p>	<p>TM6M: Se observó una mejoría en la distancia caminada en 62 metros. La velocidad de caminata aumentó 17.14%. Si se toma como diferencia mínima clínicamente significativa 35 metros, 8 de 11 pacientes la superaron .</p> <p>Prueba de Escalera: se determinó una significativa mayor velocidad de ascenso (+11.81%).</p> <p>Prueba de Caminata de Carga Progresiva: Se observó mayor velocidad (+14.4%) y distancia caminada (+30.6%). Si se toma como diferencia clínicamente</p>	<p>En este estudio piloto se ha reportado el efecto de la VNI en el ejercicio de pruebas de campo, en un grupo de pacientes con EPOC muy seleccionado, con hipoxemia moderada y normocapnia, demostrando una mayor distancia caminada por incremento de la velocidad de paso en la pruebas de caminata (6 minutos y carga progresiva), e incremento en la velocidad de ascenso en la prueba de escalera. La VNI, al reducir el trabajo muscular inspiratorio, permite una mayor tolerancia al ejercicio.</p>

“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

		cmH2O de IPAP y 4 cmH2O de EPAP, en promedio.	significativa 47.5 metros, todos los pacientes la superaron.	
--	--	---	--	--

“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

TÍTULO	Bilevel Noninvasive Ventilation during exercise reduces dynamic hyperinflation and Improves cycle endurance time in severe to very severe COPD.³⁰			
AUTOR/ ES	Clancy J. Dennis, Collette Menadue, Tessa Schneeberger, Daniela Leitl, Ursula Schoenheit - Kenn, Camilla M. Hoyos, Alison R. Harmer, David J. Barnes, Rembert A. Koczulla, Klaus Kenn, and Jennifer A. Alison.			
AÑO	2021			
TIPO DE ESTUDIO	Ensayo clínico aleatorizado.			
OBJETIVO	MUESTRA	INTERVENCIÓN	RESULTADOS	CONCLUSIÓN
<p>El objetivo principal del presente estudio fue determinar el efecto de la VNI binivel durante el ejercicio sobre la hiperinsuflación dinámica en el tiempo de ejercicio isotiempo y el tiempo de resistencia del ejercicio en comparación con el efecto sin VNI. Los objetivos secundarios fueron determinar si la VNI con una EPAP titulada individualmente era superior a la VNI con una EPAP estandarizada de 5 cmH₂O y describir los efectos fisiológicos de la VNI binivel durante el ejercicio.</p>	<p>Los criterios de inclusión fueron un diagnóstico de EPOC, hiperinflación en reposo, sin exacerbaciones en las 4 semanas previas, e hiperinsuflación dinámica. Se excluyó a los individuos que tenían una enfermedad pulmonar significativa distinta de la EPOC y un IMC > 35 kg/m² o condiciones no respiratorias que podrían limitar el rendimiento del ejercicio.</p> <p>Se reclutó a 21 personas con EPOC de grave a muy grave y 19 completaron el estudio.</p>	<p>El estudio se realizó durante 2 días dentro de un período de 1 semana. El día 1 se registraron datos antropométricos y se realizaron pruebas de función pulmonar y se realizó una titulación individualizada de EPAP destinada a optimizar la CI en reposo y se realizó una prueba de ciclo incremental pico en bicicleta.</p> <p>El día 2, los participantes realizaron tres pruebas de ejercicio de resistencia en bicicleta en orden aleatorio al 75% de la tasa de trabajo máxima alcanzada durante la prueba de bicicleta</p>	<p>Al final del ejercicio, tanto la T-EPAP como la S-EPAP tuvieron mejoras significativas en comparación al grupo sin VNI en el tiempo de resistencia, la capacidad inspiratoria, el VO₂, VCO₂, TcCO₂, SatO₂ y Frecuencia respiratoria. La relación- inspiración - espiración fue a favor de la VNI estándar.</p> <p>Durante el ejercicio en el isotiempo la VNI con S-EPAP y T-EPAP aumentaron la CI, el VO₂, disminuyeron el VCO₂, el TCCO₂. A su vez los pacientes VNI tuvieron menor caída de SatO₂, menos ciclos</p>	<p>La implicancia clínica es que la VNI binivel durante el ejercicio podría proporcionarse sin una titulación individual de la EPAP y el uso de una configuración estándar de EPAP de 5 cmH₂O parece adecuado para reducir la DH y mejorar el tiempo de resistencia en pacientes con EPOC de grave a muy grave. En estos pacientes la VNI binivel redujo la DH, aumentó el tiempo de resistencia al ejercicio y redujo la disnea de esfuerzo en comparación con los resultados sin VNI. Un S-EPAP de 5 cmH₂O fue tan eficaz como un T-EPAP individual para lograr estos</p>

“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

		<p>incremental, y se ejercitaron sin VNI, VNI con S-EPAP (estándar) y VNI con T-EPAP (titulada). El orden de la prueba fue aleatorizado.</p> <p>Hubo un número de 6 participantes en el grupo SIN VNI, 6 en VNI Estándar y 7 en el grupo de VNI Titulada.</p> <p>La VNI binivel se administró a través de un circuito de doble rama y una máscara facial completa. El grupo S-EPAP utilizó una EPAP 5 cm H₂O, y la VNI con T-EPAP proporcionó una EPAP individualizada para cada participante. El PS objetivo de 15 cmH₂O se redujo si era necesario para mejorar la tolerancia, y se proporcionó el mismo nivel de PS durante las pruebas S-EPAP y T-EPAP NIV.</p>	<p>respiratorios por minuto en comparación al grupo sin VNI. Por otra parte, sólo el grupo S-EPAP estándar mostró la reducción de un punto en la Disnea medida con la escala de BORG. Ambos grupos de VNI mejoraron la relación inspiración - espiración</p> <p>La IC al isotiempo y al final del ejercicio con VNI con T-EPAP en comparación con ninguna VNI superó los 200 ml, que es mayor que la diferencia mínima clínica (MCID) significativa para la CI en una prueba de ciclo de resistencia.</p> <p>El aumento en el tiempo de resistencia fue mayor que el MCID de 105s para las pruebas de ciclo de resistencia con carga constante establecidas en intervenciones farmacológicas y programas de entrenamiento físico.</p>	<p>resultados. La VNI binivel con S-EPAP de 5 cmH₂O puede ser un complemento beneficioso del entrenamiento físico en pacientes con EPOC grave que tienen hiperinflación en reposo clínicamente significativa y/o DH durante el ejercicio.</p> <p>Este es el primer estudio que muestra que los participantes con mayor hiperinflación pulmonar en reposo lograron mayores mejoras en el tiempo de resistencia al ejercicio con VNI que aquellos con menos hiperinflación pulmonar.</p>
--	--	---	---	---

“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

TÍTULO		Non - invasive ventilation improves exercise tolerance and peripheral vascular function after high - intensity exercise in COPD - HF patients. ³¹		
AUTOR/ ES		Cássia da Luz Goulart, Flávia Rossi Caruso, Adriana S. García de Araújo, Arena Ross, Andrea Lúcia Gonçalves da Silva, Audrey Borghi-Silva.		
AÑO		2020		
TIPO DE ESTUDIO		Ensayo clínico aleatorizado, doble ciego y controlado de forma simulada.		
OBJETIVO	MUESTRA	INTERVENCIÓN	RESULTADOS	CONCLUSIÓN
<p>Evaluar los efectos agudos de la ventilación con presión positiva no invasiva (NiPPV) durante el ejercicio de alta intensidad sobre la función endotelial en pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) e insuficiencia cardíaca (IC) coexistentes.</p>	<p>Todos los pacientes incluidos en este estudio tenían 50 años o más con diagnóstico coexistente de EPOC e IC.</p> <p>Los criterios de exclusión consistieron en: trastornos musculoesqueléticos o afecciones neurológicas que afectan la capacidad de hacer ejercicio; deterioro del estado clínico que requirió hospitalización 3 meses antes del estudio; diagnóstico de enfermedad maligna; marcapasos implantable; infarto de miocardio (3 meses antes del estudio); y arritmias cardíacas</p>	<p>Cada paciente completó el proceso de evaluación integral en cuatro días: Visita 1: evaluación clínica por un médico y fisioterapeuta, seguida de una prueba de función pulmonar y ecocardiografía Doppler. Visita 2: prueba de ejercicio cardiopulmonar (CPET). Visita 3: familiarización con NiPPV y Sham con un intervalo mínimo de 48 hs entre ellas. Visita 4: dos sesiones de ejercicio de carga constante (CLE) de alta intensidad (Sham y NiPPV) aplicadas el mismo día con un intervalo de 1 hora entre ellas. El intervalo de tiempo entre el CPET incremental y el CLE fue de 7 días. La intensidad de las sesiones CLE de alta intensidad se fijó en el 80% de la tasa de trabajo CPET (WR) máxima.</p>	<p>La VNI resultó en un aumento de la tolerancia al ejercicio de alta intensidad (NiPPV: 130 ± 29 s vs Sham: 98 ± 29 s) y la SpO₂ (NiPPV: 94,7 ± 3,5 % vs Sham: 92,7 ± 5,2 %).</p> <p>De los 14 pacientes, 10 aumentan la tolerancia al ejercicio de alta intensidad NiPPV: 140 ± 23s vs Sham: 87 ± 21s) y la SpO₂ (NiPPV: 95 ± 3% vs Sham: 91 ± 5%).</p> <p>NiPPV proporcionó un aumento en la Dilatación Mediada por Flujo o DMF (% y mm), la velocidad del flujo sanguíneo y el Shear Stress en comparación con el valor inicial. Además,</p>	<p>Este estudio demuestra que la NiPPV produjo un marcado beneficio agudo sobre la función endotelial asociado con una mejor tolerancia al ejercicio durante una sesión de ejercicio aeróbico de alta intensidad en pacientes con EPOC e IC coexistentes. Se observa una mejora en el Shear Stress que puede estar asociada con una mejor tolerancia al ejercicio.</p>

“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

	<p>complejas.</p> <p>Inicialmente se reclutaron 424 pacientes y 400 fueron excluidos. Los 24 pacientes restantes fueron diagnosticados tanto de EPOC como de IC. Sin embargo, 10 fueron excluidos del protocolo del estudio, por lo tanto, 14 pacientes con EPOC-HF completaron todas las visitas y protocolos para el estudio actual.</p>	<p>Los pacientes fueron asignados aleatoriamente a dos grupos, NiPPV o el grupo Sham.</p> <p>Ventilación con presión positiva no invasiva: se aplicó a través de dos niveles de presión, mediante una máscara facial, con presión definida individualmente. Las presiones se ajustaron dentro del rango de 8 a 12 cmH₂O para la presión inspiratoria (IP) y de 4 a 6 cmH₂O para la presión positiva al final de la espiración (PEEP) (PS 2 a 8 cmH₂O).</p> <p>Se aplicó ventilación simulada con una IPAP mínima (5 cmH₂O) y EPAP (2 cmH₂O).</p>	<p>NiPPV presentó una mayor DFM (% y mm) en comparación con Sham.</p> <p>La NiPPV generó cambios significativos (Δ post-basal) en la DMF (% y mm) y Velocidad del Flujo Sanguíneo (cm/s) en comparación con la condición simulada. Además, encontramos una correlación significativa entre T_{lim} vs ΔSS con NiPPV, demostrando que el aumento en SS está relacionado con el mejor rendimiento durante el ejercicio.</p>	
--	--	---	---	--

“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

TÍTULO		Physiologic effects of an ambulatory ventilation system in chronic obstructive pulmonary disease. ³²		
AUTOR/ ES		Janos Porszasz, Robert Cao, Richard Morishige, Leo A. van Eykern, Alex Stenzler y Richard Casaburi.		
AÑO		2013		
TIPO DE ESTUDIO		Ensayo clínico.		
OBJETIVO	MUESTRA	INTERVENCIÓN	RESULTADOS	CONCLUSIÓN
<p>Evaluar los efectos fisiológicos de un sistema de ventilación "abierto" no invasivo (NIOV) portátil diseñado para usarse junto con cilindros de oxígeno portátiles en pacientes con EPOC con desaturación inducida por el ejercicio.</p>	<p>Los criterios de inclusión fueron limitación ventilatoria en la prueba de ejercicio incremental y desaturación de oxígeno inducida por el ejercicio (80-88%).</p> <p>Se excluyeron las mujeres y los sujetos obesos para facilitar los registros EMG de los músculos respiratorios.</p> <p>Se estudiaron un total de 15 pacientes.</p>	<p>Cada uno de los pacientes cumplió un protocolo de 4 visitas, donde se los evaluaron función pulmonar y la capacidad a través de un test incremental. Luego realizaron ejercicio de ritmo constante al 80% (CWR) sin carga, con NIOV, con NIOV más O2 y con O2 por cánula nasal.</p> <p>Visita 1: Los sujetos realizaron ejercicio incremental en cicloergómetro y luego una prueba de resistencia CWR al 80% de la tasa máxima de trabajo. Todas las pruebas de ejercicio se realizaron hasta el límite de tolerancia.</p> <p>Visita 2: Sujetos que se ejercitaron en el CWR determinado en la Visita 1: Aire ambiente (Aire), NIOV</p>	<p>La duración del test de carga constante al 80% de la tasa de trabajo máximo fue distinta entre grupos. Las pruebas realizadas respirando aire ambiente o bien con NIOV + Aire tuvieron duraciones similares. Sin embargo, la tolerancia al ejercicio se prolongó utilizando oxígeno suplementario y mejoró sustancialmente con el sistema NIOV + O2. El aumento promedio de 6,1 minutos observado con el sistema NIOV + O2 en comparación con el observado con oxígeno administrado mediante una cánula nasal convencional fue altamente significativo desde el punto de vista estadístico.</p> <p>Disnea: en comparación con la respiración sin carga (aire ambiente), la calificación isotemporal de la dificultad para respirar se redujo significativamente con las otras tres intervenciones. En comparación con</p>	<p>Los sujetos de este estudio de laboratorio toleraron bien el dispositivo; observamos que la tolerancia al ejercicio se prolongó notablemente y la disnea se redujo sustancialmente. El mecanismo de mejora pareció ser una combinación de descarga de los músculos respiratorios y mejora de la oxigenación.</p>

“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

		<p>impulsado por aire comprimido (NIOV+Aire), NIOV impulsado con oxígeno suplementario (NIOV+O2). Se registraron las señales electromiográficas de los músculos respiratorios.</p> <p>Visita 3: Se repitieron las pruebas en la visita 2.</p> <p>Visita 4: Los sujetos realizaron pruebas CWR: (1) respirar oxígeno a través de una cánula nasal estándar, o (2) NIOV + O2. Para la prueba de la cánula, el caudal se había titulado para producir SpO2 de ejercicio = 90–93 %.</p> <p>La interfaz seleccionada fue una nasal.</p>	<p>NIOV + Aire, el sistema NIOV que administra oxígeno produjo puntuaciones de disnea significativamente más bajas.</p> <p>Actividad electromiográfica: Para todos los músculos, el tratamiento NIOV+O2 ralentizó notablemente el aumento de la actividad EMG, produciendo una menor actividad EMG en un tiempo de ejercicio determinado; las diferencias al final del ejercicio fueron menos marcadas. En el mismo momento, en comparación con la respiración sin carga, NIOV+Air tendió a disminuir la actividad EMG de todos los grupos de músculos; esto adquirió importancia para los músculos intercostales. El oxígeno administrado por la cánula disminuyó significativamente la actividad EMG de los tres grupos de músculos. Al final del ejercicio, la actividad EMG fue más similar entre las pruebas, aunque la activación EMG NIOV+O2 permaneció menor que en la mayoría de las otras pruebas.</p> <p>Frecuencia respiratoria y cardíaca: el oxígeno con cánula nasal y NIOV+O2 redujeron sustancialmente la frecuencia respiratoria (promedio de 5 respiraciones/min) en comparación a las otras pruebas en el isotiempo. La frecuencia cardíaca en</p>	
--	--	--	--	--

“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

			<p>el isotiempo fue significativamente menor en la prueba NIOV+ O2 que en las otras pruebas.</p> <p>Los valores de SpO2 al final del ejercicio promediaron aproximadamente un 2% más bajos que en el isotiempo en cada condición de prueba. Tanto al final del ejercicio como al isotiempo, los valores de SpO2 sin cargas y con NIOV+Aire fueron similares. El oxígeno de la cánula nasal aumentó los valores de SpO2 en el isotiempo y al final del ejercicio. NIOV+O2 aumentó aún más los valores de SpO2.</p>	
--	--	--	---	--

“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

TÍTULO	High - pressure non-invasive ventilation during exercise in COPD patients with chronic hypercapnic respiratory failure: A randomized, controlled, cross - over trial. ³³			
AUTOR/ ES	Rainer Gloeckl, Vasileios Andrianopoulos, Antje Stegemann, Julian Oversohl, Tessa Schneeberger, Ursula Schoenheit-Kenn, Wolfgang Hitzl, Michael Dreher, A. Rembert Koczulla and Klaus Kenn			
AÑO	2018			
TIPO DE ESTUDIO	Ensayo clínico cruzado, controlado y aleatorizado.			
OBJETIVO	MUESTRA	INTERVENCIÓN	RESULTADOS	CONCLUSIÓN
<p>Investigar los efectos agudos de la VNI de alta presión como herramienta complementaria durante el ejercicio en pacientes con EPOC y Insuficiencia Respiratoria Hipercápica Crónica (IRAHC).</p>	<p>Pacientes con EPOC en estadio IV GOLD Los criterios de inclusión fueron: edad de 40 a 80 años, IRAHC (PCO₂ >50 mmHg) y terapia establecida de VNI nocturna. Los criterios de exclusión fueron: exacerbación aguda en las últimas 4 semanas, insuficiencia cardíaca crónica diagnosticada o síndrome coronario agudo y cualquier problema ortopédico que limite la capacidad de los pacientes para andar en bicicleta.</p>	<p>Durante la rehabilitación los pacientes realizaron una o dos sesiones de práctica de ciclismo con VNI para familiarizarse con el entorno de ejercicio y el soporte de VNI durante el ejercicio. La VNI se aplicó mediante un dispositivo Stellar 100 y una mascarilla facial completa. Se eligió el modo de ventilación asistida controlada por presión (APCV).</p> <p>Los pacientes realizaron dos pruebas de resistencia en bicicleta (CET) al 60% de la tasa de trabajo máxima. Las CET se realizaron en un orden asignado al</p>	<p>En la condición de VNI, los pacientes con EPOC tuvieron un aumento promedio en el tiempo de resistencia del ciclo del 39% en comparación con la condición de control (663 - 360s frente a 477- 249 s) y una diferencia entre grupos de 186 s. Específicamente, la duración del ciclismo mejoró en 15 de 20 pacientes con VNI.</p> <p>La sensación de disnea medida con la escala de Borg desde el inicio hasta el final del CET fue significativamente menor cuando se realizó ciclismo con VNI, a pesar de que los pacientes realizaron ciclismo por más tiempo (2 frente a 4 puntos). Sin embargo, la fatiga en las piernas presentó una mayor aumento en la condición de VNI en comparación con el</p>	<p>La VNI con niveles elevados de presión inspiratoria durante el ciclismo mejora significativamente el rendimiento en el ejercicio, la hipercapnia inducida por el ejercicio y la disnea de esfuerzo en pacientes con EPOC y ICC. Estos hallazgos están relacionados con una sola serie de ejercicio.</p>

“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

	<p>Se incluyeron un total de 20 pacientes.</p>	<p>azar a partir de dos condiciones: VNI de alta presión y suplementación con oxígeno y condición de control con la misma cantidad de suplementación de oxígeno aplicada sólo mediante cánulas nasales.</p>	<p>control (Δ escala de Borg calificación 4 vs 3) probablemente indica un mayor estímulo muscular que es un desencadenante importante para mejorar el rendimiento del ejercicio durante los programas de entrenamiento a largo plazo. En condición VNI, la TcPCO₂ los valores fueron significativamente más bajos durante el isotiempo (50,0 - 5,5 frente a 56,1 - 6,2 mmHg) en comparación con la condición de control. La saturación de oxígeno fue significativamente mayor con la VNI durante el ejercicio (96,7 \pm 3,9 versus 93,1 \pm 4,6). Además, la presión arterial sistólica fue significativamente menor en la fase inicial, ejercicio y recuperación en comparación con la condición de control, lo que potencialmente indica una reducción del gasto cardíaco durante la VNI como consecuencia de las presiones de alta intensidad. Por otro lado, la frecuencia cardíaca fue significativamente mayor con la VNI al inicio del estudio y la recuperación probablemente refleje una compensación por una disminución en el volumen sistólico.</p>	
--	--	---	---	--

“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

TÍTULO		Proportional Assist Ventilation may improve exercise performance in severe chronic obstructive pulmonary disease. ³⁴		
AUTOR/ ES		Paul Hernandez, François Maltais, Ashvini Gursahaney, Pierre Leblanc, Stewart B. Gottfried.		
AÑO		2001		
TIPO DE ESTUDIO		Ensayo clínico aleatorizado.		
OBJETIVO	MUESTRA	INTERVENCIÓN	RESULTADOS	CONCLUSIÓN
Examinar los efectos de la Ventilación Asistida Proporcional (PAV) sobre la resistencia al ejercicio, los síntomas y los parámetros fisiológicos relacionados durante el ejercicio constante de alta intensidad de trabajo en pacientes con EPOC.	<p>Se estudiaron ocho sujetos (7 hombres, 1 mujer) con EPOC grave, los cuales estaban familiarizados con los protocolos de ejercicios de resistencia en un cicloergómetro.</p> <p>Ningún sujeto debía contar con algún trastorno cardíaco, neuromuscular o de otro tipo que pudiera afectar el rendimiento en el ejercicio.</p>	<p>Todos los sujetos realizaron dos pruebas de ejercicio con ritmo de trabajo constante de forma cruzada. Cada prueba estuvo separada por un período mínimo de descanso de 2 horas. Se eligió la tasa de trabajo para que correspondiera a aproximadamente el 80% de la capacidad máxima de ejercicio de los sujetos previamente determinada en una prueba de ejercicio progresivo limitada por síntomas.</p> <p>Los sujetos usaron pinzas nasales mientras estaban sentados en una bicicleta ergómetro con freno electrónico y respiraron aire ambiental a través del circuito experimental.</p> <p>En la prueba de ejercicio de control, los sujetos respiraron espontáneamente a través del circuito experimental con el ventilador configurado en el modo de presión</p>	<p>El tiempo de resistencia aumentó en todos los sujetos durante la PAV (507 ± 334 segundos en promedio) en comparación al grupo control (323 ± 245 segundos).</p> <p>La tasa de aumento de la disnea se redujo en todos los sujetos con PAV, lo que se correlacionó significativamente con la mejora en la duración del ejercicio. Es posible que la descarga de los músculos inspiratorios sea el mecanismo por el cual la PAV mejoró la disnea en la EPOC.</p> <p>Se observa un aumento significativo en VM, un aumento en Vt y flujo inspiratorio medio</p>	<p>Se demostró que la PAV es bien tolerada y mejora el rendimiento durante el ejercicio constante en pacientes con EPOC grave. Hubo un aumento significativo en la duración del ejercicio con PAV en comparación con la prueba de control asociado con mejoras en la disnea, el patrón respiratorio y los gases en sangre arterial.</p>

“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

		<p>positiva continua en las vías respiratorias a la presión mínima (CPAP aproximadamente 1 a 2 cmH₂O). En la otra prueba (experimental), el ventilador se configuró en el modo PAV, con una combinación de asistencia de volumen y asistencia de flujo. El orden de los dos ensayos fue aleatorio y un número igual de sujetos realizaron PAV y control como primer ensayo.</p>	<p>con reducción mínima de la frecuencia respiratoria.</p> <p>La ventilación asistida proporcional mejoró significativamente la PaCO₂. Durante el ejercicio aumentó menos (50 mmHg en el grupo experimental VS 55 mmHg en el control).</p>	
--	--	--	---	--

“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

TÍTULO		Improvement in exercise endurance in patients with chronic airflow limitation using continuous positive airway pressure. ³⁵		
AUTOR/ ES		D. E. O'Donnell, R. Sanii y M. Younes		
AÑO		1988		
TIPO DE ESTUDIO		Ensayo clínico.		
OBJETIVO	MUESTRA	INTERVENCIÓN	RESULTADOS	CONCLUSIÓN
Determinar si la administración de presión positiva continua en las vías respiratorias (CPAP), que debería contrarrestar los efectos de la hiperinflación dinámica en los músculos inspiratorios y también atenuar la compresión dinámica en la espiración, daría como resultado un alivio de la disnea y una mejora en el ejercicio y resistencia en pacientes con limitación crónica al flujo de aire (CAL).	6 pacientes con CAL grave completaron el estudio. Todos tenían un curso clínico compatible con la enfermedad y una larga historia de tabaquismo (37 paquetes por año en promedio). Ningún paciente tenía evidencia clínica o radiográfica de enfermedad cardíaca y todos tenían electrocardiogramas normales. La PCO ₂ en sangre arterial fue normal en todos los pacientes (rango, 38 a 42 mm Hg); PO ₂ , mostró sólo hipoxemia leve (rango, 67 a 84 mmHg). Todos los pacientes eran participantes activos en un programa de rehabilitación pulmonar que incluía entrenamiento con ejercicios.	Los pacientes realizaron ejercicio submáximo de carga constante a aproximadamente 50% de su consumo máximo de O ₂ en tres ocasiones distintas: una sesión de ejercicio asistido por CPAP y dos sesiones de control sin asistencia. El nivel de CPAP administrado osciló entre 4 y 5 cmH ₂ O. Además, los pacientes respiraron por una interfaz oral con pinzas nasales. El ejercicio se realizó en un cicloergómetro con monitorización electrocardiográfica.	La CPAP resultó en una prolongación significativa del tiempo de resistencia submáximo, en promedio, 48% (5,98 min en VS 8,82 min en grupo CPAP. Diferencia de media - 2.84 min) Las calificaciones de disnea durante la CPAP fueron apreciablemente más bajas que las del control en el isotiempo en todos menos en el paciente número 6.	Los niveles pequeños de CPAP alivian de manera confiable la disnea de esfuerzo y conducen a mejoras sustanciales en la resistencia al ejercicio en pacientes con CAL. Estos hallazgos pueden tener implicaciones importantes con respecto a la rehabilitación pulmonar de estos pacientes. El uso regular de CPAP puede facilitar el reacondicionamiento o del ejercicio y, en última instancia, puede permitir que algunos pacientes logren mejoras significativas en la aptitud circulatoria y la capacidad funcional.

“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

TÍTULO		Proportional assist ventilation as an aid to exercise training in severe chronic obstructive pulmonary disease. ¹⁴		
AUTOR/ ES		P. Hawkins, L. C. Johnson, D. Nikolettou, C-H. Hamnegård, R. Sherwood, M. I. Polkey, J. Moxham.		
AÑO		2002		
TIPO DE ESTUDIO		Ensayo clínico aleatorizado.		
OBJETIVO	MUESTRA	INTERVENCIÓN	RESULTADOS	CONCLUSIÓN
Proporcionar asistencia ventilatoria a pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) grave durante un programa de ejercicio en bicicleta ambulatorio de alta intensidad.	<p>Se reclutó para el estudio a pacientes con EPOC grave. Cada paciente era fumador actual o tenía antecedentes de tabaquismo. Se excluyeron los pacientes con contraindicaciones ortopédicas o cardiovasculares para el ejercicio.</p> <p>Se incluyeron un total de 19 pacientes.</p>	<p>Los pacientes participaron en un programa de ejercicio en un cicloergómetro. Las sesiones de ejercicio se realizaron 3 veces por semana durante 6 semanas. La duración del ejercicio fue de 30 minutos.</p> <p>Diez pacientes fueron asignados al azar para hacer ejercicio con asistencia ventilatoria utilizando ventilación asistida proporcional (PAV) con máscara facial y nueve para hacer ejercicio sin ayuda. Antes y después del entrenamiento, los pacientes realizaron una prueba de ciclo incremental limitada por síntomas máximos para determinar la tasa de trabajo máxima (Wpico), seguida de una prueba de tasa de trabajo constante (CWR) al 70% de la Wpico alcanzada en la prueba incremental inicial.</p> <p>La tasa de trabajo se incrementó progresivamente durante el período de entrenamiento de 6 semanas de manera estandarizada.</p>	<p>El grupo PAV entrenó a una tasa de trabajo más alta al final de la intervención.</p> <p>La tasa de trabajo pico media aumentó en 14.5% y 32.0% en el grupo no asistido y el grupo PAV.</p> <p>La duración media del ejercicio en la prueba de CWR aumentó de 8.7 a 17.2 minutos en el grupo PAV y de 6.9 a 13.0 minutos en el grupo no asistido. No se encontró diferencia significativa entre los grupos.</p> <p>La concentración de lactato en plasma se redujo en un 30% en el grupo asistido y un 11% en el</p>	<p>La PAV permite una mayor intensidad de entrenamiento en pacientes con EPOC grave, lo que lleva a mayores mejoras en la capacidad máxima de ejercicio con evidencia de una verdadera adaptación fisiológica.</p>

“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

		<p>Esto se logró aumentando el ritmo de trabajo en 5 vatios una vez que el sujeto pudo mantener el ritmo de trabajo existente durante 30 minutos. En los pacientes que no podían andar en bicicleta continuamente al ritmo de trabajo inicial, se permitieron períodos de descanso cortos.</p>	<p>grupo no asistido en comparación con la línea base (no significativo).</p> <p>La disnea y la frecuencia respiratoria se redujeron en ambos grupos.</p>	
--	--	--	---	--

“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

TÍTULO		Effect of inspiratory pressure support on exercise tolerance and breathlessness in patients with severe stable chronic obstructive pulmonary disease. ³⁶		
AUTOR/ ES		S.E.J. Keilty, J. Ponte, T. A. Fleming, J. Moxham		
AÑO		1994		
TIPO DE ESTUDIO		Ensayo clínico aleatorizado.		
HIPÓTESIS	MUESTRA	INTERVENCIÓN	RESULTADOS	CONCLUSIÓN
La aplicación de Presión de Soporte Inspiratoria (IPS) no invasivo durante el ejercicio puede reducir la dificultad para respirar y mejorar la tolerancia al ejercicio, reduciendo la carga sobre los músculos respiratorios.	8 hombres con EPOC grave estable que se quejan de disnea incapacitante con el esfuerzo, rango de edad 60-74 años.	<p>Los pacientes pasaron por un período de familiarización antes de la recopilación de datos. Esto implicó varias visitas al laboratorio donde se realizaron caminatas en cinta rodante, con y sin respiración equipo, para que se familiaricen completamente con el uso de mascarillas faciales, CPAP, IPS.</p> <p>Se evaluó la escala de Borg en la cinta. Durante este período de formación se encontró una velocidad cómoda al caminar para cada paciente que coincidan lo más posible con su velocidad habitual al caminar. Una vez establecido esto, se realizaron todas las caminatas posteriores en esta velocidad.</p> <p>Se pidió a los pacientes que caminaran hasta que su calificación percibida de la dificultad para respirar había alcanzado el nivel 5 ("severo") en la escala de Borg de 10 puntos. Cuando los pacientes se familiarizaron con la rutina del laboratorio, se</p>	<p>Ningún paciente se detuvo debido a fatiga en las piernas, todos se detuvieron sólo cuando su sensación de falta de aire había alcanzado el nivel 5 en la escala de Borg. IPS mejoró la distancia media de caminata en un 62% en comparación con la caminata de control (circuitos simulado).</p> <p>La distancia recorrida en el grupo IPS es superior a los otros grupos. La distancia media de este es de 336 +- 282 metros en comparación a los 239 +- 153 metros del grupo oxígeno y 121 +- 62 metros del grupo CPAP.</p> <p>En cuanto a la disnea en el ejercicio el grupo de IPS alcanzó el grado 5 de disnea de la Escala de</p>	La presión de soporte inspiratoria puede reducir la dificultad para respirar y aumentar la tolerancia al ejercicio submáximo en cinta rodante en pacientes con EPOC. Esto podría tener implicaciones para la rehabilitación de estos pacientes gravemente discapacitados.

“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

		<p>recogieron datos de tres días separados. El estudio consistió en caminar con un modo diferente de soporte respiratorio en cada día: IPS, CPAP u oxígeno a 2 L/min. Estos se compararon con otras dos caminatas en cada ocasión: una caminata de base (caminar libremente en la cinta) y una caminata de control usando un sistema de suministro de gas "falso" Todos los pacientes experimentaron todas las condiciones. Los exámenes se realizaron en orden aleatorio y cada caminata fue precedida por al menos 30 minutos de descanso.</p> <p>No transcurrieron más de tres días entre estudios y visitas.</p> <p>Para el modo IPS la presión inspiratoria se estableció en un rango de 12-15 cmH₂O para la comida del paciente. La CPAP se aplicó a través de "BiPAP" con 6 cmH₂O.</p>	<p>Borg en un tiempo superior al control (7,18 min en grupo control VS 11,81 min en el grupo IPS).</p>	
--	--	---	--	--

“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

TÍTULO		Effects of proportional assist ventilation on exercise tolerance in COPD patients with chronic hypercapnia.³⁷		
AUTOR/ ES		L. Bianchi, K. Foglio, M. Pagani, M. Vitacca, A. Rossi, N. Ambrosino		
AÑO		1998		
TIPO DE ESTUDIO		Ensayo clínico aleatorizado.		
OBJETIVO	MUESTRA	INTERVENCIÓN	RESULTADOS	CONCLUSIÓN
Investigar el impacto de la PAV sobre la tolerancia al ejercicio y la disnea en pacientes con EPOC hipercápnica grave. También examinaron los efectos de modos más convencionales de soporte ventilatorio parcial como CPAP y PSV.	Se incluyeron 15 pacientes estables con EPOC e hipercapnia crónica. En el momento del estudio, los pacientes habían estado libres de exacerbaciones durante al menos 1 mes. Todos los pacientes recibían oxigenoterapia a largo plazo, mientras que ningún paciente recibía ventilación mecánica domiciliaria (VM) a largo plazo, aunque cinco pacientes habían experimentado PSV no invasiva al menos 3 meses antes del estudio. Todos los pacientes recibían broncodilatadores inhalados como tratamiento habitual. Se	En dos días consecutivos los participantes se sometieron a cuatro pruebas de resistencia en un cicloergómetro al 80% de su ritmo de trabajo máximo, recibiendo, a través de una mascarilla nasal en orden aleatorio, ya sea: ventilación simulada o SHAM (CPAP: 1 cmH ₂ O); CPAP (6 cmH ₂ O); PSV (presión de soporte inspiratoria: 12 - 16 cmH ₂ O; presión positiva espiratoria en las vías respiratorias (EPAP): 1 cmH ₂ O); o PAV (8,6 ± 3,6 cmH ₂ O·L-1 y 3 ± 1,3 cmH ₂ O L-1·s-1 de volumen y flujo de asistencia, respectivamente más EPAP: 1 cmH ₂ O). El suministro de oxígeno se estandarizó para mantener una saturación arterial de oxígeno (SatO ₂)	Los resultados de este estudio muestran que la PAV, administrada mediante mascarilla nasal, mejora la tolerancia al ejercicio y la disnea en pacientes con EPOC hipercápnica grave. En comparación con la simulación, todos los modos de VM también dieron como resultado una reducción de la disnea en el isotiempo. La mejoría con PAV y PSV fue mayor que con CPAP. Esto mismo también se vio reflejado en el tiempo de resistencia. Únicamente PSV y PAV redujeron la fatiga de miembros inferiores en el isotiempo en comparación a la ventilación simulada (SHAM).	La ventilación asistida proporcional administrada por una mascarilla nasal pudo mejorar la tolerancia al ejercicio y reducir la disnea en pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica hipercápnica estable grave. También se encontró que la PSV y, en menor medida, la CPAP, pueden mejorar la tolerancia al ejercicio en estos pacientes.

“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

	excluyeron del estudio los pacientes con enfermedad cardiovascular o musculoesquelética manifiesta, insuficiencia de otros órganos, cáncer e incapacidad para cooperar	de 92–93%.		
--	--	------------	--	--

“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

TÍTULO		Bilevel ventilation during exercise in acute on chronic respiratory failure: A preliminary study. ³⁸		
AUTOR/ ES		Collette Menadue, J. A. Alison, A. J. Piper, D. Flunt y E. R. Ellis		
AÑO		2010		
TIPO DE ESTUDIO		Ensayo clínico aleatorizado.		
OBJETIVO	MUESTRA	INTERVENCIÓN	RESULTADOS	CONCLUSIÓN
Determinar los efectos inmediatos de la ventilación no invasiva binivel más oxígeno durante el ejercicio en comparación con el ejercicio con O2 solo en personas que se recuperaban de insuficiencia respiratoria hipercápnica (IRC) aguda o crónica	<p>Los criterios de inclusión fueron: ingresado en el hospital con IRC aguda o crónica que requirió tratamiento continuo con VNI; antecedentes de enfermedad pulmonar crónica grave o trastorno restrictivo grave de la pared torácica; disnea como síntoma principal que limitaba las actividades diarias.</p> <p>Los criterios de exclusión en el momento de la prueba de esfuerzo fueron: incapaz de tolerar más de 1 hora sin VNI; pH arterial <7,35; temperatura >38°C; SpO2 <88% en reposo con una fracción de oxígeno inspirado ≥0,5; presión arterial sistólica en reposo <90 mmHg o >160 mmHg; presión arterial diastólica en</p>	<p>Se pidió a los participantes que realizarán dos pruebas de caminata de seis minutos (6MWT) y dos pruebas de los ejercicios de brazo sin apoyo (EAU) (VNI + O2 y O2 solo). En aquellos participantes que realizaron pruebas 6MWT y EAU, el orden de las pruebas fue aleatorio.</p> <p>Se indicó a los participantes que hicieran ejercicio hasta que se sintieran demasiado sin aliento o fatigados para continuar. El investigador detuvo la 6MWT o detuvo la prueba EAU si SpO2 < 75% durante el ejercicio. Además, la prueba de los EAU se cancelaba si los participantes no podían seguir el ritmo del</p>	<p>Prueba de caminata de seis minutos: El ejercicio con VNI + O2 aumentó significativamente la distancia total recorrida en una media de 43,4 m en comparación con el ejercicio con O2 solo. La distancia hasta el primer descanso, el tiempo hasta el primer descanso y la SpO2 isotime aumentaron, mientras que la disnea isotime disminuyó con VNI + O2 durante la caminata (el primer descanso es el momento en el que el participante descansa por primera vez en la prueba).</p> <p>EAU: Hubo un aumento estadísticamente significativo en el tiempo de resistencia de los</p>	<p>La VNI binivel + O2 durante la caminata sobre el suelo dio como resultado una mejora inmediata en la distancia recorrida, disnea y la SpO2 en comparación con el ejercicio con O2 solo. Además, la combinación de VNI + O2 redujo la fatiga de los músculos del brazo durante los EAU en comparación con el ejercicio con O2 solo y, por lo tanto, puede ayudar a los pacientes a tolerar la rehabilitación con ejercicios en la fase temprana de recuperación en un intento de evitar la pérdida de condición física.</p>

“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

	<p>reposo <60 mmHg o >100 mmHg; angina inestable o infarto de miocardio durante el mes anterior; frecuencia cardíaca (FC) en reposo >120 latidos/min; o disminución del nivel de conciencia.</p> <p>Se estudiaron un total de 20 pacientes.</p>	<p>metrónomo.</p> <p>EAU: el participante sentado levantó una clavija con peso desde la altura de la cintura hasta niveles cada vez más altos. El ritmo del levantamiento cada dos segundos al compás de un metrónomo.</p> <p>VNI: se administró utilizando un modo espontáneo binivelado con una máscara facial completa. El nivel EPAP fue de 4 a 5 cmH₂O y la IPAP 10 cmH₂O por encima de la EPAP (14-15 cmH₂O).</p> <p>14 participantes realizaron ambas pruebas. 4 realizaron únicamente el TM6m y 2 únicamente los EAU.</p>	<p>EAU con VNI + O₂ en comparación con el ejercicio con O₂. La tasa de esfuerzo percibido isotiempo se redujo en comparación con el ejercicio con O₂ solo.</p>	
--	--	--	---	--

“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

TÍTULO		A pilot crossover trial assessing the exercise performance patients with chronic obstructive pulmonary disease.³⁹		
AUTOR/ ES		Ke-Yun Chao, Wei-Lun Liu, Yasser Nassef, Pin-Zhen Lai y Jong-Shyan Wang		
AÑO		2022		
TIPO DE ESTUDIO		Ensayo piloto cruzado.		
OBJETIVO	MUESTRA	INTERVENCIÓN	RESULTADOS	CONCLUSIÓN
Investigar si la Ventilación No Invasiva (a través de Helmet) aumentaba el rendimiento del ejercicio a ritmo propio a corto plazo y analizar los resultados cardiopulmonares.	Se inscribieron 20 participantes con EPOC leve, moderado y grave (I, II y III) sin discapacidad. Ninguno abandonó el estudio. Tres participantes necesitaron apoyo de oxígeno adicional debido a una baja saturación de oxígeno (SpO2) durante la caminata asistida por HV.	En dos días consecutivos los participantes realizaron Test de Marcha de 6 minutos con y sin VNI binivelada a través de casco Helmet. Las medidas de resultado fueron la distancia recorrida en la 6MWT y los parámetros fisiológicos y cardiopulmonares.	Durante la prueba de caminata de 6 minutos, la frecuencia cardíaca máxima fue significativamente más alta cuando la marcha se realizó con asistencia de ventilación mecánica que cuando no se realizó con asistencia (115 lpm VS 100 lpm). Luego del TM6m la frecuencia cardíaca y respiratoria fueron significativamente más altas cuando se utilizó el casco Helmet (FC 104 lpm VS 93 lpm y FR 20 rpm VS 18 rpm). No se detectaron eventos adversos importantes ni claustrofobia durante la prueba de caminata.	Este estudio piloto demostró que el uso de un casco con un respirador no invasivo no mejoró el rendimiento de ejercicio a ritmo propio a corto plazo en pacientes con EPOC leve a moderada.

“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

TÍTULO	Adjuncts to Physical Training of Patients With Severe COPD: Oxygen or Noninvasive Ventilation?.⁴⁰			
AUTOR/ ES	Audrey Borghi-Silva, Renata Gonçalves Mendes, Andreza Cristina Toledo, Luciana Maria Malosá Sampaio, Tatiane Patrocínio da Silva, Luciana Noemi Kunikushita, Hugo Celso Dutra de Souza, Tânia F. Salvini y Dirceu Costa.			
AÑO	2010			
TIPO DE ESTUDIO	Ensayo clínico aleatorizado.			
HIPÓTESIS	MUESTRA	INTERVENCIÓN	RESULTADOS	CONCLUSIÓN
La VNI por sí sola podría promover un verdadero efecto fisiológico del entrenamiento después del entrenamiento que es mayor que el de la suplementación con oxígeno. Una hipótesis adicional fue que los mecanismos fisiológicos de mejora podrían estar asociados con un mejor rendimiento en el ejercicio.	Los pacientes incluidos presentaban EPOC moderado, grave, muy grave (GOLD II, III y IV), diagnóstico médico estables y antecedentes de tabaquismo. Además, los pacientes no podían haber realizado actividad física regular durante al menos 6 meses. Todos los pacientes recibían tratamiento regular con broncodilatadores inhalados y esteroides, pero no utilizaban esteroides orales ni antibióticos. Se excluyeron a los pacientes con afecciones ortopédicas o neurológicas que impedirían la participación en un programa de	24 pacientes con EPOC estable sometidos a un programa de entrenamiento físico fueron asignados aleatoriamente a VNI (n=12) u oxígeno suplementario (n=12) durante el entrenamiento grupal para mantener la saturación periférica de oxígeno $\geq 90\%$. El entrenamiento físico consistió en caminar en cinta rodante (al 70% de la velocidad máxima) 3 veces por semana, durante 6 semanas. La intensidad del entrenamiento aumentó progresivamente en ambos grupos en las sucesivas sesiones. El aumento fue de 0,5 km/ h cuando la disnea del paciente era inferior a 4 en la escala de disnea de Borg. Los pacientes fueron evaluados al inicio y después de 6	Hubo un aumento significativo en la distancia de caminata de 6 minutos en ambos grupos, pero esta mejora fue significativamente mayor en el grupo VNI. El grupo de VNI tuvo mejoras significativas en la fuerza de los músculos respiratorios (presión inspiratoria y espiratoria máxima), la fuerza de los músculos periféricos (torque máximo, trabajo total, potencia total) y el índice de fatiga después del programa de entrenamiento. La CVRS, los síntomas y el impacto de la enfermedad se redujeron significativamente	La VNI sola es mejor que el oxígeno suplementario sólo para promover adaptaciones fisiológicas beneficiosas al ejercicio físico en pacientes con EPOC grave. Los principales hallazgos de este estudio son: 1. La VNI mejoró las adaptaciones fisiológicas, como lo demuestra la reducción de la relación lactato/velocidad. 2. La VNI se asoció con mejores adaptaciones fisiológicas en el rendimiento submáximo, $\dot{V}O_2$, disnea y SatO ₂ , en comparación con el grupo de oxígeno suplementario. 3. El programa de entrenamiento físico

“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

	<p>ejercicios; antecedentes de arritmias cardíacas o posibles alteraciones electrocardiográficas; antecedentes compatibles con enfermedades cardíacas, hipertensión no controlada, diabetes mellitus y otras enfermedades respiratorias; o incumplimiento del protocolo de investigación.</p> <p>Se incluyeron un total de 28 pacientes pero 4 abandonaron el programa.</p>	<p>semanas.</p> <p>En el grupo de VNI, la VNI se administró con un ventilador de dos niveles aplicado a través de una mascarilla nasal o facial. El nivel inspiratorio se fijó inicialmente en 6 cmH₂O, luego aumentó gradualmente, en incrementos de 2 cmH₂O cada minuto, hasta la presión máxima tolerada. La presión espiratoria se inició a 3 cmH₂O, luego aumentó gradualmente en 1 cmH₂O cada minuto, hasta la presión máxima tolerada. El aumento gradual de las presiones inspiratoria y espiratoria tuvo como objetivo aumentar el confort y la capacidad de ejercicio y mantener SatO₂ >90% durante el entrenamiento físico.</p> <p>El grupo de oxígeno suplementario recibió oxígeno a través de cánulas nasales de doble punta, a 1-3 L/min, para mantener la saturación de oxígeno del 90% durante el ejercicio.</p>	<p>en ambos grupos, pero la actividad y las puntuaciones totales del SGRQ se redujeron significativamente sólo en el grupo VNI después del entrenamiento.</p> <p>En la prueba de ejercicio incremental: La velocidad, la frecuencia cardíaca, la ventilación minuto, el volumen corriente, el VCO₂ y el VO₂ máximo aumentaron significativamente, y la frecuencia respiratoria y la disnea disminuyeron significativamente sólo en el grupo de VNI. Hubo una reducción significativa en la relación lactato/velocidad sólo en el grupo VNI.</p> <p>La relación SpO₂/velocidad disminuyó significativamente en el grupo de VNI, en comparación con el grupo de oxígeno suplementario.</p>	<p>de 6 semanas con VNI u oxígeno suplementario mejoró los síntomas y el impacto de la enfermedad en la CVRS. El puntaje total del cuestionario SGRQ sólo se modificó en el grupo VNI (en comparación a la medición realizada antes del entrenamiento).</p> <p>En pacientes con EPOC grave en un programa de entrenamiento físico de 6 semanas, la VNI sola fue más beneficiosa que el oxígeno suplementario sólo para mejorar la tolerancia al ejercicio submáximo y la CVRS. Estos datos sugieren que la VNI fue más eficaz que el oxígeno suplementario como complemento del ejercicio físico para promover adaptaciones fisiológicas beneficiosas al entrenamiento físico en pacientes con EPOC grave.</p>
--	---	---	---	--

“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

TÍTULO		Noninvasive ventilation during walking in patients with severe COPD: a randomised cross - over trial. ²⁰		
AUTOR/ ES		Dreher M, Storre JH, Windisch W.		
AÑO		2007		
TIPO DE ESTUDIO		Ensayo clínico aleatorizado.		
OBJETIVO	MUESTRA	INTERVENCIÓN	RESULTADOS	CONCLUSIÓN
<p>Objetivo: probar la viabilidad de la aplicación de ventilación con presión positiva no invasiva (NPPV) durante la marcha en pacientes con EPOC grave que ya estaban recibiendo ventilación mecánica domiciliaria (HMV). Además se plantea la hipótesis de que la aplicación de NPPV daría como resultado evitar la hipoxemia inducida por el ejercicio y mejorar el rendimiento del ejercicio, cuando se agrega oxígeno suplementario en comparación con oxígeno solo, en pacientes con EPOC grave que ya reciben NPPV para un tratamiento a largo plazo.</p>	<p>Se incluyeron pacientes con EPOC con IRC hipercápnica (estadio IV GOLD) que refieren disnea, incluso durante esfuerzos leves a pesar del tratamiento óptimo con medicación antiobstructiva y antiinflamatoria, oxigenoterapia a largo plazo y HMV. Sólo se reclutaron pacientes estables. Se excluyeron los que presentaron una agudización aguda, los que tenían previsto destete de la ventilación invasiva o los que habían sido intubados o traqueostomizados durante los 3 meses previos. Otros criterios de exclusión fueron: bronquiectasias; secuelas post-tuberculosis; deformidades de la caja torácica; trastornos</p>	<p>Se realizó una prueba de marcha estandarizada de 6 minutos (6MWT) con las siguientes mediciones: disnea evaluada mediante la escala de disnea de Borg (BDS) gases sanguíneos extraídos del lóbulo de la oreja arterializado presión arterial; frecuencia cardíaca 6 minutos a pie (6MWD). Se tomaron gases sanguíneos inmediatamente antes y después de la 6MWT mientras respiraban espontáneamente con oxígeno suplementario. Se realizaron dos 6MWT por paciente aleatoriamente en dos días consecutivos, una con oxígeno suplementario solo y otra con NPPV + O₂. El flujo de oxígeno suplementario y los ajustes del ventilador utilizados durante la caminata fueron idénticos a los utilizados en casa y no cambiaron durante el estudio.</p> <p>La IPAP media fue de 29 cmH₂O y la EPAP media fue de 4</p>	<p>La PaO₂ disminuye sustancialmente en el grupo de oxígeno después del TM6m (72 mmHg VS 61 mmHg), pero en el grupo VNI + O₂, por el contrario aumentó significativamente (70 mmHg VS 81 mmHg).</p> <p>El Índice de disnea después de caminar fue significativamente menor cuando la caminata fue asistida por NPPV en comparación con la caminata sin ayuda.</p> <p>La distancia recorrida aumentó significativamente a favor de la marcha asistida por NPPV.</p> <p>La SatO₂% también tuvo un aumento cuando utilizaron NPPV con oxígeno suplementario después del Test de Marcha de 6 minutos (94,6 +-</p>	<p>Los pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica grave que reciben ventilación mecánica domiciliaria también pueden utilizar fácilmente la ventilación con presión positiva no invasiva durante la marcha sin cambiar los ajustes o el equipo del respirador. La tensión arterial de oxígeno disminuye durante la marcha en estos pacientes cuando solo se les administra oxígeno suplementario, pero aumenta cuando se agrega ventilación con presión positiva no invasiva al oxígeno suplementario. También hay significativamente menos disnea y mayor distancia de marcha cuando se utiliza ventilación con presión positiva no invasiva. Por lo tanto, la ventilación con presión positiva no invasiva podría desempeñar un</p>

“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

	<p>neuromusculares; y carcinoma bronquial. 20 participantes completaron el programa.</p>	<p>cmH₂O. 11 pacientes utilizaron mascarilla nasal y 9 facial completa.</p>	<p>3,4 VS 88,8 +-4)</p>	<p>papel adicional para el tratamiento paliativo de pacientes con insuficiencia respiratoria crónica hipercápnica debido a enfermedad pulmonar obstructiva crónica.</p>
--	--	--	-------------------------	---

“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

TÍTULO	Effects of non - invasive ventilation combined with oxygen supplementation on exercise performance in COPD patients with static lung hyperinflation and exercise - induced oxygen desaturation: a single blind, randomized cross - over trial.⁴¹			
AUTOR/ ES	Maud Koopman, Martijn A. Spruit, Frits M. E. Franssen, Jeannet Delbressine, Emiel FM Wouters, Danny Mateo, Antón Vink y Lowie EGW Vanfleteren.			
AÑO	2019			
TIPO DE ESTUDIO	Ensayo cruzado, aleatorizado, simple ciego.			
OBJETIVO	MUESTRA	INTERVENCIÓN	RESULTADOS	CONCLUSIÓN
Estudiar los efectos de la VNI además de la oxigenoterapia, en comparación con el oxígeno solo o sin soporte, sobre la duración del ejercicio, la disnea percibida y el tiempo hasta la recuperación del ejercicio en pacientes no hipercápnicos con EPOC con hiperinflación pulmonar y desaturación inducida por ejercicio.	Pacientes con EPOC clínicamente estables confirmados mediante espirometría posbroncodilatado r, de 40 a 80 años, con un volumen residual >150% del previsto, presión arterial de oxígeno en reposo (PaO ₂) > 55 mmHg, presión arterial de dióxido de carbono (no hipercápnico) menos de 48 mmHg y se incluyeron la saturación de oxígeno transcutáneo <88%. Se excluyeron los pacientes que tenían una enfermedad maligna activa, cirugía pulmonar previa,	Cada prueba consistió en dos series de ejercicio con un período de recuperación cronometrado entre ellas. Las siguientes pruebas se realizaron en dos días consecutivos, con una serie de pruebas por la mañana y otra por la tarde en ambos días: Cada prueba se realizó con las siguientes configuraciones: Configuración 1 ('Sham'): Presión positiva continua en las vías respiratorias (CPAP) 2 cmH ₂ O con una fracción inspirada de oxígeno (FiO ₂) del 21%. Configuración 2 ('Oxígeno'): CPAP 2 cmH ₂ O con FiO ₂ 2 35%. Configuración 3 ('VNI y oxígeno'): BiPAP con presión positiva inspiratoria en las vías respiratorias de 14 cmH ₂ O y presión	Los pacientes incluidos mejoraron significativamente el tiempo de resistencia con suplemento de oxígeno durante el ejercicio, lo que mejoró aún más cuando se añadió VNI. Este aumentó con el mismo nivel de disnea y una recuperación post-ejercicio más rápida. La distancia total recorrida en metros fue significativamente mayor cuando se utilizó O ₂ solo y aumentó aún más cuando se añadió VNI. La combinación de VNI y oxígeno proporcionados sólo durante la recuperación (config. 4)	Los pacientes con EPOC que presentan hiperinsuflación grave y desaturación inducida por el ejercicio se benefician de la ventilación no invasiva junto al oxígeno durante el ejercicio; caminan más lejos con el mismo nivel de disnea y se recuperan más rápido. Estos resultados pueden contribuir a un tratamiento individualizado durante el entrenamiento físico.

“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

	<p>enfermedad cardiovascular inestable, problemas ortopédicos que pudieran afectar las pruebas de marcha y/o si debían utilizar una ayuda para caminar o una silla de ruedas. Por último, no se incluyeron pacientes que tenían una contraindicación para el uso de BiPAP (es decir, sinusitis aguda, otitis media, presión arterial baja, incapacidad para eliminar adecuadamente las secreciones).</p> <p>En este estudio fueron incluidos un total de 13 pacientes.</p>	<p>espiratoria positiva en las vías respiratorias de 6 cmH₂O, con FiO₂ del 35%.</p> <p>Configuración 4 ("Intermitente"): Configuración 1 durante la caminata (2 cmH₂O), cuando el paciente hizo una parada involuntaria, la configuración se cambió a la configuración 3 (IPAP 14, EPAP 6 cmH₂O). Cuando el paciente comenzó a caminar nuevamente, la configuración volvió a la configuración 1.</p> <p>La aleatorización de las pruebas se realizó con un orden fijo de pruebas, pero con rotación en el sentido de las agujas del reloj de la prueba inicial. Todos los pacientes estaban cegados respecto de la configuración.</p> <p>Al finalizar la primera serie de ejercicios, los pacientes permanecieron en la cinta rodante y se les indicó que comenzarán con la segunda serie de ejercicios en el momento en que se recuperaron hasta alcanzar una puntuación de disnea de Borg ≤2. Luego se volvió a indicar a los pacientes que caminaran el mayor tiempo posible, con una duración máxima de seis minutos. El inicio de su segunda serie fue marcado como el final del período de</p>	<p>después del ejercicio acortó el tiempo de recuperación con menos fatiga en las piernas, pero no mejoró el tiempo de resistencia al ejercicio posterior a la recuperación.</p> <p>La distancia total recorrida y el tiempo de resistencia, como es de esperarse, disminuyeron en la segunda serie pero aun así el grupo VNI + O₂ obtuvo resultados superiores y significativos en comparación a las otras configuraciones.</p> <p>El uso del sistema de VNI + O₂ se asoció con una frecuencia respiratoria más baja y una saturación de oxígeno más alta luego de las pruebas, a diferencia de las alcanzadas con las otras configuraciones. La saturación de oxígeno durante la recuperación también fue mayor en este grupo.</p> <p>El tiempo de recuperación es significativamente más corto con VNI</p>	
--	--	--	---	--

“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

		<p>recuperación. La velocidad de marcha en la cinta se fijó en el 125% de la velocidad media de marcha durante el 6MWT, testeado al inicio.</p> <p>Para el uso de VNI y O2 se aplicó una mascarilla oronasal.</p>	<p>y soporte de oxígeno (conf. 3 y 4).</p>	
--	--	---	--	--

“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

TÍTULO		Can non - invasive ventilation modulate cerebral, respiratory, and peripheral muscle oxygenation during high-intensity exercise in patients with COPD - HF?. ⁴²		
AUTOR/ ES		Cássia da Luz Goulart, Flávia Rossi Caruso, Adriana Sánchez García de Araújo, Sílvia, Cristina García de Moura, Aparecida María Cataí, Piergiuseppe Agostoni, Renata Gonçalves Mendes, Ross - Arena y Audrey Borghi-Silva		
AÑO		2021		
TIPO DE ESTUDIO		Ensayo clínico aleatorizado.		
OBJETIVO	MUESTRA	INTERVENCIÓN	RESULTADOS	CONCLUSIÓN
<p>Evaluar el efecto de la ventilación con presión positiva no invasiva (VNIPP) sobre (1) las respuestas metabólicas, ventilatorias y hemodinámicas; y (2) oxigenación cerebral (Cox), respiratoria y periférica en comparación con la ventilación SHAM durante el ejercicio de alta intensidad en pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) e insuficiencia cardíaca (IC) coexistentes.</p> <p>La hipótesis es que la VPNI es capaz de mejorar el consumo de oxígeno y la ventilación durante el ejercicio, además de provocar una descarga de los músculos respiratorios, proporcionando mayor disponibilidad de</p>	<p>Pacientes incluidos: 50 años o más con un diagnóstico coexistente confirmado de EPOC e IC.</p> <p>Criterios de exclusión: consistieron en trastornos musculoesqueléticos o afecciones neurológicas que afectan la capacidad de hacer ejercicio; deterioro del estado clínico que requirió hospitalización 3 meses antes del estudio; diagnóstico de enfermedad maligna; marcapasos implantable; infarto de miocardio (3 meses antes del estudio); y arritmias cardíacas</p>	<p>Cada paciente completó el proceso de evaluación integral en 4 días de la siguiente manera:</p> <p>Visita 1: evaluación clínica por un médico y fisioterapeuta, seguida de una prueba de función pulmonar y ecocardiografía Doppler.</p> <p>Visita 2: prueba de ejercicio cardiopulmonar incremental (CPET) en cicloergómetro.</p> <p>Visita 3: familiarización con NIPPV y SHAM con un intervalo mínimo de 48 h entre ellas.</p> <p>Visita 4: dos sesiones de ejercicio de carga constante (CLE) de alta intensidad (SHAM y NIPPV) aplicadas el mismo día con un intervalo de 1 h entre ellas.</p> <p>El intervalo entre CPET incremental y CLE fue de 7 días. La intensidad de las sesiones CLE de alta</p>	<p>Los principales resultados son: aumento en el tiempo de resistencia a favor del grupo VNI (129 s VS 98 s).</p> <p>La mejora de la tolerancia al ejercicio con NiPPV binivel se observó mediante una mejora significativa en el VO₂, SpO₂.</p> <p>Se observa un aumento del lactato sanguíneo y el VCO₂ producto de un mayor tiempo de resistencia. La descarga de los músculos respiratorios durante el ejercicio con NIPPV resultó en una mejora de la</p>	<p>La ventilación con presión positiva no invasiva durante el ejercicio a ritmo de trabajo constante permitió proporcionar a la descarga de los músculos respiratorios un mayor suministro de oxígeno a los músculos periféricos, reducir la fatiga muscular y mantener un tiempo de ejercicio más prolongado en pacientes con EPOC-HF.</p>

"Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica."

<p>oxígeno para los músculos periféricos; Los autores creen que la NIPPV proporcionará una menor extracción de oxígeno cerebral durante el ejercicio.</p>	<p>complejas. Se incluyeron 14 pacientes.</p>	<p>intensidad se fijó en el 80% de la tasa de trabajo CPET (WR) máxima. Los pacientes fueron asignados al azar a dos grupos NIPPV o SHAM, donde luego intercambiarían los grupos. La VNI se aplicó a través de dos niveles de presión (binivel), mediante una máscara oronasal con una presión definida individualmente para cada paciente. Las presiones se titularon dentro del rango de 8 a 12 cmH₂O para presión inspiratoria (IPAP) y 4-6 cmH₂O para presión positiva al final de la espiración (EPAP). La ventilación SHAM se aplicó con una IPAP mínima (5 cmH₂O) y EPAP (2 cmH₂O)</p>	<p>oxigenación cerebral, ventilatoria y de los músculos de las piernas.</p>	
---	---	---	---	--

“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

TÍTULO	Inspiratory muscle training potentiates the beneficial effects of proportional assisted ventilation on exertional dyspnea and exercise tolerance in COPD: a proof-of-concept randomized and controlled trial. ⁴³			
AUTOR/ ES	Rodrigo Koch, Tiago Rodrigues de Lemos Augusto, Alessandro Gomes Ramos & Paulo de Tarso Müller.			
AÑO	2020			
TIPO DE ESTUDIO	Ensayo controlado y aleatorizado.			
OBJETIVO	MUESTRA	INTERVENCIÓN	RESULTADOS	CONCLUSIÓN
<p>Explorar el potencial de efectos aditivos a través de un enfoque dual, aplicando primero diez sesiones de entrenamiento inspiratorio de alta intensidad en músculos respiratorios sobrecargados y estresados crónicamente y descargándolos aún más con ventilación asistida proporcional (PAV) no invasiva, anticipando una mejor tolerancia al ejercicio y mitigación de la disnea durante todo el ejercicio.</p>	<p>En total, 54 sujetos con EPOC fueron evaluados consecutivamente para criterios de inclusión/exclusión y seguimiento en una clínica especializada. Sujetos mayores de 40 años, ex fumadores de ambos sexos y al menos 4 semanas libres de exacerbaciones, sin comorbilidades, excepto hipertensión arterial sistémica (HAS) controlada, y con presión inspiratoria máxima (PIM) <100 cmH₂O fueron admitidos en el estudio.</p> <p>Se excluyeron los sujetos que no pudieron realizar las pruebas de esfuerzo propuestas, la tasa de inasistencia >20%, la participación activa en un programa de rehabilitación y las</p>	<p>En la primera etapa los sujetos se sometieron a evaluaciones clínicas, pruebas de familiarización con la VNI en un cicloergómetro y pruebas de función pulmonar. A continuación, se realizó una prueba de ejercicio cardiopulmonar incremental (CPET) en cicloergómetro hasta el límite de tolerancia. Después de la aleatorización, la primera etapa concluyó en dos días separados (dentro de 1 semana) diseñados exclusivamente para ejercicio de resistencia al 75% de la potencia máxima alcanzada en CPET, bajo un apoyo distinto de VNI.</p> <p>Durante la segunda etapa, los sujetos fueron sometidos a 10 sesiones de entrenamiento de los músculos inspiratorios (IMT) de alta intensidad</p>	<p>El tiempo de resistencia al finalizar el programa después del IMT fue significativamente superior en el grupo PAV frente al SHAM (452 s VS 283 s). A su vez, comparando el PAV por sí solo sin adición de IMT, en la primera etapa el PAV también obtuvo mejores resultados en el tiempo de resistencia en comparación a la ventilación simulada (341 s VS 243 s).</p> <p>Lo mismo ocurre con la SpO₂% donde en la segunda etapa post IMT, en el grupo PAV es de 91% en comparación al 85% del grupo SHAM y en la primera etapa el grupo PAV obtiene una media de 89% VS 86%.</p> <p>El volumen corriente mejora en ambas</p>	<p>La adición de IMT antes de una sesión aeróbica apoyada por PAV potencia la tolerancia al ejercicio y el alivio de la disnea e induce cambios favorables en el patrón ventilatorio en la EPOC grave durante el entrenamiento de alta intensidad.</p>

“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

	<p>intercurrencias graves.</p> <p>Finalmente se incluyeron 9 pacientes al estudio. La mayoría eran individuos con obstrucción de grado III/IV de la EPOC y con Pimax. < 60 cmH₂O al inicio del estudio (6/9 sujetos).</p>	<p>(80% del PIM) 3 veces por semana durante 30 días con dispositivo de resistencia inspiratoria ajustable. En la etapa final, al final del IMT, en un máximo de 1 semana, se realizaron pruebas de resistencia repetidas en cicloergómetro, con la misma secuencia de aleatorización que la primera etapa para PAV frente a una condición de control (SHAM).</p> <p>El sistema NIV se administró con una mascarilla oronasal. La condición SHAM se ajustó a 4 cmH₂O, considerado el valor mínimo para superar la resistencia de las conexiones. Los parámetros iniciales para PAV se predeterminaron individualmente en función de la resistencia del sistema respiratorio (R) y la elastancia (E).</p>	<p>etapas del programa significativamente mayor que en la ventilación simulada.</p> <p>PAV aumenta significativamente el VT (L) y VE (L/min), cambia el patrón respiratorio (disminuye Ti/Ttot y fR/VT mientras aumenta VT /Ti) y así alcanza puntuaciones sensoriales aumentadas, en comparación con SHAM</p>	
--	---	--	--	--

“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

TÍTULO		Perceptions of noninvasive ventilation during exercise in noninvasive ventilation-naïve patients with COPD. ⁴⁴		
AUTOR/ ES		Clancy. J. Dennis, Collette Menadue, Tessa Schneeberger, Daniela Leitl, Ursula Schoenheit - Kenn, Alison. R. Harmer, David J Barnes, Andreas. R. Koczulla, Klaus Kenn y Jennifer. A. Alison.		
AÑO		2022		
TIPO DE ESTUDIO		Ensayo clínico cruzado aleatorizado.		
OBJETIVOS	MUESTRA	INTERVENCIÓN	RESULTADOS	CONCLUSIÓN
<p>Explorar las percepciones del uso de la VNI durante el ejercicio en pacientes con EPOC grave que no habían recibido VNI previamente. Evaluar las relaciones entre las percepciones individuales de la VNI durante el ejercicio y las características iniciales y los resultados del ejercicio con la VNI durante el ejercicio, e identificar posibles barreras y facilitadores para el uso de la VNI durante el ejercicio.</p>	<p>Los criterios de inclusión fueron un diagnóstico de EPOC, FEV1 < 50% del previsto, un volumen residual (VR) /capacidad pulmonar total (CPT) > 110% del previsto, sin exacerbaciones en las últimas 4 semanas, e hiperinflación dinámica clasificada como > 110 ml o > 11% de reducción en la capacidad inspiratoria durante una prueba de ciclo incremental máxima.</p> <p>Se excluyeron los individuos que tenían una enfermedad pulmonar significativa no relacionada con la EPOC, un</p>	<p>El día 1 se realizaron pruebas de función pulmonar, una prueba de ciclo incremental y una prueba corta de VNI en reposo y durante el ejercicio.</p> <p>El día 2, los participantes realizaron 3 pruebas de resistencia en bicicleta (CET) hasta el cese voluntario. La tasa de trabajo se fijó en el 75% de la tasa de trabajo máxima alcanzada en la prueba incremental. Los 3 CET se realizaron en orden aleatorio: sin VNI, con VNI de dos niveles utilizando una EPAP estándar de 5 cmH₂O, y con VNI de dos niveles utilizando una EPAP titulada individualmente de 4,0 ± 1,2 cmH₂O. Se seleccionó el nivel de presión que maximizaba la capacidad inspiratoria por lo que se proporcionó un soporte</p>	<p>En la encuesta previa a la VNI la mayoría de los participantes afirmaron que la dificultad para respirar limitaba su capacidad para hacer ejercicio. Las preferencias de los participantes con respecto al uso de O₂ suplementario a través de una cánula nasal o el uso de VNI a través de una máscara durante el ejercicio fueron en promedio neutrales. Sin embargo, hubo una preferencia ligeramente mayor por el uso de O₂ suplementario para ayudar a la respiración en comparación con la VNI.</p> <p>Las respuestas a la encuesta posterior a la VNI mostraron que la mayoría de los participantes estaban de acuerdo o muy de acuerdo en que la VNI les ayudaba a respirar más fácilmente durante el ejercicio (15/18,</p>	<p>Las personas con EPOC grave generalmente tuvieron percepciones positivas sobre el uso de la VNI durante el ejercicio por primera vez. Los participantes consideraron que la VNI era una herramienta eficaz para reducir la dificultad para respirar durante el ejercicio y aumentar la resistencia al mismo. Los participantes que percibieron una mayor mejora con la VNI durante el ejercicio tenían más probabilidades de tener un aumento real en la duración del ejercicio con la VNI durante el ejercicio en comparación con el ejercicio sin</p>

“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

	<p>índice de masa corporal > 35 Kg/m² o afecciones no respiratorias que limitaran el rendimiento en el ejercicio.</p> <p>Fueron analizados un total de 18 pacientes.</p>	<p>de 11,0 ± 2,2 cmH₂O por encima de la EPAP. La VNI de dos niveles se administró con un circuito de doble rama y una máscara facial completa.</p> <p>En el presente estudio, los participantes completaron 2 encuestas (una el día 1 y otra después de los CET el día 2) y una entrevista semiestructurada después de los CET el día 2.</p> <p>La encuesta previa fue sobre la experiencia previa de los participantes y sus percepciones sobre el uso de complementos para controlar su enfermedad pulmonar, como O₂ suplementario, CPAP o VNI. Además se pidió que calificaran si la dificultad para respirar limitaba su rendimiento en el ejercicio y si considerarían usar un complemento para controlar la dificultad para respirar durante el ejercicio. También se pidió que indicaran su preferencia de no utilizar complementos durante el ejercicio, O₂ suplementario o VNI durante el ejercicio. Finalmente, se pidió a los participantes que describieran la sensación de su disnea de esfuerzo seleccionando uno o más descriptores comunes de dificultad</p>	<p>83%) y que la VNI no aumentaba la dificultad para respirar (16/18, 89%). Además, algo más de la mitad de los participantes coincidieron en que la mascarilla VNI era incómoda (10/18, 55%); aun así, el 55% (10/18) de los participantes estuvo de acuerdo o muy de acuerdo en que se sentirían seguros al usar la máscara (NIV) por sí mismos para ayudar a respirar durante el ejercicio.</p> <p>Antes de probar la VNI, ningún participante la seleccionó como su complemento preferido durante el ejercicio; El 28% (5/18) seleccionó O₂ suplementario y el 72% (13/18) no seleccionó nada. Después de probar la VNI durante el ejercicio, 2 participantes que previamente eligieron O₂ suplementario y 3 participantes que no eligieron nada seleccionaron la VNI como su complemento preferido, lo que resultó en que 5/18 (28%) seleccionarán VNI y 3/18 (17%) seleccionaran O₂ suplementario. y 10/18 (55%) no seleccionan nada.</p> <p>Cuando se les pidió que seleccionaran su prueba preferida de los 3 CET realizados (uno sin VNI y 2 con VNI),</p>	<p>VNI. Los participantes no creían que la VNI durante el ejercicio pudiera usarse sin asistencia y supervisión.</p>
--	--	---	--	--

“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

		<p>para respirar.</p> <p>En la segunda encuesta se repitieron las preguntas de la encuesta previa a la VNI. Se preguntó a los participantes sobre el uso de VNI durante el ejercicio después de haber tenido la experiencia y se les hizo una serie de preguntas para determinar si la VNI durante el ejercicio era útil, cómoda y si considerarían usar la VNI durante el ejercicio en el futuro.</p> <p>Después de completar la encuesta posterior a la VNI, se realizó una entrevista semiestructurada. El investigador documentó las respuestas de los participantes a cada pregunta y verificó la exactitud de las respuestas documentadas con cada participante. Se desarrollaron preguntas en torno a cuatro cuestiones principales: comodidad, facilidad de uso, practicidad y sensación de beneficio.</p>	<p>13/18 participantes prefirieron la prueba de esfuerzo con VNI (8 prefirieron VNI con EPAP estándar, 5 prefirieron VNI con EPAP titulado). Más de la mitad (55%) de todos los participantes (10/18) seleccionaron la segunda prueba utilizando VNI durante el ejercicio como su prueba preferida con VNI.</p> <p>El beneficio del ventilador en términos de reducción de la dificultad para respirar fue informado por 12/18 (67%) de los participantes, y 2 participantes también informaron que pudieron hacer más ejercicio con el apoyo de la VNI (2/18 participantes). Todos los participantes estuvieron de acuerdo en que la VNI podría ayudar a hacer ejercicio (18/18 participantes), pero muchos comentaron que ellos mismos no estaban lo suficientemente enfermos como para necesitarlo (12/18 participantes).</p>	
--	--	--	--	--

“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

TÍTULO		The effect of adding noninvasive ventilation to high - intensity exercise on peripheral and respiratory muscle oxygenation. ⁴⁵		
AUTOR/ ES		Cássia da Luz Goulart, Flavia Rossi Caruso, Adriana S Garcia de Araujo, Silvia Cristina Garcia de Moura, Aparecida Maria Catai, Polliana Batista dos Santos, Erika Z Kabbach, Ross Arena, Renata Goncalves Mendes, and Audrey Borghi-Silva.		
AÑO		2023		
TIPO DE ESTUDIO		Ensayo clínico aleatorizado, doble ciego.		
OBJETIVO	MUESTRA	INTERVENCIÓN	RESULTADOS	CONCLUSIÓN
El objetivo fue evaluar si la VNI como complemento de HIEx (ejercicio de alta intensidad) es más efectiva que HIEx sola o HIEx + simulada sobre la oxigenación respiratoria y periférica y la función vascular en sujetos con EPOC e Insuficiencia Cardíaca (HF) coexistente. La hipótesis es que HIEx + VNI puede proporcionar una descarga en los músculos respiratorios con una mayor redistribución del flujo sanguíneo a los músculos periféricos y modular positivamente la función endotelial	<p>Criterios de inclusión: los sujetos incluidos tenían 50 años o más con un diagnóstico coexistente de EPOC e IC. Todos recibieron terapia médica optimizada por parte de un cardiólogo y un neumonólogo.</p> <p>Los criterios de exclusión consistieron en trastornos musculoesqueléticos o afecciones neurológicas que afectan la capacidad de hacer ejercicio; deterioro del estado clínico que requirió hospitalización 3 meses antes del estudio; diagnóstico de enfermedad maligna; marcapasos implantable; infarto de miocardio (dentro de los 3 meses anteriores a la inclusión); arritmias cardíacas complejas; angina inestable, desfibriladores cardíacos</p>	<p>Cada sujeto completó la evaluación integral en 4 días:</p> <p>Visita 1: evaluación clínica por un médico y fisioterapeuta, seguida de una prueba de función pulmonar y ecocardiografía Doppler.</p> <p>Visita 2: prueba de ejercicio cardiopulmonar incremental (CPET). La prueba se realizó en cicloergómetro con frenado electromagnético.</p> <p>Visita 3: una sesión de ejercicio de carga constante (CLE) de alta intensidad sin ventilación, ejercicio solo (HIEx); los sujetos posteriores a CLE se familiarizaron con la</p>	<p>Durante HIEx, HIEx+sham y HIEx+NIV encontramos un aumento significativo en el ejercicio máximo para el VO₂ (mL/min), el VO₂ (mL/kg/min), el VCO₂ (mL/min) y VE (mL /min) en comparación con el valor inicial, donde los mejores resultados se obtuvieron en el grupo que utilizó VNI, teniendo en cuenta que el valor de VCO₂ fue significativo en comparación al grupo que utilizó ventilación simulada.</p> <p>Inmediatamente después de la condición HIEx+NIV hubo un aumento significativo en la Vasodilatación medida por Flujo o FMD (mm), la FMD (%), Velocidad de Flujo (BFV) y Shear Stress (SS) en comparación con el valor inicial, y solo el aumento en la FMD (mm) y FMD (%) fue significativo en comparación con HIEx y HIEx+sham.</p> <p>No hubo una diferencia</p>	La asociación de HIEx con VNI puede descargar de forma aguda la musculatura respiratoria con una mejor redistribución del flujo sanguíneo disponible y modular beneficiosamente la función endotelial. Estos resultados pueden traducirse en un impacto potencial en la rehabilitación cardiopulmonar en sujetos con EPOC-HF.

“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

<p>inmediatamente después del ejercicio.</p>	<p>implantables e individuos con cirugías cardíacas previas (es decir, angioplastia, revascularización miocárdica, dentro de los 3 meses anteriores a la inclusión); y sujetos con exacerbación de la EPOC.</p> <p>12 participantes completaron el estudio.</p>	<p>VNI y la simulación.</p> <p>Visita 4: Los participantes realizaron 2 CLE en orden aleatorio (HIEx+NIV y HIEx+sham) el mismo día con un intervalo de 1h entre ellos.</p> <p>El intervalo de tiempo entre las visitas 3 y 4 fue de 7 días. La intensidad de las sesiones CLE de alta intensidad se fijó en el 80% de la tasa de trabajo CPET (WR) máxima.</p> <p>Ventilación no invasiva: se aplicó a través de 2 niveles de presión (bi-level) mediante una mascarilla facial bien ajustada. Las presiones se ajustaron dentro del rango de 8 a 12 cmH₂O para la IPAP y de 4 a 6 cmH₂O para la PEEP. Se aplicó ventilación simulada (SHAM) con una IPAP máxima (5 cmH₂O) y EPAP (2 cmH₂O).</p> <p>Los examinadores responsables de las evaluaciones, así como los sujetos, estaban cegados a la intervención.</p>	<p>significativa en SpO₂ durante HIEx+NIV, sin embargo disminuyó significativamente durante el ejercicio máximo en HIEx y HIEx+sham, y en el grupo HIEx+NIV este descenso fue menor.</p> <p>Al analizar los momentos de HIEx, HIEx+sham y HIEx+NIV en músculos periféricos y respiratorios, en el ejercicio los sujetos presentaron una redirección de O₂ a los músculos respiratorios. Mientras que se realiza con HIEx+sham y HIEx+NIV al inicio de la prueba (20-40%) hubo una competencia por el uso del O₂ disponible entre los músculos; sin embargo, a partir de la mitad de la prueba, encontramos una diferencia significativa sólo durante HIEx+NIV, con mayor extracción de O₂ en los músculos periféricos en comparación con los músculos respiratorios durante HIEx. También encontramos relaciones directas entre la oxihemoglobina (O₂Hb) en el 80% y pico (100%) del tiempo límite (T_{lim}) con la DMF absoluta (mm) inmediatamente después de HIEx+NIV, mostrando que cuanto mayor es la oxigenación de los músculos periféricos durante HIEx+NIV mejor es la función vascular inmediatamente después del ejercicio.</p>	
--	---	---	---	--

“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

TÍTULO		Noninvasive ventilation as an important adjunct to an exercise training program in subjects with moderate to severe COPD.⁴⁶		
AUTOR/ ES		Kamilla Tays Marrara , Valéria Amorim Pires Di Lorenzo , Rodrigo B Jaenisch , Ramona Cabiddu , Tatiana de Oliveira Sato , Renata Gonçalves Mendes , Claudio R Oliveira , Dirceu Costa y Audrey Borghi-Silva		
AÑO		2018		
TIPO DE ESTUDIO		Ensayo clínico prospectivo, aleatorizado y controlado, doble ciego.		
OBJETIVO	MUESTRA	INTERVENCIÓN	RESULTADOS	CONCLUSIÓN
El objetivo principal de este estudio fue investigar si la VNI puede impactar positivamente en la capacidad de ejercicio, el consumo máximo de oxígeno (V _O 2) y los síntomas después de un programa de entrenamiento físico de 6 semanas en sujetos con EPOC de moderada a muy grave. La hipótesis es que la VNI tendrá un impacto positivo en la capacidad de ejercicio y los síntomas en estos sujetos	Los criterios de inclusión fueron el diagnóstico clínico de EPOC, antecedentes de tabaquismo (> 10 paquetes-año); reserva ventilatoria < 20%; SpO2 en reposo > 90% o SpO2 en ejercicio máximo > 80%; presión inspiratoria máxima (PI _{max}) <70% de lo previsto; estabilidad clínica en los últimos 2 meses; sin cambios en la dosis de medicación durante 1 mes y sin participación en un programa de entrenamiento físico durante 3 meses. Los criterios de exclusión fueron la presencia de afecciones musculoesqueléticas, ortopédicas o	Se aplicó PT (entrenamiento físico) en ambos grupos durante 6 semanas, 3 veces/semana, para un total de 18 sesiones. Cada sesión constaba de 5 min de estiramiento de la musculatura, seguidos de 5 min de calentamiento en cinta y posteriormente 30 min de entrenamiento físico al 70-80% de la velocidad máxima alcanzada en la prueba de ejercicio cardiopulmonar incremental. Fueron asignados aleatoriamente a recibir entrenamiento físico solo o entrenamiento físico con VNI (NIV-Entrenamiento físico) mediante sobres cerrados que fueron abiertos por un único investigador que desconocía el propósito del estudio.	CPET (antes y después del programa): El programa de entrenamiento físico tuvo efectos positivos significativos sobre el rendimiento máximo en ambos grupos, como lo demuestran el tiempo de prueba (10 min VS 12, 4 min en el post del grupo PT y 9,2 min VS 12,4 min en el post del grupo VNI), 6MWD evaluado durante la prueba incremental (grupo PT pre 435,3 m VS post 613,5 m y grupo VNI + PT pre 440,2 m VS post 710 m), velocidad máxima, V _{CO} 2 máximo y potencia ventilatoria durante el ejercicio. Estos aumentos fueron mayores en el grupo VNI teniendo en cuenta la comparación intragrupo. Sin embargo, el V _O 2 máximo y los equivalentes metabólicos máximos (METS) aumentaron significativamente sólo en el grupo de VNI-entrenamiento físico	Un programa de entrenamiento físico de 6 semanas por sí solo puede mejorar la tolerancia al ejercicio y la calidad de vida, además de reducir el riesgo de mortalidad. Sin embargo, se ha demostrado que la ventilación no invasiva asociada a un programa de entrenamiento físico tiene un efecto beneficioso aditivo sobre potentes marcadores pronósticos (V _O 2 máximo y potencia circulatoria) y reduce los síntomas y mejora la saturación de oxígeno en sujetos con EPOC moderada a muy grave.

“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

	<p>neurológicas que impedirían la participación en el programa de ejercicios; antecedentes compatibles con enfermedades cardíacas, diabetes mellitus, hipertensión no controlada u otras enfermedades respiratorias concomitantes; e incumplimiento del protocolo de investigación o de recibir VNI.</p> <p>Del grupo de entrenamiento físico, 22 sujetos completaron el programa de entrenamiento físico y 21 sujetos completaron el programa VNI-Entrenamiento físico, dando una muestra de 43 participantes.</p>	<p>La velocidad aumentó durante las siguientes semanas según la tolerancia al ejercicio y no difirió entre los grupos. La suplementación con oxígeno fue necesaria sólo en aquellos sujetos que tenían una desaturación durante el ejercicio <90%.</p> <p>La VNI se administró con un ventilador de dos niveles a través de una interfaz nasal. La IPAP se fijó inicialmente en 6 cmH₂O, y luego se aumentó gradualmente en incrementos de 2 cmH₂O, hasta que el sujeto pudo respirar naturalmente. La EPAP se fijó en 3 cmH₂O y luego se aumentó gradualmente en incrementos de 1 cmH₂O, hasta que el sujeto no contrajo la musculatura espiratoria.</p> <p>Los valores promedios para la IPAP y EPAP durante el programa de entrenamiento físico fueron 12 ± 2 cmH₂O y 5 ± 1 cmH₂O, respectivamente.</p> <p>Las pruebas de carga incremental y constante se evaluaron antes y después del programa.</p>	<p>(VO₂ Máx = 14,3 VS 14,8 ml/kg/min en el grupo PT y 13,2 VS 18,1 ml/kg/min en el grupo VNI; 3,8 VS 3,9 METS en el grupo PT y 3,6 y 5 METS en el grupo VNI)</p> <p>La potencia circulatoria aumentó significativamente sólo en el grupo VNI-entrenamiento físico.</p> <p>La disnea máxima en el grupo de VNI-entrenamiento físico se asoció con valores más bajos después del ejercicio (5.8 vs 4.2 en el post del grupo VNI y 5,1 vs 5,5 en el post del grupo PT). El lactato en sangre disminuyó significativamente después del entrenamiento físico sólo en el grupo de VNI-entrenamiento físico. Además, la SpO₂ máxima se redujo significativamente después del programa de entrenamiento sólo para el grupo de entrenamiento físico.</p> <p>Test de carga constante (antes y después): Con respecto a la prueba de velocidad constante, la ventilación minuto, la disnea y la frecuencia cardíaca disminuyeron significativamente en ambos grupos. El descenso de la disnea fue mayor en el grupo VNI (grupo PT 2,7 vs 1,1 y grupo VNI 4,5 vs 1,4) al igual que la frecuencia cardíaca (grupo PT 106 vs 104 lpm y grupo VNI 112 vs 103 lpm)</p> <p>Efectos del programa en</p>	
--	---	--	---	--

“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

			<p>ambos grupos: Los efectos del programa no fueron diferentes entre los grupos, con aumentos en PImax y 6MWD, así como un índice BODE reducido. Estas mejoras fueron superiores en el grupo VNI, con respecto a la PImax el grupo PT aumentó 11,6 cmH2O y el de VNI 21 cmH2O; la distancia fue 44,4 m mayor en el grupo PT y 88,5 metros en el de VNI.</p> <p>Además, el programa de ejercicio resultó en una mejora de la calidad de vida en los dominios social y emocional, sin diferencias entre grupos. Curiosamente, sin embargo, la PEmax aumentó significativamente sólo para el grupo VNI-Entrenamiento físico (aumentó 19 cmH2O en el grupo VNI contra 1 cmH2O que aumentó en el PT).</p>	
--	--	--	--	--

“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

TÍTULO	Effect of interval training with non - invasive ventilation in severe chronic obstructive pulmonary disease: a prospective cohort study with matched control group.⁴⁷			
AUTOR/ ES	Monika Fekete, Maria Kerti, Vince Fazekas-Pongor, Peter Balazs, Zoltán Csizmadia, Anna N. Nemeth, Stefano Tarantini, Janos T. Varga			
AÑO	2021			
TIPO DE ESTUDIO	Estudio de cohorte prospectivo aleatorizado.			
OBJETIVO	MUESTRA	INTERVENCIÓN	RESULTADOS	CONCLUSIÓN
El objetivo fue examinar si la IT (entrenamiento por intervalos) con VNI en la EPOC grave podría reducir la capacidad de ejercicio, la función respiratoria, el bypass torácico, la calidad de vida y la hiperinflación dinámica (inferida de la capacidad inspiratoria) de los pacientes.	<p>Los criterios de inclusión fueron la edad (≥ 40 años) y el diagnóstico de EPOC. El grado de obstrucción varió desde grave (FEV1 30– 50%) a muy grave (FEV1 <30 %). Fueron admitidos aquellos que se encuentren estables.</p> <p>Los criterios de exclusión fueron exacerbación aguda, enfermedad cardíaca grave sintomática, oxigenoterapia crónica (saturación de oxígeno en reposo inferior al 89 por ciento) y enfermedad ortopédica o articular que limite la</p>	<p>Después de una evaluación inicial, los pacientes del grupo casos como los controles participaron en un programa de rehabilitación pulmonar de 3 semanas de duración que incluía entrenamiento individual, educación, nutrición y asesoramiento psicológico. El entrenamiento incluyó una sesión de ejercicio grupal de 30 minutos (técnica de respiración controlada, ejercicios de mejora de la movilidad del pecho y fortalecimiento muscular) 2-3 veces al día y entrenamiento individual por intervalos (en una bicicleta de gimnasio, una cinta de correr y con un ergómetro de brazo).</p> <p>Prueba de ejercicio cardiopulmonar incremental: Se ajustó una bicicleta ergómetro con freno eléctrico para producir una tasa de trabajo (WR) que no excediera la frecuencia</p>	<p>El grupo VNI + IT como resultado del programa de rehabilitación pulmonar, tuvo una mejora significativa en la distancia del 6MWD (216m {211,5- 233,7} VS 274 {247,5- 313.5}), la capacidad vital inspiratoria (IVC) (65 {63 - 69} VS 74,7 {70.5 - 75}), la capacidad vital forzada (FVC) (63 {61,5 - 64,1} VS 73 {70 - 76}), la cinemática del tórax (CK), el trabajo máximo (WR) (25 {24 - 27} VS 36 {35 - 38}), VO2 máximo (8,8 {8,5 - 9,2} VS 10,3 {10,2 - 10,7}), el Índice BODE (5 {5 - 6,7} VS 4 {3 - 5}), cuestionario mMRC (2 {1,5 - 2} VS 1 {1-2}) y el CAT (29 {26,9 - 32} VS 15 {13,5 -</p>	<p>La rehabilitación, una de las herramientas de tratamiento estándar para la EPOC, es una intervención multidimensional, no farmacológica que ha demostrado reducir la disnea, aumentar el rendimiento del paciente y mejorar la calidad de vida. En general, los elementos del programa de rehabilitación pulmonar también mejoraron la función de los músculos respiratorios y periféricos mediante un efecto beneficioso sobre el metabolismo. Después de examinar a 18 pacientes con EPOC grave pero estable, encontramos que la IT con VNI mejoró</p>

“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

	<p>capacidad de ejercicio.</p> <p>Se examinan 18 casos y 18 controles, participando un total de 36 personas en el programa de rehabilitación.</p>	<p>cardíaca submáxima. Si se realizaba un examen espiroergométrico con antelación, el objetivo era alcanzar el 80% de la potencia máxima alcanzada. Sin una prueba espiroergométrica preliminar, la frecuencia cardíaca submáxima se determinó de la siguiente manera: $(220 - \text{edad}) \times 0,6 - 0,8 / \text{min.}$</p> <p>Entrenamiento por intervalos (IT): Las sesiones individuales de IT se realizaron en bicicleta. El entrenamiento se realizó con soporte de oxígeno y VNI, mientras que el grupo de control entrenó sin ningún soporte.</p> <p>La VNI se administró durante la carga interválica a través de un ventilador de dos niveles y una máscara facial con los siguientes parámetros: FiO₂: 100%; IPAP 12 cmH₂O; EPAP 8 cmH₂O; Trigger: 2 L/min.</p>	<p>17,5}).</p> <p>Con excepción de la cinemática de tórax y el WR ninguno de los anteriores resultados tuvieron un aumento significativo en el grupo control.</p>	<p>significativamente la capacidad de ejercicio de los pacientes, la calidad de vida, la cinemática torácica y la función muscular periférica, mientras que los resultados del grupo de control emparejado demostraron no ser significativos. También encontramos una mejora significativa en la función muscular inspiratoria y la desviación torácica en el grupo de ventilación no invasiva, así como una disminución significativa en la hiperinsuflación dinámica, como lo sugiere un aumento en la capacidad inspiratoria.</p>
--	---	---	---	--

“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

TÍTULO	Adding non - invasive positive pressure ventilation to supplemental oxygen during exercise training in severe chronic obstructive pulmonary disease: a randomized controlled study.⁴⁸			
AUTOR/ ES	Sami Deniz, Şenay Tuncel, Alev Gürgün, y Funda Elmas			
AÑO	2023			
TIPO DE ESTUDIO	Ensayo controlado aleatorio.			
OBJETIVO	MUESTRA	INTERVENCIÓN	RESULTADOS	CONCLUSIÓN
Investigar los efectos de 3 modalidades de ejercicio en pacientes con EPOC grave durante un programa ambulatorio de rehabilitación pulmonar. Se planteó la hipótesis de que entrenamiento (ET) + NIV + O ₂ durante el ejercicio podría promover adaptaciones fisiológicas óptimas a la ET en pacientes con EPOC grave.	Todos los pacientes tenían diagnóstico de EPOC y deben ser grado IV GOLD. Recibían el tratamiento óptimo según la directriz GOLD, pero ningún paciente tomaba esteroides orales o antibióticos. Se descartaron los pacientes con condiciones ortopédicas, neurológicas o trastornos malignos que pudieran impedir la participación en un programa de ejercicio, además de condiciones cardiovasculares inestables como arritmias, hipertensión no controlada, hipertensión pulmonar severa, diabetes mellitus u otras enfermedades pulmonares. También se excluyeron los	Se realizó un programa supervisado durante 8 semanas con un protocolo fijo. Los pacientes recibieron un programa ET de cicloergómetro (15 minutos), cinta rodante (15 minutos), entrenamiento de fuerza de las extremidades inferiores y superiores (5 a 10 minutos), terapias de respiración y relajación muscular progresiva (15 a 20 minutos, cada una), 2 veces por semana durante total 60-80 min/día y programa de ejercicios en casa una 1 por semana. A partir de los resultados de la prueba de caminata incremental (ISWT). Los pacientes se ejercitaron al 50% de la carga de trabajo máxima y al 50%-80% del VO ₂ máximo. La ventilación no invasiva se administró con un ventilador de dos	El volumen residual y la capacidad pulmonar total disminuyeron después del programa (-305 ± 489 y -325 ± 524) sólo en el grupo ET + NIV + O ₂ . Se detectó que hubo un aumento significativo tanto en Pimax (13,5 ± 12,1 cmH ₂ O) como en Pemax (15,5 ± 24,1 cmH ₂ O) en el grupo ET + VNI + O ₂ . No se detectaron cambios en los gases sanguíneos en ningún período de tiempo en ninguno de los grupos. Todos los grupos mostraron aumentos significativos en las pruebas 6MWT e ISWT. Sin embargo, la mejora en las pruebas de marcha fue mayor en el grupo ET + VNI + O ₂ (69,8 ± 53,2 m	Se puede argumentar que, si bien el uso de VNI junto con oxígeno suplementario durante la RP requiere equipo y experiencia en su implementación, se puede utilizar para promover efectos fisiológicos adicionales. Los ensayos clínicos aleatorizados con muestras de mayor tamaño deberían tener como objetivo investigar el efecto de la duración del entrenamiento, la intensidad, los modos de ventilación o los ajustes en pacientes con EPOC grave.

“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

	<p>pacientes que ya estaban en oxigenoterapia a largo plazo (OTLT) y/o VNI debido a insuficiencia respiratoria crónica y exacerbación durante el último mes y durante las sesiones de ET.</p> <p>35 participantes completaron el programa.</p>	<p>niveles a través de una mascarilla oronasal. La IPAP se inició con 10 cmH₂O y se aumentó 2 cmH₂O cada minuto según la tolerancia del paciente. La EPAP inició en 4 cmH₂O y se aumentó 1 cmH₂O cada minuto. La IPAP y EPAP se aumentaron lentamente para obtener el mejor soporte ventilatorio. Se insertó oxígeno en el circuito del ventilador a un caudal (1-3 L/min) para mantener la saturación de oxígeno durante la VNI en o por encima del 90 % durante la ET.</p>	<p>en 6MWT y 66,6 ± 65,2 m en ISWT)</p> <p>Las puntuaciones de los síntomas del SGRQ mejoraron significativamente solo en el grupo ET + NIV + O₂ (-21,8 + 18,9). Sin embargo, la puntuación total del SGRQ fue similar en todos los grupos de estudio después de la intervención. Los síntomas de depresión mejoraron significativamente solo en el grupo ET + VNI + O₂ (-2,8 + 2,8)</p>	
--	--	--	--	--

“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

TÍTULO		Noninvasive ventilation accelerates oxygen uptake recovery kinetics in patients with combined heart failure and chronic obstructive pulmonary disease. ⁴⁹		
AUTOR/ ES		Adriana Mazzuco, Aline Soares Souza, Cássia da Luz Goulart, Wladimir Musetti Medeiros, Priscila Abreu Sperandio, María Clara Nomán Alencar, Flávio Ferlin Arbex, José Alberto Neder, Ross Arena, Audrey Borghi-Silva.		
AÑO		2020		
TIPO DE ESTUDIO		Ensayo clínico prospectivo, doble ciego y controlado aleatoriamente.		
OBJETIVO	MUESTRA	INTERVENCIÓN	RESULTADOS	CONCLUSIÓN
Explorar los efectos de la ventilación proporcional asistida (PAV) por NIPPV en la cinética de la recuperación de VO ₂ , frecuencia cardíaca (FC) y gasto cardíaco (CO) después de un ejercicio de alta intensidad de carga constante (CLE), en pacientes con insuficiencia cardíaca (HF) y EPOC en comparación con HF solo.	<p>9 hombres sedentarios con evidencia ecocardiográfica de insuficiencia cardíaca con fracción de eyección ventricular izquierda reducida <40% y diagnóstico de EPOC y 10 pacientes con insuficiencia cardíaca fueron inscritos en este estudio. Los mismos recibieron tratamiento óptimo durante ≥3 meses antes del inicio del estudio. No se registraron episodios de descompensación en ningún sujeto inscrito durante ≥3 meses antes del inicio del estudio.</p> <p>Los principales criterios de exclusión fueron terapia de oxígeno a largo plazo (≥6 meses), programa de rehabilitación reciente (<6 meses), diabetes mellitus tipo 1 o tipo 2 no controlada, enfermedad vascular periférica, condiciones</p>	<p>Cada paciente completó el proceso de evaluación integral en 3 días: (1) evaluación clínica; (2) Prueba de esfuerzo cardiopulmonar incremental (CPX); y (3) 2 pruebas CLE de alta intensidad (falsa y NIPPV) en orden aleatorio.</p> <p>La CPX limitada por síntomas y se realizó con una bicicleta ergómetro. 7 días después de CPX, los pacientes realizaron 2 pruebas CLE de alta intensidad al 80% de la tasa de trabajo máxima hasta el límite de tolerancia, recibiendo ventilación simulada o PAV. La recuperación del ejercicio fue pasiva y tuvo una duración de 6 min.</p> <p>Se aplicó PAV a través de una mascarilla facial con niveles de presión individualmente establecidos para cada</p>	<p>Los pacientes con HF-EPOC tenían una cinética de VO₂ más rápida al comparar la NIPPV con el ensayo simulado. Específicamente, los pacientes con HF-EPOC presentaron una constante de tiempo exponencial τ más rápida cuando usaron el modo PAV (88 ± 16 seg vs 63 ± 15 seg) y un MRT (tiempo medio de respuesta) más rápido (95 ± 14 seg vs 69 ± 12 seg) con la NIPPV y un mayor ΔNIPPV-simulado (τ: - 25 ± 22; MRT -26 ± 19) a diferencia de los pacientes de este grupo que recibieron SHAM. El grupo PAV presentó una recuperación más rápida de la</p>	<p>Los hallazgos de este estudio sugieren que la NIPPV aceleró la cinética de recuperación de V. O₂ después de un ejercicio de alta intensidad en pacientes seleccionados con EPOC-HF. Además, la aceleración de la cinética de recuperación de VO₂ después de la NIPPV es más evidente en pacientes con EPOC-HF en comparación con aquellos con solo insuficiencia cardíaca. Estos resultados sugieren que la NIPPV parece ser una herramienta valiosa para pacientes con EPOC-HF que participan en un</p>

“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

	<p>ortopédicas/reumatológicas/neurológicas que impidieran la participación en el protocolo, otras enfermedades respiratorias concomitantes, cualquier contraindicación para la realización de pruebas de esfuerzo y la incapacidad para entender y cooperar con los procedimientos.</p> <p>Participaron un total de 19 pacientes.</p>	<p>paciente entre 12-16 cmH₂O para la presión inspiratoria y 4-8 cmH₂O para presión positiva al final de la espiración. Se aplicó ventilación simulada no invasiva con el mismo equipo utilizando la presión inspiratoria mínima de soporte (5 cmH₂O) y presión positiva al final de la espiración (2 cmH₂O) para superar la resistencia del circuito respiratorio. Antes de realizar las pruebas de carga constante, uno de los examinadores aleatorizó, por sorteo, el orden de las pruebas (sham y PAV).</p>	<p>frecuencia cardíaca (τ: 81 ± 56 seg VS 48 ± 17 seg; MRT: 96 ± 60 seg VS 59 ± 18 seg) y del gasto cardíaco (τ: 78 ± 56 seg VS 65 ± 7 seg; MRT: 94 ± 57 seg VS 76 ± 12 seg)</p>	<p>programa estructurado de rehabilitación cardiopulmonar que incluye intervenciones de ejercicio, como el entrenamiento de intervalos de alta intensidad.</p>
--	---	---	--	--

“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

TÍTULO	Non - invasive ventilation improves peripheral oxygen saturation and reduces fatigability of quadriceps in patients with COPD.⁵⁰			
AUTOR/ ES	Audrey Borghi - Silva, Luciana Di Thommazo, Camila B.F. Pantoni, Renata G. Mendes, Tania De Fátima Salvini, Dirceu Costa.			
AÑO	2009			
TIPO DE ESTUDIO	Ensayo clínico prospectivo, doble ciego y controlado aleatoriamente.			
HIPÓTESIS	MUESTRA	INTERVENCIÓN	RESULTADOS	CONCLUSIÓN
Se plantea la hipótesis de que el uso de VNI durante un ejercicio de fuerza específico reduciría la fatiga en las piernas en estos pacientes.	<p>Los criterios de inclusión fueron: EPOC, adherencia al tratamiento prescrito; y estabilidad de la enfermedad indicada por ningún cambio en la dosis del medicamento o exacerbación de los síntomas durante al menos 1 mes. Todos los pacientes presentaron disnea durante las actividades diarias (grados II-III del mMRC), obstrucción de las vías respiratorias de grave a muy grave y un FEV1 < 50% de lo previsto, correspondiente a GOLD Estadio III y IV.</p> <p>Los criterios de exclusión fueron: enfermedades malignas, afecciones ortopédicas o neurológicas que afectan la capacidad de hacer</p>	<p>Los procedimientos experimentales se realizaron durante 2 días. El primer día, los participantes se familiarizaron con la VNI y la interfaz de la máscara, y se seleccionaron niveles adecuados de presión positiva inspiratoria y espiratoria en las vías respiratorias. El segundo día, se sometieron a pruebas de ejercicio SE (fuerza y resistencia de las piernas) con VNI. La asistencia ventilatoria se proporcionó mediante un ventilador de dos niveles.</p> <p>Pruebas SE de músculo periférico 2º día con protocolo VNI: Todos los sujetos se sometieron a ambas pruebas de SE del músculo periférico con ambas condiciones de VNI. Los pacientes fueron asignados aleatoriamente a la aplicación de VNI Bilevel (BV) y Sham (SV-ventilación simulada).</p> <p>Antes de comenzar las</p>	<p>En los pacientes con EPOC, el uso de BV se asoció con una reducción en la fatiga de miembros inferiores (FI expresado en porcentaje) (29,9 +- 11,5 VS 36,3 +- 11,7%). BV también influyó en los valores fisiológicos, con un aumento en SpO2 y Frecuencia Cardíaca y una disminución en la presión arterial. BV se asoció con una menor caída en SpO2 en ambos grupos, incluido en los controles y un mayor aumento en la frecuencia cardíaca (110 +- 15 VS 103 +- 15) durante las pruebas en los pacientes con EPOC. En el grupo EPOC los pacientes que</p>	<p>La BV de dos niveles mejoró la saturación de oxígeno periférico y redujo la fatiga del músculo cuádriceps en las pruebas de ejercicio concéntrico isocinético. Estos resultados sugieren que este modo ventilatorio puede desempeñar un papel importante durante el ejercicio de fuerza de alta intensidad en pacientes con EPOC grave.</p>

“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

	<p>ejercicio, enfermedad arterial periférica, insuficiencia cardíaca clínicamente aparente y cualquier enfermedad renal, hepática e inflamatoria.</p> <p>Los sujetos controles sanos no tenían antecedentes de hipertensión arterial, enfermedad cardíaca grave o enfermedad pulmonar asociada y no eran fumadores y no habían participado en actividad física diaria regular durante el último año.</p> <p>Se evaluaron un total de 24 pacientes con EPOC y 18 controles.</p>	<p>pruebas con NIV, todos los participantes pasaron 30 minutos con la intervención asignada (BV o SV) mientras estaban en reposo. La fuerza concéntrica isocinética de extensión de rodilla en el lado dominante se realizó a una velocidad de 60 °/seg usando el dinamómetro isocinético. Después de estirar, se realizó un ejercicio de calentamiento en el dinamómetro.</p> <p>El orden de las pruebas de músculos periféricos aplicadas fue:</p> <p>1°: prueba de fuerza isocinética máxima con tres movimientos probados a una velocidad angular de 60 °/seg separados por 1 minuto de descanso.</p> <p>2°: prueba de resistencia de 1 minuto en la que se les pidió a los participantes realizar el máximo número posible de contracciones a una velocidad angular de 60°/seg, expresado como la relación porcentual entre el trabajo realizado en las tres últimas y tres primeras contracciones.</p> <p>En el modo BV la IPAP se fijó inicialmente en 6 cmH₂O y aumentó gradualmente en 2 cmH₂O cada minuto hasta un máximo de 14 cmH₂O; la EPAP se fijó en 3 cmH₂O y aumentó gradualmente en 1</p>	<p>utilizaron VNI-BV tuvieron una SatO₂ más alta durante el ejercicio isocinético a diferencia de los que usaron SV (89 +- 4 VS 84 +- 5), mientras que la presión arterial sistólica (SBP) y diastólica (DBP) fue significativamente más baja (SBP: 149 +- 18 VS 158 +- 19; DBP: 81 +- 7 VS 88 +- 9)</p>	
--	--	---	---	--

“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

		<p>cmH2O cada minuto hasta un máximo de 6 cmH2O. La SV se aplicó con presión de soporte mínima (3 cmH2O de presión inspiratoria y 2 cmH2O de presión positiva al final de la espiración) para superar la resistencia del circuito respiratorio. La elección de la interfaz (máscara oronasal) y los aumentos graduales de las presiones inspiratoria y espiratoria tuvieron como objetivo aumentar la comodidad y la tolerancia de los participantes del estudio.</p>		
--	--	---	--	--

“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

TÍTULO	The effect of a pressure ventilatory support on quadriceps endurance is maintained after exercise training in severe COPD patients. A longitudinal randomized, cross over study.⁵¹			
AUTOR/ ES	Pierre Labeix, Isabelle Court Fortune, Daniela Muti, Mathieu Berger, Stéphanie Chomette-Ballereau, Jean Claude Barthelemy, Léonard Féasson y Frédéric Costes.			
AÑO	2022			
TIPO DE ESTUDIO	Ensayo clínico aleatorizado.			
OBJETIVOS	MUESTRA	INTERVENCIÓN	RESULTADOS	CONCLUSIÓN
1) confirmar resultados previos en un orden aleatorio de las pruebas con los pacientes cegados de la condición experimental; 2) evaluar si el efecto preventivo de IPS sobre la fatiga del cuádriceps todavía estaba presente después del entrenamiento físico; 3) buscar una relación entre la prevención de la fatiga del cuádriceps post-ejercicio inducida por la VNI y la carga de entrenamiento durante el programa de rehabilitación pulmonar (PR) con el complemento de una ventilación no invasiva.	<p> Criterios de inclusión: pacientes con EPOC con poca capacidad de ejercicio que podrían beneficiarse de la VNI durante el entrenamiento físico, pacientes que presentan una limitación ventilatoria para el ejercicio o una incapacidad para alcanzar una producción de potencia máxima superior a 50 W durante la prueba de ejercicio cardiopulmonar inicial (CPET). Todos se encontraban en condición estable. </p> <p> Se incluyeron un total de 24 pacientes de los cuales 4 fueron excluidos del estudio (3 por incumplimiento de </p>	<p> Los participantes fueron asignados aleatoriamente a dos grupos. El grupo control únicamente realizó ejercicio de resistencia del cuádriceps (TlimQ) mientras que los otros participantes realizaron antes de este, un ejercicio de resistencia constante en bicicleta, con VNI o SHAM en orden aleatorio. </p> <p> En días separados, los pacientes, cegados de la condición, realizaron pruebas de ciclismo de ritmo de trabajo constante (CWR) al 75% de Wmax (determinada por una prueba de esfuerzo cardiopulmonar incremental) hasta el agotamiento con presión de soporte o con ventilación simulada. El programa de entrenamiento físico (ET) consistió en 16 sesiones 3 veces por semana de ejercicio en bicicleta con VNI utilizando las mismas configuraciones que para las pruebas de evaluación. Durante las </p>	<p> Antes del entrenamiento, el IPS aumentó la resistencia en bicicleta en comparación con la prueba CWR simulada ($+37,5 \pm 52,0\%$), disminuyó la disnea ($-0,9 \pm 2,0$) y la fatiga de las piernas ($-0,9 \pm 1,5$) en tiempo iso. Los 2 grupos no difirieron significativamente en su capacidad máxima de ejercicio, función pulmonar, fuerza del cuádriceps y resistencia al ciclismo. </p> <p> En todo el grupo, no encontramos una relación significativa entre el cambio inicial en TlimQ (tiempo límite de resistencia del cuádriceps) con IPS y la carga de entrenamiento. </p>	<p> En pacientes con EPOC grave, la resistencia del cuádriceps mejora mediante una presión de soporte inspiratoria aplicada durante una prueba de resistencia en bicicleta previa y este efecto permanece después de la rehabilitación pulmonar, pero en menor medida. Por lo tanto, la influencia de la descarga de los músculos respiratorios durante el ejercicio sobre los músculos periféricos entrenados confirma el impacto de la interacción de los músculos respiratorios/loco motores en la tolerancia al </p>

“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

	<p>las sesiones y 1 por pérdida de datos). Por lo tanto, 20 pacientes participaron del estudio.</p>	<p>sesiones de entrenamiento también se realizó refuerzo muscular de miembros superiores e inferiores.. Finalmente, se propusieron sesiones educativas semanales.</p> <p>En cuanto a los ejercicios en bicicleta ergómetro, durante las dos primeras sesiones, los pacientes entrenado al 60% de Wmax durante 20 min. Luego se aumentó el tiempo de ejercicio a 30 min en la tercera sesión y se mantuvo hasta el final del programa. Siempre que un paciente pudo hacer ejercicio durante 30 minutos con la carga de trabajo definida con buena tolerancia, la intensidad del entrenamiento se incrementó en 5 W en la siguiente sesión. Esta progresión correspondió a un aumento del 25% durante las 2 primeras semanas y luego al 11% al final del programa.</p> <p>La carga total de entrenamiento realizada por sesión y durante el programa se calculó multiplicando la carga de trabajo por el tiempo de ejercicio (vatios*tiempo en minutos).</p> <p>La VNI se utilizó a través de una mascarilla nasal. En reposo, la PEEP a partir de 4 cmH2O se aumentó gradualmente hasta el valor máximo tolerado por el paciente. La presión inspiratoria de soporte (IPS) se estableció en 10 cmH2O y se ajustó durante el</p>	<p>Sin embargo, en el grupo que no respondió (8/20 pacientes), se encontró una correlación negativa entre el cambio en TlimQ y la carga de entrenamiento, lo que sugiere que la eficacia de IPS sobre la resistencia al ejercicio en estos pacientes estaba relacionada con la disminución del trabajo respiratorio y no a una mejora de la función muscular.</p>	<p>ejercicio en estos pacientes. Sin embargo, este efecto beneficioso de la VNI no se traduce en una mayor carga de entrenamiento y no podría ayudar a seleccionar buenos candidatos para el entrenamiento físico con VNI</p>
--	---	--	---	---

“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

		<p>ejercicio CWR para mantener la puntuación de disnea por debajo de 5 en la escala de Borg de 10 puntos. Durante el ejercicio de ciclismo también ajustamos la rampa y el trigger espiratorio de acuerdo con las sensaciones de los pacientes. Cuando fue necesario, se agregó oxígeno suplementario para mantener SpO2 \geq90%.</p> <p>Los ajustes de ventilación simulada fueron los mismos para todos los pacientes, la PEEP se configuró en 2 cmH2O y la IPS en 5 cmH2O.</p>		
--	--	--	--	--

“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

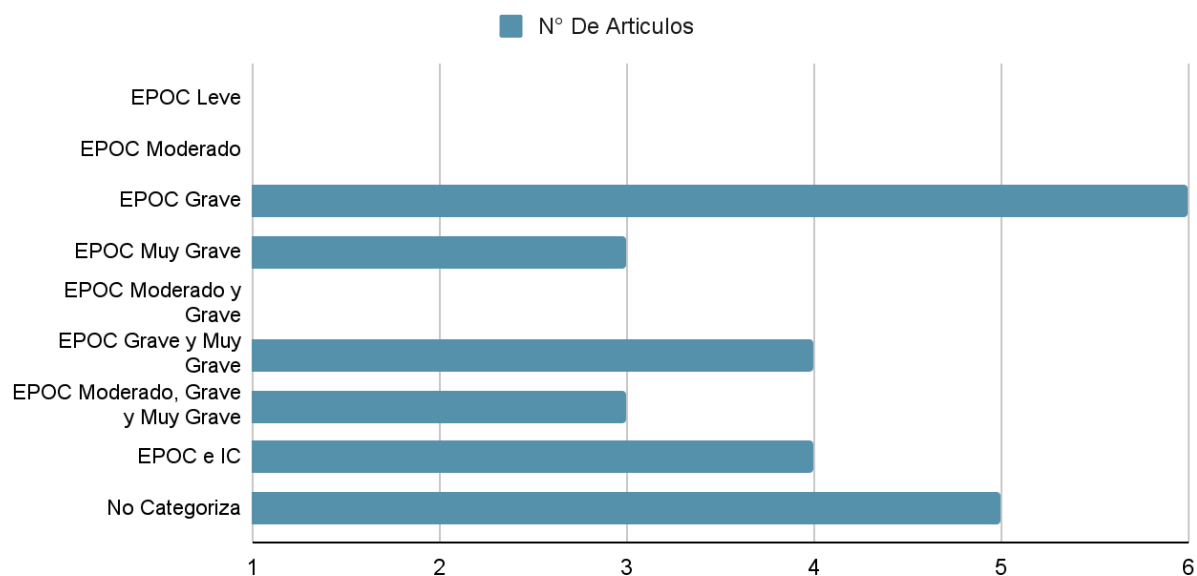
VI. b Análisis de resultados:

Dentro de los 25 artículos seleccionados, los cuales son ensayos clínicos aleatorizados, se encuentran un total de 452 pacientes con EPOC evaluados y posteriormente analizados. Las investigaciones incluidas difieren entre sí tanto en las muestras incluidas, en los protocolos y las intervenciones realizadas como en las variables que miden y la forma en que las evalúan. Por este motivo, decidimos hacer hincapié en las variables que consideramos necesarias para responder a nuestros objetivos.

Al hablar de las muestras incluidas hacemos referencia a las características de los pacientes EPOC que se incluyen en los estudios por lo que decidimos graficar los ensayos clínicos de acuerdo a la población incluida con respecto a la severidad de la enfermedad según los criterios GOLD.

- **Muestra:**

POBLACION INCLUIDA



Esta figura representa los tipos de poblaciones de acuerdo la gravedad de la Enfermedad Obstructiva Crónica según la clasificación de GOLD (ver a continuación) y la cantidad de artículos que la incluyen en su investigación. Como podemos ver hay estudios que incluyen más de un estadio de la enfermedad y además decidimos incluir aquellos artículos que contengan pacientes EPOC e Insuficiencia Cardíaca (4). Nótese que hay 5 artículos que no contempla el estadio en el cual se encuentran los pacientes.

“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

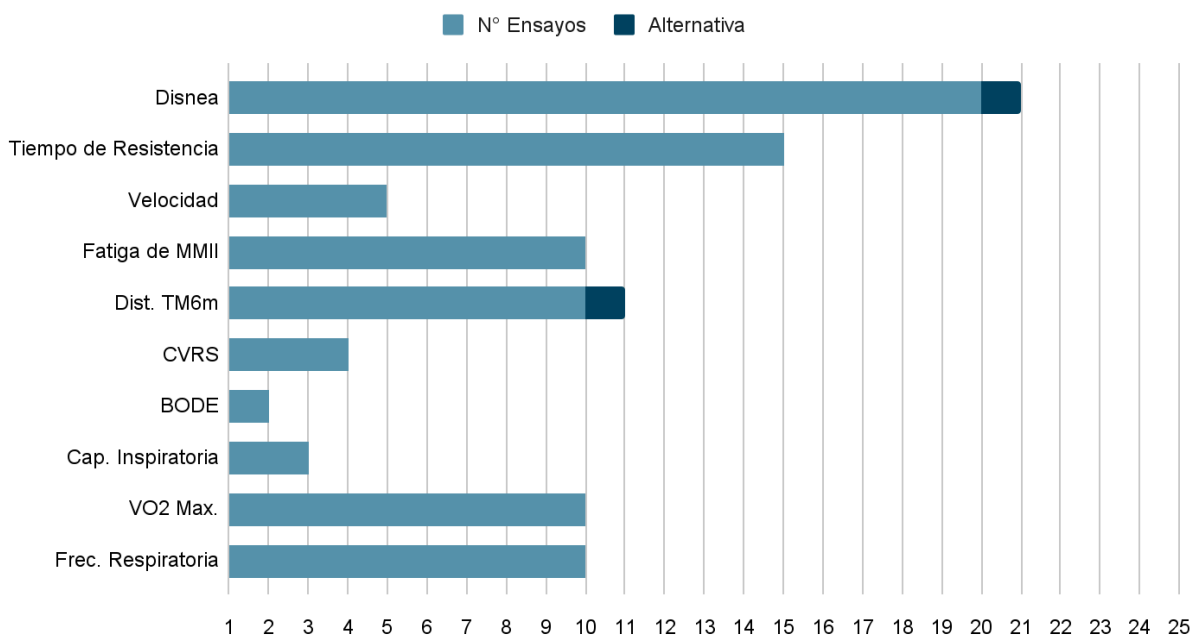
- **Clasificación GOLD:**

A continuación, con el objetivo de facilitar la interpretación de la población incluida, se presentan los estadios GOLD, los cuales están categorizados según su severidad de acuerdo con el porcentaje de referencia del VEF1.

FEV1 (% predicho)	
GOLD I (leve)	≥ 80%
GOLD II (moderado)	79- 50%
GOLD III (grave)	49- 30%
GOLD IV (muy grave)	< 30%

Con respecto a las variables decidimos dividir las en principales y secundarias de acuerdo a los intereses de esta investigación.

VARIABLES PRINCIPALES



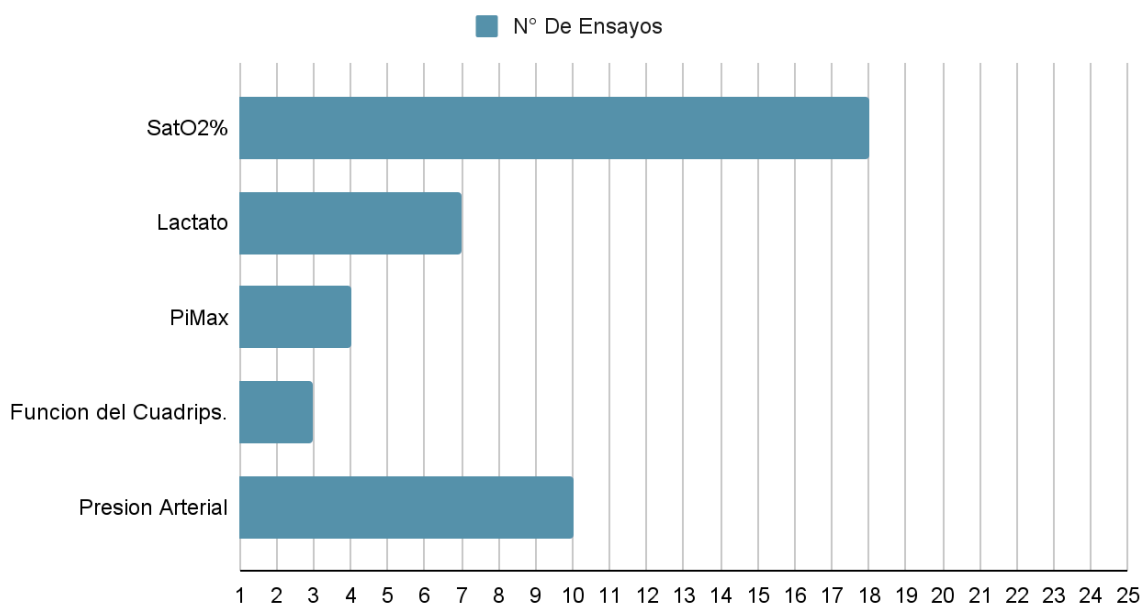
Esta figura muestra la cantidad de artículos que incluyen en su análisis las distintas variables. En el caso de la disnea 20 artículos la miden a través de la escala BORG y solamente un artículo con escala MRC como se ve en la “alternativa”. Esto también sucede en la variable Distancia del Test de Marcha de 6 minutos donde son 10 artículos que

“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

evalúan la distancia a través de este test y solo un artículo evalúa la distancia recorrida en metros sin tenerlo en cuenta.

Fatiga de MMII (Fatiga de miembros inferiores medida con escala BORG), CVRS (Calidad de Vida Relacionada con la Salud medida con cuestionarios), BODE (Body max index, airflow Obstruction, Dyspnea, and Exercise. Evaluación multidimensional), Cap. Inspiratoria (Capacidad Inspiratoria), VO2 Max. (Consumo Máximo de Oxígeno), Frec. Respiratoria (Frecuencia Respiratoria medida en ciclos respiratorios por minuto).

VARIABLES SECUNDARIAS



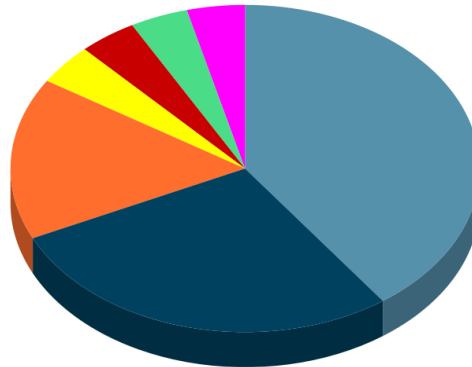
SatO2% (Saturación de Oxígeno), PiMax (Presión Inspiratoria Máxima)

Por otra parte, dividimos los artículos de acuerdo a los modos de Ventilación Mecánica no Invasiva que utilizaron al igual que sus respectivas interfaces.

“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

MODOS DE VNI UTILIZADOS

- EPAP-IPAP/PEEP-PS
- BILEVEL + O2
- PAV
- CPAP, PS Y PAV
- CPAP Y PS
- SISTEMA NIOV
- CPAP



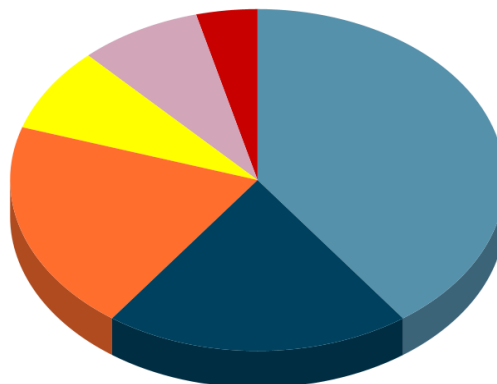
IPAP (Presión Positiva Inspiratoria de Aire), EPAP (Presión Positiva Espiratoria de Aire), PS (Presión de Soporte), PEEP (Presión Positiva al Final de la Espiración), O2 (Oxígeno), PAV (Ventilación Asistida Proporcional), CPAP (Presión Positiva Continua de Aire), NIOV (Sistema de Ventilación Abierto No Invasivo Portátil).

En este gráfico podemos observar los distintos tipos de modos ventilatorios que se utilizaron a la hora de aplicar VNI en los ensayos clínicos. Dentro de los 25 artículos incluidos el modo que más se utiliza es la ventilación de dos niveles o binivelada (EPAP-IPAP/ PEEP-PS) ya que 10 ensayos clínicos basan sus intervenciones con este. Lo sigue con 7 el modo BILEVEL en conjunto con oxígeno suplementario y tercero, con 4 artículos, el modo PAV. Un artículo propuso sólo el uso de CPAP durante la intervención. Por su parte otro artículo ensaya el uso de CPAP comparandolo con el modo PS y otro comparó estos dos últimos sumando el modo PAV (CPAP VS PS VS PAV). Con respecto al Sistema NIOV un solo artículo lo implementó en su intervención.

“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

INTERFAZ SELECCIONADA

- MÁSCARA FACIAL
- MASCARILLA NASAL
- MÁSCARA ORONASAL
- MÁSCARA NASAL/ FACIAL
- INTERFAZ ORAL
- HELMET



Este gráfico circular representa las interfaces seleccionadas a la hora de aplicar VNI en los distintos estudios.

Como se observa la interfaz que más se utilizó es la máscara facial que se encuentra en un total de 10 artículos. Tanto la mascarilla nasal como la oronasal se utilizaron en 5 artículos. 2 artículos utilizaron mascarilla nasal o facial de acuerdo a la comodidad de los pacientes, del mismo modo la interfaz oral fue aplicada en 2 estudios. Por último, un solo artículo incluyó el casco Helmet.

- **Variables principales:**

Disnea: En un análisis integrado, 21 artículos examinaron este síntoma en una cohorte total de 384 pacientes. De estos estudios, 20 emplearon la escala BORG, mientras que 1 utilizó la escala MRC para la evaluación.

A continuación se describen los resultados de esta variable en cada uno de los artículos, los cuales han sido previamente explicados y analizados.

“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

DISNEA		
AUTOR	AÑO	RESULTADOS
Fraga cols. y	2011	Evaluaron la disnea a través de la escala BORG en 11 pacientes durante 3 pruebas, las cuales eran el Test de Marcha de 6 minutos, Prueba de Escalera y Prueba de Caminata de Carga Progresiva o Shuttle Test. En todas las pruebas, los participantes que usaron VNI binivelada tuvieron un menor puntaje de disnea en comparación al grupo que no utilizó este complemento, sin embargo, los resultados no fueron significativos entre los grupos. Durante el Test de marcha de 6 minutos la disnea al final fue de $4,05 \pm 2,92$ para el grupo sin VNI y de $3,27 \pm 2,01$ en el grupo VNI. En la Prueba de Escalera la disnea al final para el grupo sin VNI fue de $3,11 \pm 1,45$ y en el grupo VNI fue de $2,38 \pm 1,11$. Por último en la Prueba de Caminata Progresiva, al final fue de $4,9 \pm 1,9$ en el grupo sin VNI y de $3,4 \pm 1,9$ para el que utilizó VNI.
Dennis cols. y	2021	Incluyeron un total de 19 participantes los cuales realizaron 3 pruebas de ejercicio de resistencia en bicicleta en orden aleatorio al 75% de la tasa de trabajo máxima alcanzada durante la prueba de bicicleta incremental, y se ejercitaron sin VNI (controles), VNI con S-EPAP (estándar) y VNI con T-EPAP (titulada). Al final del ejercicio no hubo diferencias entre los grupos en los puntajes de Disnea medida con la escala Borg. Sin embargo, en el análisis isotemporal, los pacientes de los grupos S-EPAP y T-EPAP mostraron una reducción significativa en el puntaje de disnea en comparación con los controles, aunque no se observaron diferencias significativas entre ellos ($4,1 \pm 1,6$ y $4,2 \pm 2,0$ VS $5,1 \pm 1,3$).
Porszasz cols. y	2013	Incluyeron un total de 15 pacientes, donde cada uno realizó ejercicio de distintas maneras: sin carga (aire ambiente), con NIOV, con NIOV + O2 y con O2 suplementario. Las evaluaciones de la disnea se realizaron en todos los grupos durante el ejercicio y al finalizar el mismo, en el límite de tolerancia. Durante el ejercicio el grupo con menor valor de disnea fue el de NIOV + O2 ($1,8 \pm 1,3$) con una diferencia estadísticamente significativa en comparación al grupo sin carga ($4,6 \pm 2$) y al grupo NIOV + aire ($3,3 \pm 1,8$); no hubo diferencias entre este grupo y el grupo de O2 suplementario ($2,5 \pm 1,7$). En el límite de tolerancia no hubo diferencias significativas entre los 4 grupos.
Gloeckl cols. y	2018	Incluyeron un total de 20 participantes los cuales fueron asignados aleatoriamente a dos grupos: VNI + O2 y Oxigenoterapia. Todos los participantes se entrenaron 60% de la tasa de trabajo máxima en una prueba de resistencia en bicicleta. El grupo VNI + O2 durante el ejercicio a diferencia de los controles mostró un menor puntaje en la escala de BORG, el cual fue estadísticamente significativo ($2 (1- 4)$ VS $4 (3- 5)$).

“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

<p>Hernandez y cols.</p>	<p>2001</p>	<p>Incluyeron un total de 8 pacientes los cuales realizaron dos pruebas de resistencia constante en bicicleta al 80% de la capacidad máxima determinada por una prueba incremental. En la primera los sujetos respiraron a través del ventilador setado en el modo CPAP con la presión mínima posible (control) y en la segunda con el modo PAV (experimental). La duración de las pruebas estuvo restringida por los síntomas de los pacientes, lo que hizo que la diferencia al final del ejercicio no fuera clínicamente significativa. Sin embargo, en el segundo grupo, esta limitación se observó durante un periodo de tiempo más prolongado. Durante el ejercicio el aumento de la disnea en el grupo PAV fue más gradual en el tiempo en comparación al grupo control. Al momento en el que los controles limitan el ejercicio, el grupo experimental con PAV obtuvo valores de disnea significativamente menor ($8,38 \pm 1,49$ VS $6,38 \pm 1,65$).</p>
<p>O'Donnell y cols.</p>	<p>1988</p>	<p>Incluyeron un total de 6 participantes los cuales se ejercitaron al 50% de su consumo máximo de oxígeno en tres ocasiones distintas: 1 con CPAP y 2 sin asistencia (controles). Las calificaciones de disnea de Borg promedio evaluada en los controles, justo antes del punto de corte del ejercicio, fueron significativamente más altas que las de la CPAP en el isotiempo ($7,38 \pm 95$ VS $5,5 \pm 2,2$).</p>
<p>Hawkins y cols.</p>	<p>2002</p>	<p>Incluyeron un total de 19 participantes los cuales fueron asignados aleatoriamente a dos grupos. 10 participantes realizaron ejercicio con PAV y 9 sin asistencia durante 6 semanas. Todos los participantes se ejercitaron al 70% de su tasa máxima de trabajo determinada por una prueba incremental, esta intensidad se fue incrementando progresivamente con el correr de las sesiones. Al final del programa los puntajes de disnea entre los grupos no fueron diferentes, sin embargo el grupo experimental alcanzó esos valores de disnea ejercitándose por un tiempo mayor.</p>
<p>Keilty y cols.</p>	<p>1994</p>	<p>Incluyeron un total de 8 participantes los cuales caminaron en cinta en 3 oportunidades en orden aleatorio utilizando CPAP, IPS y oxígeno suplementario hasta alcanzar el grado 5 de disnea en la escala BORG. Cuando los participantes utilizaron IPS alcanzaron este grado de disnea en un tiempo mayor.</p>
<p>Bianchi y cols.</p>	<p>1998</p>	<p>Incluye un total de 15 participantes los cuales en orden aleatorizado realizaron 4 pruebas de carga constante al 80% de su tasa de trabajo máxima determinada por una prueba incremental. Cada una de ellas se realizó con 4 asistencias diferentes: SHAM (control), PAV, CPAP y PSV. Al finalizar la prueba en el grupo control, los valores de disnea en los otros tres grupos fueron significativamente menores, siendo esta diferencia más pronunciada en los grupos PSV y PAV. El grupo control registró un valor de $6,5 \pm 1,5$ mientras que el grupo CPAP $5,3 \pm 1,9$, el grupo PSV $4,4 \pm 1,4$ y el grupo PAV $4,2 \pm 1,9$; estas dos últimas, PSV y PAV, fueron superiores con una diferencia estadísticamente significativa en comparación a CPAP.</p>

“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

Menadue y cols.	2010	<p>20 participantes fueron estudiados, a quienes se les pidió que realizaran dos pruebas de caminata de seis minutos (6MWT) y dos pruebas de los ejercicios de brazo sin apoyo (EAU) (VNI + O₂ y O₂ solo). 14 participantes realizaron ambas pruebas. 4 realizaron únicamente el TM6m y 2 únicamente los EAU. La VNI fue con un modo espontáneo binivelado.</p> <p>Tanto en la prueba de Marcha de 6 minutos como en los ejercicios de brazo sin apoyo, no hubo diferencias significativas entre los grupos cuando se evaluó la disnea al final del ejercicio, sin embargo el grupo que fue asistido con VNI recorrió más metros en la primera prueba e hizo ejercicio por más tiempo en la segunda. Al evaluar la disnea durante el ejercicio, no se observó una diferencia significativa entre los grupos en la prueba de ejercicios de brazo (EAU), aunque el grupo con ventilación no invasiva (VNI) obtuvo un puntaje más bajo. Durante el Test de Marcha de 6 minutos, la disnea evaluada fue menor en el grupo VNI en comparación con el grupo de control (2 (1- 4) VS 4 (3- 5)).</p>
Chao cols.	2022	<p>20 pacientes realizaron Test de Marcha de 6 minutos con y sin Ventilación No Invasiva a través de Helmet en dos días consecutivos. No hubo diferencias significativas entre los grupos en la disnea evaluada al final de la misma.</p>
Borghi Silva cols.	2010	<p>24 participantes completaron el programa y fueron asignados aleatoriamente a VNI (n=12) u oxígeno suplementario, el cual actuó como control (n=12). El entrenamiento consistió en caminar en cinta rodante al 70% de la velocidad máxima 3 veces por semana, durante 6 semanas. La intensidad del entrenamiento aumentó progresivamente en ambos. Los pacientes fueron evaluados al inicio y después de 6 semanas. Después del programa el grupo VNI obtuvo una disminución de 2 puntos en la escala BORG (5,5 ± 2,1 VS 3,5 ± 1,8), esta diferencia fue significativa intragrupo, pero no entre este y el grupo control. Este último luego de las 6 semanas no alcanzó el punto de diferencia en la escala BORG (4,6 ± 1,7 VS 4,2 ± 2,2).</p>
Dreher cols.	2007	<p>Incluyeron un total de 20 participantes los cuales realizaron dos 6MWT aleatoriamente en dos días consecutivos, una con oxígeno suplementario solo y otra con NPPV + O₂, donde la disnea fue evaluada al final de ambas pruebas. La disnea después de caminar fue significativamente menor cuando la caminata fue asistida por NPPV en comparación con la caminata sin ayuda (4 (1,5 - 4,5) VS 6 (4,5 - 10)).</p>
Koopman y cols.	2019	<p>Fueron incluidos 13 pacientes los cuales realizaron dos pruebas de resistencia al 125% de su velocidad de caminata máxima (evaluada en TM6m previo) separados por un tiempo de recuperación. Ambos test fueron realizados 4 veces con asistencias distintas en orden aleatorio: CPAP respirando aire ambiente, CPAP con O₂, Bilevel con O₂ e intermitente (CPAP con aire ambiente durante la prueba y Bilevel con oxígeno durante la recuperación). Luego de las pruebas, la diferencia entre los grupos respecto a la disnea no fue significativa. Sin embargo, con un mismo nivel</p>

“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

		de disnea el grupo que utilizó VNI +O2 logró un tiempo de resistencia mayor y se recuperó más rápido, caminando más metros.
Goulart cols.	y 2021	14 participantes completaron el protocolo de 4 días, donde luego de las evaluaciones pertinentes realizaron dos pruebas de resistencia en bicicleta al 80% de la tasa de trabajo máxima determinada en una prueba incremental anterior. Estas se hicieron mediante VNI binivelada (grupo experimental) y una ventilación simulada (SHAM). La disnea con la escala BORG se registró en el límite de las pruebas, es decir, antes de su finalización. El grupo que utilizó VNI tuvo un puntaje más bajo en comparación al control (3 ± 1 vs 4 ± 1), pero esta diferencia no fue clínicamente significativa.
Koch cols.	y 2020	Se incluyeron un total de 9 pacientes los cuales luego de someterse a evaluaciones clínicas fueron aleatorizados en dos grupos: PAV y SHAM (controles). Inmediatamente después realizaron un test de carga constante en cicloergómetro al 75% de la tasa de trabajo máxima determinada por una prueba incremental. Luego realizaron 10 sesiones de entrenamiento de los músculos inspiratorios (IMT). Por último, los pacientes volvieron a realizar el test de carga constante con la misma secuencia de aleatorización. En la variable disnea medida con la escala BORG en el grupo PAV los pacientes después del IMT tuvieron un punto más de disnea respecto a la medición inicial ($7,7 \pm 1,9$ VS $6,7 \pm 2$) y dos puntos más a diferencia de los controles luego del IMT ($5,7 \pm 1$). Esta diferencia fue clínicamente significativa cuando se compara el SHAM y el grupo PAV luego de la aplicación de IMT; cabe destacar que este puntaje lo alcanzaron con un tiempo de resistencia mayor a diferencia de los controles.
Marrara cols.	y 2018	Se incluyeron un total de 43 pacientes los cuales fueron asignados aleatoriamente a dos grupos: entrenamiento físico (PT) (n=22) y entrenamiento físico + VNI (n=21). En ambos el entrenamiento físico se aplicó durante 6 semanas, 3 veces/semana, para un total de 18 sesiones. Los participantes fueron evaluados al inicio y al final del programa. Luego del calentamiento realizaron ejercicio de resistencia al 70-80% de la velocidad máxima alcanzada en la prueba de ejercicio cardiopulmonar incremental. Luego del programa los pacientes del grupo VNI + PT tuvieron 2,6 puntos menos de disnea ($4, 2 \pm 1,7$ VS $5,8 \pm 0,87$), la cual fue clínicamente significativa. Además, comparándolo con el grupo que realizó solo PT, se observó que obtuvo un puntaje de disnea más bajo al final del programa con una diferencia estadísticamente significativa ($4, 2 \pm 1,7$ VS $5,5 \pm 1,4$).
Deniz cols.	y 2023	Se incluyeron un total de 35 participantes los cuales fueron asignados aleatoriamente a tres grupos: entrenamiento físico (TE), entrenamiento físico + O2 y entrenamiento físico + VNI + O2. Luego de la asignación todos los participantes se ejercitaron en cicloergómetro y en cinta durante 15 minutos en cada una, a una intensidad del 50% de la carga de trabajo máxima y al 50%-80% del VO2 máximo respectivamente. Por último, hicieron terapias de respiración y relajación muscular progresiva. La puntuación de disnea en la escala BORG disminuyó sólo en el grupo ET +

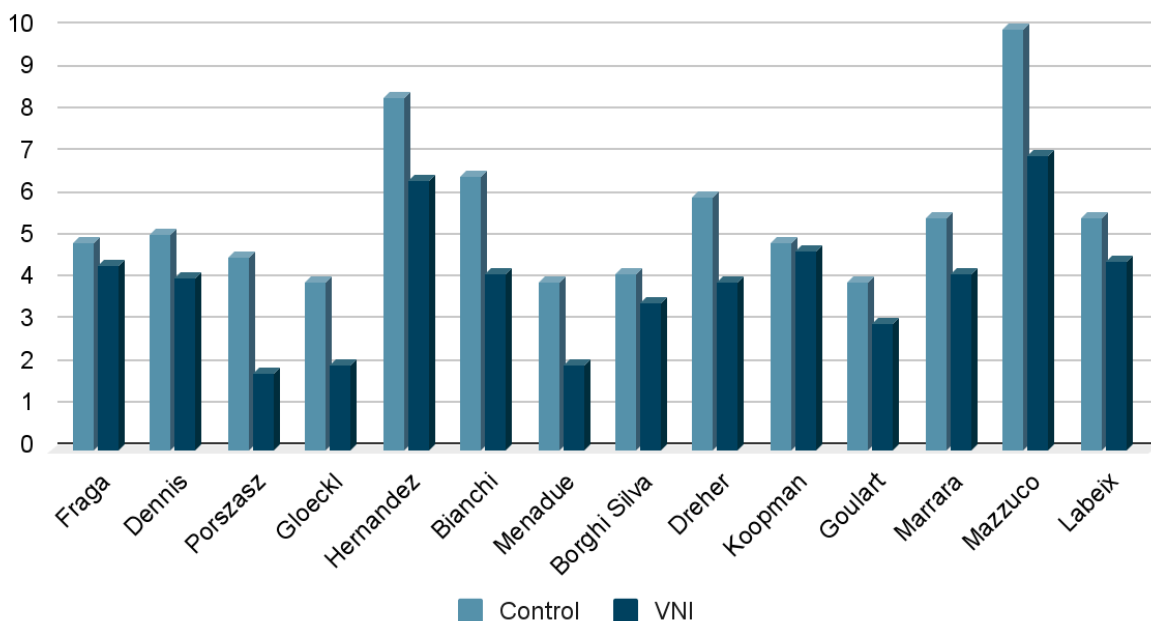
“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

		O ₂ (-2,4 ± 2,7) después de la intervención sin diferencia en el resto de los grupos.
Mazzuco y cols.	2020	Incluyeron un total de 19 participantes en este estudio los cuales sólo 9 tenían diagnóstico coexistente de EPOC e insuficiencia cardíaca mientras que el resto solo padecía insuficiencia cardíaca. Luego de una evaluación clínica los pacientes fueron asignados en dos grupos: PAV y SHAM (control). Todos realizaron dos test de carga constante en cicloergómetro al 80% de su tasa de trabajo máxima determinada por una prueba cardiopulmonar. En el límite del ejercicio, los pacientes con EPOC e insuficiencia cardíaca que utilizaron PAV tuvieron menos disnea a diferencia de cuando utilizaron ventilación simulada o SHAM (7 (5,5 - 9,8) VS 10 (6 - 10)). Esta diferencia no fue significativa.
Labeix y cols.	2022	Incluyeron un total de 20 participantes los cuales realizaron ejercicio de fuerza y resistencia isocinética del cuádriceps sin asistencia (control). Luego realizaron pruebas de ciclismo de ritmo de trabajo constante (CWR) al 75% de W _{max} (determinada por una prueba de esfuerzo cardiopulmonar incremental) hasta el agotamiento con VNI o SHAM en condición aleatorias, y seguidamente acción simulada repetían el trabajo isocinético de cuádriceps con las mismas intervenciones. El programa contó con un total de 16 sesiones y en cada una se buscó incrementar la intensidad, estas sesiones fueron asistidas con IPS. Antes del programa, cuando se evaluó el test de carga constante, el grupo asistido con VNI binivelada obtuvo 1 punto menos de disnea con respecto al control en el momento de agotamiento de estos últimos (isotiempo) (4,5 ± 1,9 VS 5,5 ± 2,3). Al final del programa ambos grupos disminuyeron los puntajes de disnea a 4,2 puntos.
Fekete y cols.	2021	Incluyeron un total de 36 participantes los cuales fueron divididos en 2 grupos de 18 cada uno. Participaron en un programa de rehabilitación respiratoria de 3 semanas que incluía entrenamiento individualizado por intervalos, donde se buscaba alcanzar una intensidad del 80%. El grupo experimental realizó el entrenamiento intervalado con VNI y oxígeno mientras que el otro grupo (control) lo hizo sin asistencia. La disnea evaluada con el cuestionario mMRC, luego del programa de entrenamiento, tuvo una diferencia significativa en el grupo casos (1 (1- 2) VS 2 (1.5- 2)). Además, luego del programa el grupo VNI también obtuvo un menor puntaje de disnea en comparación al grupo control (1 VS 2).

En el gráfico de a continuación se observa el puntaje de la variable disnea medida en escala BORG durante el ejercicio, en los estudios que la evaluaron en este momento, y luego de los programas de rehabilitación respiratoria, en aquellos que tuvieron intervenciones a mediano o largo plazo. Se comparan los grupos control y los grupos experimentales.

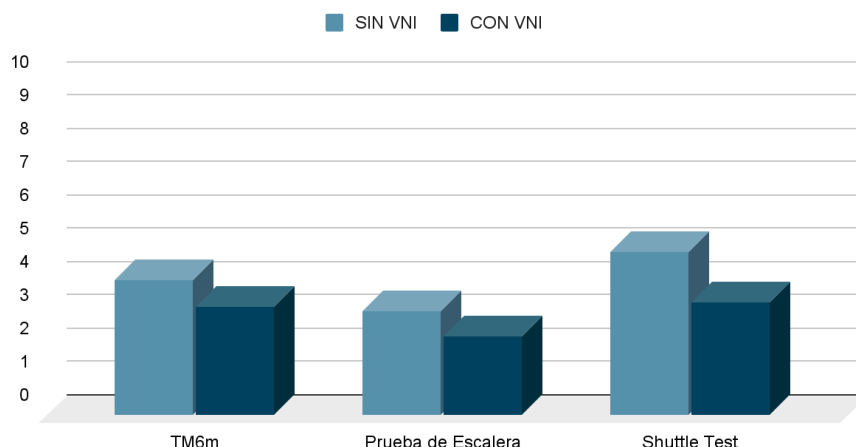
“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

Disnea BORG



En el estudio de Fraga y cols. se realizaron las mediciones en 3 pruebas distintas, donde la que se representa en el gráfico es la prueba de caminata progresiva o Shuttle Test, ya que es una prueba incremental común de ver en los programas de rehabilitación cardiopulmonar por su sencillez. A continuación, se ilustran los valores de disnea obtenidos en la escala BORG en todas las pruebas.

Fraga y cols. disnea BORG

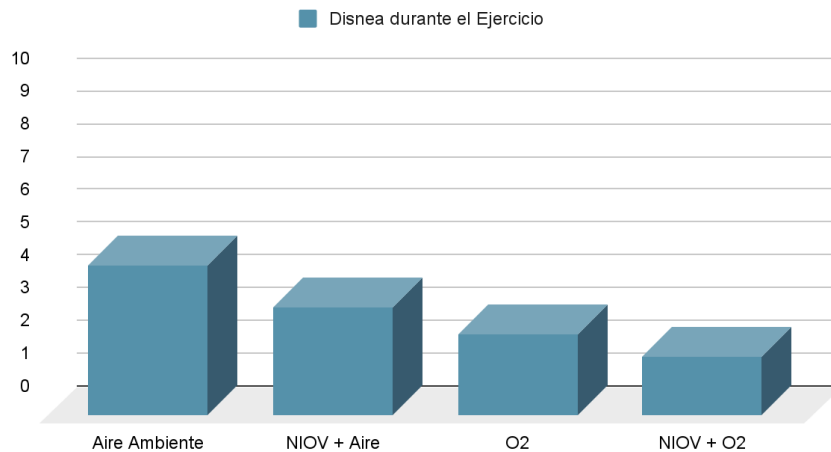


En el caso del estudio de Dennis y cols. se configura VNI Estándar y Titulada, los valores representados corresponden a la primera.

“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

En la investigación de Porszasz y cols. los grupos experimentales a la hora de hacer ejercicio eran 3: NIOV + Aire, NIOV + O2 y Oxígeno suplementario. Estos se compararon con un grupo control que respiraba a aire ambiente sin ninguna asistencia. En el gráfico ilustramos el valor de disnea que obtuvo el grupo que fue asistido con NIOV + O2. Para comprender mejor los valores de esta variable obtenidos en dicho estudio a continuación se muestra un gráfico que los representa.

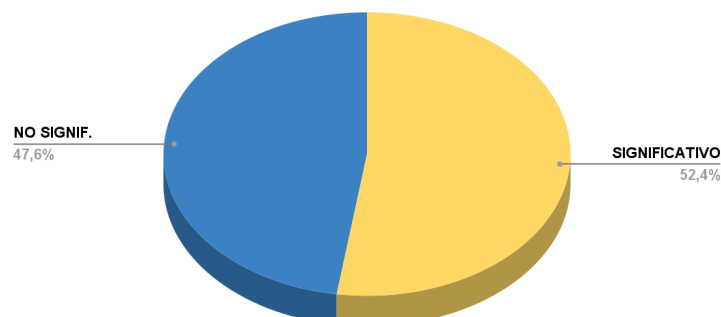
Porszasz y cols.



Con respecto al de Bianchi y cols. los valores ilustrados son los obtenidos por los participantes cuando usaron PAV. Esto se debe a que fue el mejor modo de asistencia para reducir la disnea.

En el protocolo del estudio de Koopman y cols. la disnea que se representa es la alcanzada por los participantes en la segunda prueba de TM6m.

SIGNIFICANCIA ESTADISTICA EN DISNEA



“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

De los 21 artículos que estudiaron la disnea, 11 (52,4%) tuvieron diferencias clínicas significativas en sus resultados , mientras que en 10 (47,6%) sucedió lo contrario, hecho que trataremos de explicar en la discusión.

Metros recorridos, tiempo de resistencia y velocidad: A continuación, describiremos los resultados de estas variables. Los metros recorridos fueron evaluados con el Test de Marcha de 6 minutos en 11 artículos (242 pacientes) y en un artículo se evaluó en cinta (8 pacientes). El tiempo de resistencia fue medido en 15 artículos con un total de 268 participantes. Por último, la velocidad fue una variable estudiada en 5 artículos que suman un total de 133 pacientes.

DISTANCIA, TIEMPO DE RESISTENCIA Y VELOCIDAD		
AUTOR	AÑO	RESULTADOS
Fraga y cols.	2011	<p>TM6m: Los pacientes del grupo VNI caminaron más metros a diferencia del grupo control ($443 \pm 53,79$ VS $381,22 \pm 39,06$). Esta diferencia de 62 metros fue estadísticamente significativa. Además, el grupo VNI alcanzó una mayor velocidad a diferencia de los controles ($1,23 \pm 0,14$ m/seg VS $1,05 \pm 0,1$ m/seg), esta diferencia también fue estadísticamente significativa.</p> <p>Prueba de escalera: Los pacientes del grupo VNI subieron un mayor cantidad de escalones a diferencia de los controles pero no fue estadísticamente significativo. Sin embargo, tuvieron una mayor velocidad de ascenso ($22,9 \pm 5,98$ cm/seg VS $20,48 \pm 4,65$ cm/seg) la cual fue estadísticamente significativa.</p> <p>Shuttle Test: En la distancia recorrida el grupo VNI camino 96 metros más a diferencia de los controles (414 ± 24 VS $318,5 \pm 21$), esta diferencia fue estadísticamente significativa, al igual que la velocidad ($1,35 \pm 0,14$ m/seg VS $1,18 \pm 0,17$ m/seg).</p>
Dennis y cols.	2021	Los pacientes del grupo VNI estándar tuvieron una diferencia significativa de 152 segundos con respecto al grupo control en el tiempo de resistencia en bicicleta, mientras que la diferencia del grupo VNI titulada fue de 144 segundos con el control, la cual también fue significativa. Entre los grupos de VNI no hubo diferencias en el tiempo de resistencia. 30
Goulart y cols.	2020	Incluyeron un total de 14 participantes los cuales luego de una evaluación integral realizaron dos ejercicios de carga constante de alta intensidad en bicicleta, al 80% de la tasa de

“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

		trabajo máxima determinada por una prueba incremental con SHAM o VNI individualizada. Cuando utilizaron VNI tuvieron una diferencia de 32 segundos en el tiempo de resistencia con respecto al grupo ventilación simulada; esta diferencia fue estadísticamente significativa (130 ± 29 VS 98 ± 29). De los 14 pacientes 10 aumentaron el tiempo de resistencia.
Porszasz y cols.	2013	El grupo NIOV + O2 fue el que mayor tiempo de resistencia alcanzó ($17,6 \pm 5,7$ minutos), donde tuvo diferencias significativas respecto a las otras intervenciones. La mayor diferencia se observó comparándolo con el control ($5,6 \pm 1,9$ min.).
Gloeckl y cols.	2018	En la condición de VNI, los pacientes tuvieron un aumento promedio en el tiempo de resistencia del 39 % en comparación con la condición de control (663 ± 360 VS a 477 ± 249 segundos) y una diferencia significativa entre grupos de 186 segundos. Específicamente, la duración del ciclismo mejoró en 15 de 20 pacientes con VNI.
Hernandez y cols.	2001	El tiempo de resistencia aumentó en todos los sujetos durante la PAV, con un promedio de 507 ± 334 segundos en comparación a los controles, los cuales tuvieron una media de 323 ± 245 segundos. Esta diferencia fue significativa.
O'Donnell y cols.	1988	El grupo que fue asistido con CPAP tuvo una prolongación estadísticamente significativa del tiempo de resistencia promedio del 48% o 2.84 minutos a diferencia de los controles ($8,82 \pm 1,9$ min VS $5,98 \pm 1,23$ min).
Hawkins y cols.	2002	El grupo asistido con VNI luego del programa se observó un aumento del tiempo en las pruebas de resistencia del 123% (desde 8,7 a 17,2 minutos), mientras que en el grupo control el cambio fue de un 74% (desde 6,9 a 13 minutos). Ambos grupos tuvieron un aumento significativo en el tiempo de resistencia en la prueba de carga constante pero estos cambios no representan una diferencia significativa entre los grupos. La mayor ganancia se observó en el grupo PAV.
Keilty y cols.	1994	Los participantes cuando fueron asistidos con el modo IPS caminaron un promedio de 336 ± 282 metros, mientras que el control caminó $187,5 \pm 215$ metros, esta diferencia fue estadísticamente significativa. Cuando los participantes utilizaron CPAP no tuvieron diferencias en los metros recorridos con su control. Con respecto al tiempo de resistencia, los participantes del grupo IPS alcanzaron el valor 5 de disnea en $11,81 \pm 4,7$

“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

		minutos y el control en $7,18 \pm 5,2$ minutos, esta diferencia no fue significativa.
Bianchi y cols	1998	Cuando los participantes utilizaron PAV, el tiempo de resistencia aumentó de manera estadísticamente significativa a diferencia de las otras intervenciones ($12,5 \pm 6$ minutos). Los grupos CPAP y PSV tuvieron una diferencia significativa ($9,6 \pm 4,6$ minutos y $10,5 \pm 2$ minutos respectivamente) en comparación a la ventilación simulada ($7,2 \pm 4,4$ minutos).
Menadue y cols.	2010	Al final del TM6m los participantes del grupo VNI + O2 tuvieron una diferencia estadísticamente significativa en la distancia recorrida de $43,4$ metros en comparación al control ($230,9 \pm 114,8$ m VS $187,5 \pm 89,9$ m). Durante el test, la distancia hacia el primer descanso también fue mayor en el grupo experimental ($221,4 \pm 119,8$ metros) con respecto al grupo control ($159,8 \pm 97,1$ metros); esta diferencia de $61,6$ metros fue significativa. El grupo VNI + O2 descanso por primera vez en un tiempo mayor al control. En el ejercicio de brazo sin apoyo el grupo VNI + O2 tuvo un tiempo de resistencia mayor en comparación al control, pero sin diferencias significativas.
Chao y cols.	2022	Cuando los participantes utilizaron VNI con casco Helmet recorrieron mas metros (+ 15 metros) con una velocidad mayor (+ 2,57 m/min) a diferencia de los controles pero sin diferencias significativas.
Borghi Silva y cols.	2010	Los pacientes del grupo VNI luego del programa de rehabilitación respiratoria la distancia caminada en el TM6m aumentó significativamente (494 ± 103 VS 372 ± 115 mts). El grupo control (oxigenoterapia) también tuvo un aumento significativo en la distancia recorrida, sin embargo esta ganancia fue mayor en el grupo experimental (+74 metros). Luego del programa, durante el test incremental, la velocidad aumentó significativamente en el grupo VNI ($4,4 \pm 1$ km/h VS $2,9 \pm 1$ km/h).
Dreher y cols.	2007	El grupo VNI durante el TM6m recorrió 38 metros más a diferencia del grupo oxigenoterapia ($260,7 \pm 64,9$ VS $222 \pm 84,8$) pero sin diferencias significativas.
Koopman y cols.	2019	Cuando los participantes utilizaron VNI + O2 recorrieron más metros y tuvieron un tiempo de resistencia mayor respecto al grupo de oxigenoterapia y ventilación simulada. Durante la primera prueba el grupo VNI + O2 caminó 283 ± 128 metros mientras que los grupos oxigenoterapia y ventilación

“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

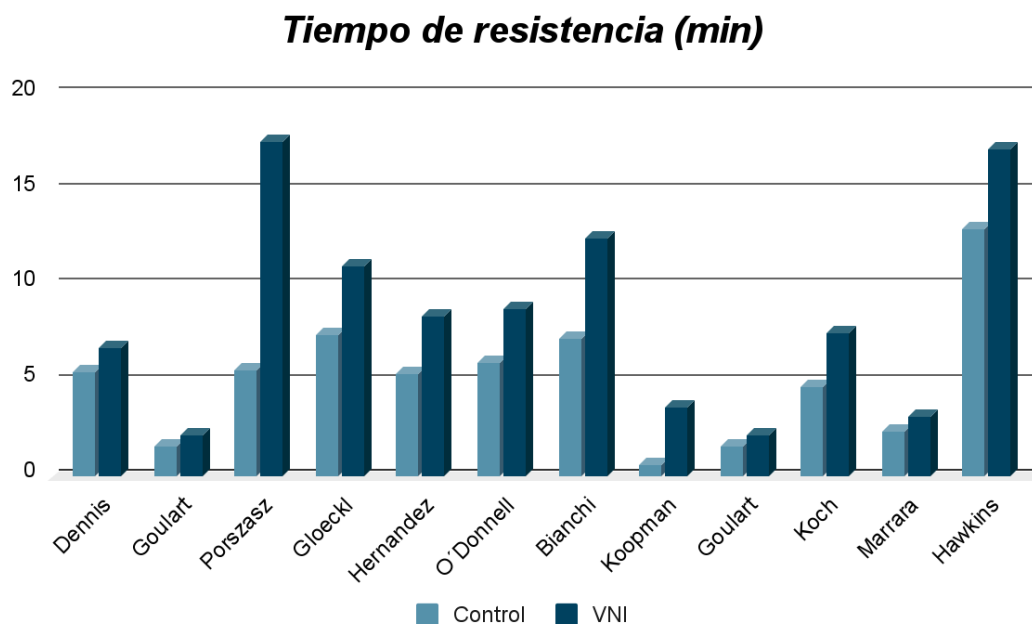
		<p>simulada caminaron 225 ± 107 y 120 ± 50 metros respectivamente. Además, el tiempo de resistencia del grupo VNI + O₂ fue de 216 ± 105 segundos, mientras que el de los grupos oxigenoterapia y ventilación simulada fueron más bajos (172 ± 88 y 91 ± 38 segundos respectivamente). Las diferencias en estas dos variables fueron estadísticamente significativas a favor del grupo VNI + O₂.</p> <p>Durante la segunda prueba este comportamiento se repite, donde el grupo experimental tuvo una distancia total recorrida de 261 ± 136 metros a diferencia del grupo O₂ y SHAM que caminaron 188 ± 109 y 107 ± 69 metros respectivamente. En cuanto al tiempo de resistencia el grupo VNI + O₂ tuvo un tiempo mayor a diferencia de las otras dos intervenciones (198 ± 113 s VS 145 ± 92 y 80 ± 47 segundos). Como ya se ha mencionado anteriormente, las diferencias en estas dos variables tampoco fueron estadísticamente significativas a favor del grupo casos</p>
Goulart y cols.	2021	Los pacientes del grupo VNI durante las pruebas de carga constante tuvieron un tiempo de resistencia mayor a diferencia de cuando usaron ventilación simulada, con un aumento significativo de 31 segundos (129 ± 29 VS 98 ± 29).
Koch y cols.	2020	Antes de realizar el entrenamiento de los músculos inspiratorios (IMT), cuando los pacientes se sometieron a la prueba de carga constante con PAV tuvieron un tiempo de resistencia mayor que cuando utilizaron la ventilación simulada (341 ± 118 VS 243 ± 61 segundos), esta diferencia fue estadísticamente significativa. Luego del IMT el aumento del tiempo de resistencia en el grupo PAV fue aún mayor, siendo este de 452 ± 82 segundos, mientras que el grupo SHAM tuvo un tiempo de resistencia de 283 ± 44 segundos, esta diferencia entre e intra grupos fue estadísticamente significativa.
Marrara cols. y	2018	<p>En el grupo VNI la distancia recorrida en el TM6m aumentó significativamente luego del programa de rehabilitación respiratoria con una diferencia estadísticamente significativa (363 ± 158 VS $451,5 \pm 158,2$). Sin embargo, en el grupo control se observó el mismo comportamiento ($374,8 \pm 115,2$ VS $419,2 \pm 108,1$). Vale aclarar que antes del programa de rehabilitación los pacientes del grupo VNI a diferencia de los controles caminaron menos metros, pero luego del mismo recorrieron una mayor distancia (el grupo control tuvo un aumento de 44,4 mts y el de VNI 88,5 mts).</p> <p>En cuanto a las pruebas incrementales, luego del programa el grupo que utilizó VNI tuvo una diferencia significativamente mayor del tiempo de resistencia (+ 3,2 minutos) en comparación al grupo control (+ 2,4 minutos). Sin embargo,</p>

“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

		<p>al final del programa ambos grupos alcanzaron aproximadamente el mismo tiempo.</p> <p>En cuanto a la velocidad durante la prueba mencionada anteriormente ambos grupos tuvieron un aumento de la misma luego de completar el programa, esta diferencia fue significativa en ambos pero no entre ellos, sin embargo, el grupo VNI por un pequeño aumento de velocidad pudo caminar más metros en esta prueba.</p>
Fekete y cols.	2021	<p>Luego del programa de rehabilitación el grupo experimental (18) tuvo un aumento significativo en la distancia recorrida en el TM6m (274 (247,5 - 313,5) VS 216 (211,5 - 233,7), mientras que en el grupo control (18) también se observó un aumento pero no fue estadísticamente significativo (345 (303 - 433,5) VS 333,5 (141 - 378).</p> <p>A pesar de que los controles caminaron más metros, la diferencia entre este grupo no es significativa. Como se observa en el índice BODE solo 3 pacientes tuvieron mejoras en la distancia, en cambio en el grupo experimental 11 pacientes aumentaron la distancia recorrida.</p>
Deniz y cols.	2023	<p>El grupo VNI + O2 luego del programa de rehabilitación recorren más metros en el TM6m (+69 ± 53) y en la prueba de caminata incremental (66 ± 65) y además alcanzaron más velocidad y tiempo de resistencia en la prueba de caminata constante (+0,7 ± 0,7 y 1, 3 ± 6,3 respectivamente). Estos aumentos fueron significativos en comparación a los valores obtenidos antes del programa, con excepción del tiempo de resistencia en la prueba de caminata constante.</p> <p>Este mismo comportamiento se vio reflejado en todos los grupos a excepción del tiempo de resistencia en el grupo O2. Sin embargo, el grupo VNI + O2 fue el que obtuvo mayores diferencias en el antes y después del programa.</p>
Labeix y cols.	2022	<p>Los participantes luego del programa de rehabilitación caminaron más metros respecto a la distancia inicial (374,3 ± 93,8 VS 354,4 ± 93,7) sin diferencias significativas.</p>

“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

En este gráfico se representa el tiempo de resistencia, expresado en minutos, que tuvieron los participantes a la hora de evaluarse y realizar ejercicio con distintos modos ventilatorios comparando los resultados con los controles en las distintas investigaciones ya descritas.



En el estudio de Dennis y cols. se representa los valores cuando se utilizó la VNI Estándar.

Los resultados del estudio de Porszasz y cols. es la que obtienen los participantes cuando se asisten con VNI + O₂.

En el estudio de Bianchi y cols. se asiste a los participantes con 3 modos ventilatorios de VNI, el que se ilustra corresponde al modo PAV.

En cuanto al artículo de Koopman y cols. los resultados que se observan en el gráfico son los que se obtuvieron cuando los participantes utilizaron VNI + O₂ luego de la segunda prueba.

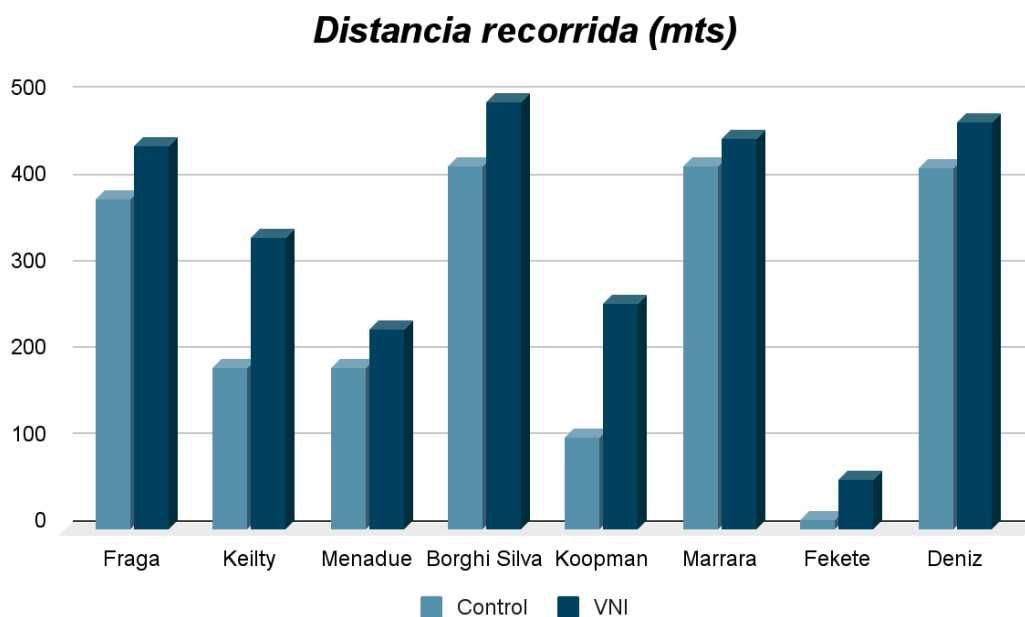
Los resultados del tiempo de resistencia del estudio de Koch y cols. corresponden a cuando se agregó al programa el entrenamiento de los músculos inspiratorios.

La investigación de Marrara y cols. fue llevada a cabo por 6 semanas donde al final ambos grupos alcanzan un tiempo de resistencia similar, por lo que en el gráfico se representa la diferencia que tuvieron ambos grupos antes y después del mismo.

“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

En el estudio de Hawkins y cols. se muestran los resultados que obtuvieron el grupo sin asistencia y el asistido con VNI luego del programa de 6 semanas.

A continuación se representa la distancia recorrida en metros que tuvieron los participantes cuando utilizaron ventilación mecánica no invasiva (con los diferentes modos) y cuando fueron comparados con los respectivos controles.



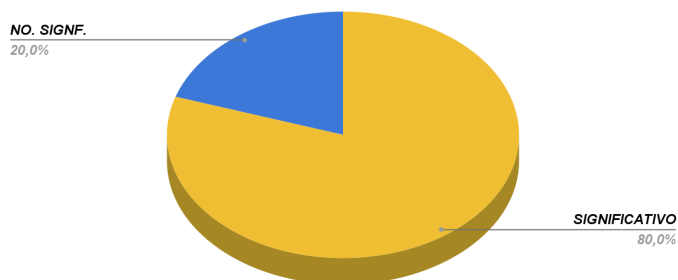
Los resultados que se observan del estudio de Fraga y cols. son los que se obtuvieron cuando se realizó el TM6m.

Los valores obtenidos del artículo de Koopman y cols. representan los metros que recorrieron los pacientes cuando utilizaron VNI + O₂ durante la segunda prueba.

La distancia representada en el estudio de Fekete y cols. corresponde a la diferencia que existe entre la distancia recorrida antes y después del programa de rehabilitación en ambos grupos.

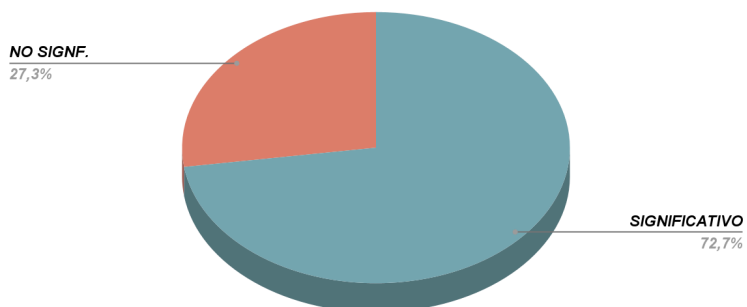
“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

SIGNIFICANCIA EN TIEMPO DE RESISTENCIA



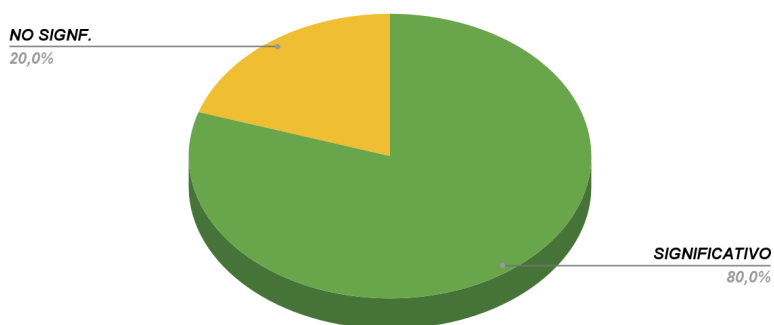
De acuerdo a la variable tiempo de resistencia, 15 artículos la evalúan en sus intervenciones y en 12 se observan aumentos estadísticamente significativos, lo que representa un 80 %.

SIGNIFICANCIA ESTADISTICA EN DISTANCIA RECORRIDA



En cuanto a la distancia que recorrieron los participantes en las distintas intervenciones, en 8 de 11 artículos (72,7%) se observan aumentos significativos de los metros recorridos en los grupos experimentales.

SIGNIFICANCIA ESTADISTICA EN VELOCIDAD



“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

Por último, la velocidad fue evaluada en 5 artículos y, luego de las intervenciones, el grupo experimental mostró un aumento significativo en esta variable en 4 de ellos, lo que representa el 80%.

Fatiga de miembros inferiores y función del cuádriceps: La fatiga es una de las variables principales de interés, ya que creemos que puede ser un predictor de la redirección del flujo sanguíneo que puede ocasionar la VNI al descargar los músculos respiratorios. Esta variable está presente en 10 artículos (154 pacientes). La función del cuádriceps, a pesar de considerarla una variable secundaria, se correlaciona con la fatiga, además creemos que una mejora en el rendimiento de este músculo, puede reflejar una mejora en la función total del paciente. Esta última fue estudiada en 3 artículos (68 pacientes).

FATIGA DE MIEMBROS INFERIORES Y FUNCIÓN DEL CUÁDRICEPS		
AUTOR	AÑO	RESULTADOS
Fraga y cols.	2011	En el TM6m y en el shuttle test los participantes del grupo VNI tuvieron un menor puntaje de fatiga en la escala BORG a diferencia de los controles pero no fue significativa. En cambio, durante la prueba de escalera el puntaje fue más alto en el grupo VNI pero no fue significativo con diferencia de los controles.
Dennis y cols.	2021	Tanto los pacientes del grupo VNI estándar como titulada tuvieron un puntaje menor del esfuerzo percibido tanto durante como al final del ejercicio a diferencia de los controles. Sin embargo, no fue significativo.
Gloeckl y cols.	2018	Los pacientes del grupo VNI luego del ejercicio presentaron una mayor fatiga de miembros inferiores a diferencia de los controles (4 VS 3), la cual fue estadísticamente significativa con un tamaño de efecto moderado.
Bianchi y cols.	1998	Los 3 grupos experimentales (CPAP, PSV Y PAV) tuvieron una disminución en el puntaje de fatiga de los MMII de la escala BORG con respecto al grupo que utilizó ventilación SHAM ($5,4 \pm 1,9$). Sin embargo, los mejores valores se obtuvieron cuando utilizaron PAV y PSV, siendo estos significativos en ambos grupos ($4,2 \pm 2,3$ y $4,1 \pm 2,2$ respectivamente) con respecto al SHAM.

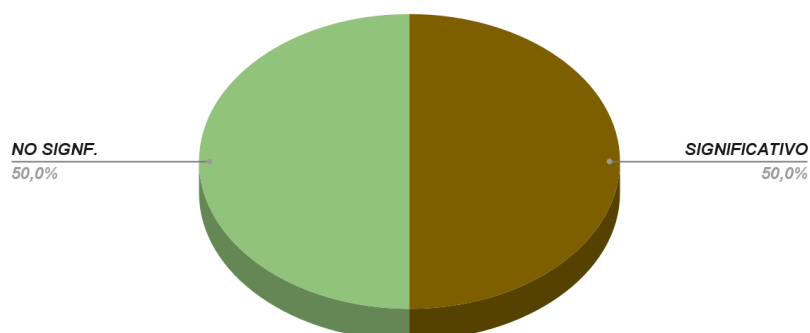
“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

Borghì Silva y cols.	2010	<p>Después de completar el programa, el grupo VNI presentó un índice de fatiga en el cuádriceps, evaluado a través de dinamometría isocinética, significativamente menor con respecto al inicio (32 ± 12 VS 44 ± 13).</p> <p>Al comparar el grupo VNI con el grupo de control, se observó una disminución significativa de este índice, ya que, al final del programa, el grupo control tuvo un valor de 49 ± 20. Vale aclarar que este grupo presentó un índice mayor en comparación con el inicio del programa.</p> <p>Cuando se evaluó la función del cuádriceps con dinamometría, el grupo VNI tuvo un aumento significativo en la fuerza de los músculos periféricos (torque máximo, trabajo total, potencia total).</p>
Koopman y cols.	2019	Tanto al final de las pruebas como durante el periodo de recuperación no hubo una diferencia significativa en el puntaje de fatiga de los miembros inferiores entre los grupos. Sin embargo, se registró un pequeño aumento en el grupo VNI + O ₂ tanto en el ejercicio uno como en el dos.
Goulart y cols.	2021	Luego de realizar las pruebas de resistencia constante los pacientes que utilizaron VNI tuvieron un puntaje menor de fatiga en la escala BORG, sin embargo esta diferencia con el control no fue significativa.
Koch y cols.	2020	Los participantes del grupo PAV post IMT tuvieron un aumento significativo en el puntaje de fatiga medido con la escala BORG respecto al pre IMT ($7,8 \pm 1,6$ VS $6,6 \pm 2,2$). En la comparación entre grupos, luego del IMT los participantes que utilizaron SHAM tuvieron menor fatiga ($6,2 \pm 1,6$). Sin embargo, como mencionamos anteriormente, el grupo PAV tanto pre como post IMT lograron un tiempo de resistencia mayor a diferencia de los controles.
Mazzuco y cols.	2020	Tanto los participantes del grupo VNI como los controles tuvieron el mismo nivel de fatiga de MMII durante el ejercicio de resistencia de alta intensidad.
Borghì Silva y cols.	2009	Los participantes del grupo VNI luego del programa tuvieron un porcentaje de fatiga, medido con dinamometría isocinética, significativamente menor que cuando usaron ventilación simulada ($29,9 \pm 11,5$ VS $36,3 \pm 11,7$).
Labeix y cols.	2022	Después del programa de rehabilitación respiratoria, no se observaron diferencias significativas en el puntaje de

“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

		<p>fatiga, medido con la escala BORG, entre el grupo de ventilación no invasiva (VNI) y el grupo SHAM durante el ejercicio de resistencia constante. Sin embargo, en la evaluación inicial, antes del programa, los participantes que utilizaron ventilación efectiva (VNI) mostraron una diferencia menor en el tiempo hasta el agotamiento en comparación con el grupo SHAM ($3,3 \pm 2,1$ vs. $4,2 \pm 1,6$), y esta diferencia fue significativa.</p> <p>Con respecto a la resistencia del cuádriceps, antes del programa el tiempo de resistencia del cuádriceps (TlimQ) con SHAM se acortó significativamente ($-14 \pm 12,5$ segundos) en comparación con el TlimQ control (que no realizó CWR). El TlimQ en el grupo IPS, al momento en que el grupo SHAM limitó el ejercicio, no mostró diferencias significativas con respecto al grupo control, presentando una disminución de sólo $-6,2$ segundos. Estos resultados indican que el grupo VNI experimentó una menor reducción en la resistencia del cuádriceps en comparación con el grupo SHAM teniendo en cuenta al grupo control.</p> <p>Luego del programa, la resistencia del cuádriceps a los 30 minutos del CWR en ambas condiciones se mantuvo significativamente reducida en comparación con TlimQ control (que no realiza CWR), pero en mayor medida en la condición simulada (-9 ± 18 s para IPS vs. -21 ± 17 s, para simulación).</p> <p>Luego del programa los participantes asistidos por IPS tuvieron mejoras significativas en la carga de entrenamiento y en los valores de repetición máxima del cuádriceps.</p>
--	--	--

SIGNIFICANCIA ESTADISTICA EN FATIGA DE MMII



“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

Con respecto a la variable fatiga de los miembros inferiores, de los 10 artículos que la evaluaron en sus estudios, 5 (50%) presentaron diferencias significativas en sus resultados entre los grupos experimentales y los controles

En cuanto a la función del cuádriceps evaluada en 3 artículos, todos mostraron resultados que representaban diferencias significativas en esta variable en los grupos experimentales, viéndose reflejadas en fuerza, resistencia y aumentos de carga entre otras.

Frecuencia respiratoria y capacidad inspiratoria: La frecuencia respiratoria se evaluó en 10 artículos (168 pacientes) mientras que la capacidad inspiratoria lo hizo en 3 (35 pacientes). Decidimos agrupar estas dos variables de interés dado que creemos que una reducción de la FR se traduce en una prolongación del tiempo espiratorio y por ende, menor atrapamiento aéreo, lo cual podría aumentar la capacidad inspiratoria en estos pacientes. También los aumentos en la FR se correlacionaron con una mayor sensación de disnea, sin embargo esto no siempre se ve reflejado.

FRECUENCIA RESPIRATORIA Y CAPACIDAD INSPIRATORIA		
AUTOR	AÑO	RESULTADOS
Dennis y cols.	2021	<p>Al finalizar el ejercicio, los grupos que utilizaron VNI titulada y estándar presentaron una capacidad inspiratoria (CI) mayor en comparación con el grupo que no utilizó VNI, con valores de $1,63 \pm 0,41$ litros y $1,62 \pm 0,37$ litros, respectivamente, frente a $1,44 \pm 0,37$ litros en el grupo sin VNI. Esta diferencia fue significativa. En cuanto a la frecuencia respiratoria (FR), aunque los grupos experimentales mostraron una menor frecuencia respiratoria, la diferencia con el grupo sin VNI no resultó significativa al final del ejercicio.</p> <p>Durante el ejercicio, tanto la frecuencia respiratoria (FR) como la capacidad inspiratoria (CI) mostraron cambios significativos a favor de los grupos experimentales. La CI durante el ejercicio fue de $1,64 \pm 0,40$ litros en el grupo que utilizó VNI estándar y de $1,67 \pm 0,40$ litros en el grupo VNI titulada mientras que en el grupo control la misma fue de $1,45 \pm 0,37$ litros.</p> <p>Los valores de FR durante el ejercicio fueron de $26,8 \pm 5,4$ rpm y $26,2 \pm 6,6$ rpm en los grupos VNI estándar y titulada, respectivamente. En cambio, el grupo de control presentó valores más altos, con $31,1 \pm 6,1$ rpm.</p>

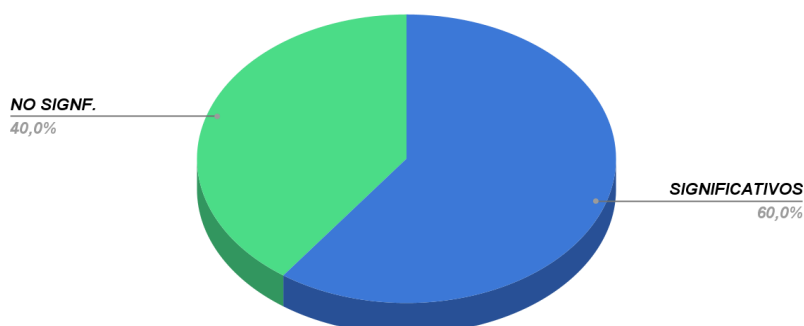
“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

Porszasz y cols.	2013	<p>Durante el ejercicio, el grupo que recibió VNI + O₂ mostró una FR significativamente más baja, con un promedio de $23,8 \pm 7,7$ rpm. En cambio, los grupos que utilizaron VNI + aire y los que no recibieron asistencia presentaron frecuencias respiratorias de $27,5 \pm 7,1$ rpm y $29,6 \pm 8,1$ rpm, respectivamente.</p> <p>Al finalizar el ejercicio, los valores medidos en el límite de tolerancia mostraron que el grupo VNI + O₂ presentó la FR más baja ($26,6 \pm 6,7$ rpm), evidenciando diferencias significativas en comparación con el grupo control. Por otro lado, el grupo VNI + aire registró una FR de $26,7 \pm 7,3$ rpm.</p>
Hernandez y cols.	2001	<p>Al alcanzar el límite de ejercicio, el grupo control presentó una FR de $33,6 \pm 6,1$ rpm. En el grupo que utilizó PAV, la FR en el mismo punto de agotamiento fue de $31 \pm 7,3$ rpm, una diferencia que resultó ser estadísticamente significativa. Sin embargo, al final del ejercicio, la FR en el grupo PAV se igualó a los valores observados en el grupo control.</p>
O'Donnell y cols.	1988	<p>Cuando los participantes utilizaron CPAP, tuvieron una FR más baja en el momento que los controles limitaron el ejercicio (24 ± 9 VS $28 \pm 7,2$ rpm); la misma significativa, pero al final del mismo no hubo diferencia entre los grupos.</p> <p>En relación a la capacidad inspiratoria, el grupo CPAP no mostró diferencias en el momento en que el grupo de control limitó el ejercicio, ni al finalizar éste.</p>
Hawkins y cols.	2002	<p>La respuesta ventilatoria al ejercicio mostró una reducción significativa en la frecuencia respiratoria a una carga de trabajo determinada para ambos grupos (PAV y control), pero no hubo diferencia estadística entre ellos.</p>
Bianchi y cols.	1998	<p>Durante el ejercicio no hubo diferencias significativas sobre la FR entre los grupos. A pesar de no tener significancia, la FR más baja se vio en el grupo PAV.</p>
Chao y cols.	2022	<p>Cuando los participantes utilizaron VNI con casco Helmet, tras el TM6m, experimentaron un aumento significativo de la frecuencia respiratoria en comparación con el grupo de control; sin embargo, este aumento no fue relevante.</p>
Borghetti Silva y cols.	2010	<p>Después del programa de rehabilitación, los participantes que usaron VNI experimentaron una reducción significativa de la frecuencia respiratoria durante el test de carga incremental, comparado con la medición inicial (29 ± 3 vs.</p>

“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

		31 ± 4 rpm). Aunque al final del programa no se observaron diferencias entre los dos grupos, los participantes del grupo control no mostraron cambios en esta variable.
Koopman y cols.	2019	En este protocolo, durante el primer ejercicio, se observaron diferencias significativas en la FR entre los grupos 3 y 4 (VNI + O2 e intermitente, respectivamente). Antes de la prueba, la FR del grupo VNI + O2 era más baja que la del grupo intermitente (18 ± 4,1 vs. 20 ± 4,7 rpm). Al finalizar el ejercicio, la FR seguía siendo más baja en el grupo 3 (27 ± 6,7 rpm), mientras que en el grupo 4, que presentaba una ventilación simulada, la FR al final del ejercicio fue de 32 ± 5,4 rpm.
Koch y cols.	2020	Los participantes del grupo PAV, tras el IMT, presentaron una FR más baja, aunque esta diferencia no fue significativa. En el grupo control, tampoco se observó un cambio significativo en la FR en comparación con la medición previa.
Deniz y cols.	2023	En todos los grupos, se observó un aumento de la CI luego del programa, aunque no hubo diferencias significativas en comparación a la medición inicial. Tampoco se observaron cambios significativos entre los grupos.

SIGNIFICANCIA ESTADISTICA EN FR



De los 10 artículos que evaluaron el comportamiento de la frecuencia respiratoria durante o al final del ejercicio, 6 (60%) presentaron diferencias significativas entre los grupos experimentales y los controles.

“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

La capacidad inspiratoria estudiada en 3 investigaciones presentó diferencias significativas entre los grupos experimentales y los controles en un artículo (33,3%).

Consumo máximo de O₂ (VO₂): Este es un parámetro que indirectamente mide la intensidad de ejercicio a la que se someten los participantes. Al relacionarse con los equivalentes metabólicos de oxígeno (METS) es un indicador de la capacidad funcional de las personas. Se evalúa en 10 artículos (191 pacientes).

VO ₂		
AUTOR	AÑO	RESULTADOS
Dennis y cols.	2021	<p>Ante una misma intensidad de ejercicio, los pacientes que recibieron VNI, ya sea titulada o estándar, mostraron una reducción significativa en el consumo de oxígeno (VO₂) en comparación con los controles, tanto durante el ejercicio como al final del mismo. Esto puede relacionarse con una descarga de los músculos respiratorios y mejor aprovechamiento del O₂ disponible.</p> <p>Al final del ejercicio, los grupos VNI estándar y titulado mostraron valores de VO₂ de 728 ± 242 y 701 ± 244 ml/min respectivamente. En cambio, el grupo control mostró un valor de 891 ± 336.</p> <p>Durante el ejercicio esta respuesta se mantuvo, con los grupos VNI estándar y titulada mostrando valores de VO₂ de 717 ± 235 y 652 ± 257 ml/min respectivamente, mientras que el grupo sin asistencia presentó un valor de 889 ± 329 ml/min.</p>
Hernandez y cols.	2001	<p>Se observó que, en el grupo PAV, cuando el control limitó el ejercicio, ambos grupos alcanzaron los mismos valores de VO₂.</p> <p>Al final del ejercicio, el grupo PAV presentó valores de VO₂ más altos que el grupo control; sin embargo, la diferencia no fue significativa. No obstante, como se mencionó anteriormente, el grupo PAV mostró un tiempo de resistencia mayor.</p>
O'Donnell y cols.	1988	<p>No se encontraron diferencias significativas en los valores de VO₂ entre el grupo control y el grupo CPAP, tanto al final del ejercicio (isotiempo) como al término de la prueba en el grupo CPAP.</p>

“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

Borghi Silva y cols.	2010	Luego del programa de rehabilitación respiratoria los participantes del grupo VNI mostraron un aumento significativo del VO ₂ en el test de carga incremental en comparación al valor inicial ($1,07 \pm 0,22$ VS $0,88 \pm 0,16$ ml/min). En el grupo control también se observa un aumento pero no es significativo. A pesar de que luego del programa haya un aumento en el VO ₂ a favor del grupo VNI, este no fue significativo en comparación al control.
Goulart y cols.	2021	Después del ejercicio de resistencia constante, los participantes del grupo de VNI mostraron un aumento significativo en el VO ₂ en comparación con el grupo control (18 ± 8 vs. 12 ± 7 ml/kg/min).
Goulart y cols.	2023	Los participantes de los tres grupos tuvieron un aumento estadísticamente significativo del VO ₂ durante el ejercicio de alta intensidad en comparación a sus valores basales. Sin embargo, este incremento, o delta, resultó superior en el grupo VNI ($19,5 \pm 8,8$ VS $2,7 \pm 1,1$ ml/min/kg; es decir tuvo una diferencia $+16,8 \pm 8,7$ ml/min/kg) en comparación con el grupo asistido con SHAM ($+9,9 \pm 7,6$ ml/min/kg) y el que no recibió asistencia ($+7,2 \pm 3$ ml/min/kg).
Marrara y cols.	2018	Luego del programa de rehabilitación respiratoria, los participantes que utilizaron VNI mostraron un incremento estadísticamente significativo del VO ₂ , tanto en comparación al grupo control como a los resultados que se obtuvieron al inicio del programa. Al inicio de la intervención, el grupo VNI presentó valores de VO ₂ de $13,2 \pm 4$ ml/kg/min, mientras que el grupo control mostró un promedio de $14,3 \pm 4,3$ ml/kg/min. Al final del programa, el grupo sin asistencia registró un valor de VO ₂ de $14,8 \pm 3,4$ ml/kg/min, en comparación con el grupo VNI, que alcanzó $18,1 \pm 5,7$ ml/kg/min.
Fekete y cols.	2021	Tanto los participantes del grupo de casos como los del grupo control mostraron un aumento significativo del VO ₂ al final del programa, con un incremento de $1,5$ ml/kg/min en ambos grupos. Sin embargo, como se mencionó anteriormente, los participantes del grupo de casos caminaron una mayor distancia tras el programa.
Mazzuco y cols.	2020	Durante el ejercicio de alta intensidad, los pacientes con EPOC e insuficiencia cardíaca (IC) mostraron un menor consumo de oxígeno al utilizar ventilación no invasiva (VNI) en comparación con la ventilación simulada

“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

		(SHAM). Sin embargo, esta diferencia no fue significativa. Al evaluar la cinética de recuperación del VO ₂ , los pacientes con EPOC - IC presentaron una constante de tiempo exponencial (t) más rápida al utilizar VNI en comparación a la ventilación simulada (63 ± 15 VS 88 ± 16 seg), y además tuvieron un MRT (tiempo medio de respuesta) más rápido (69 ± 12 VS 95 ± 14 seg). Estas diferencias fueron significativas con un tamaño de efecto muy grande.
Labeix y cols.	2022	El grupo VNI mostró un aumento en el VO ₂ máximo al finalizar el programa, registrando valores de 12,6 ± 3,1 ml/kg/min antes de la intervención y 13,3 ± 4 ml/kg/min después. Sin embargo, esta diferencia no fue estadísticamente significativa.

6 artículos de 10 (60%) presentaron diferencias significativas en los valores de VO₂ alcanzados entre los grupos asistidos con VNI y los controles.

Calidad de vida relacionada con la salud (CVRS) e índice BODE: estas variables las consideramos como principales ya que reflejan el impacto que tiene la enfermedad en la vida diaria de los pacientes. Además, puede ser una herramienta útil para conocer la eficacia de un programa de rehabilitación respiratoria dado que permite evaluar y reevaluar a los pacientes. La CVRS se estudió en 4 artículos (138 pacientes) a través de distintos cuestionarios. El índice BODE es una evaluación multidimensional que abarca dominios como el grado de obstrucción, el índice de masa corporal, la distancia caminada en el TM6m y el grado de disnea. Este índice fue evaluado en 2 artículos (79 pacientes).

CALIDAD DE VIDA RELACIONADA CON LA SALUD E ÍNDICE BODE		
AUTOR	AÑO	RESULTADOS
Borghi Silva y cols.	2010	Los participantes del grupo VNI luego del programa de rehabilitación respiratoria tuvieron una reducción significativa del puntaje total del cuestionario Saint George (SGRQ) (29 ± 19 VS 50 ± 20). Además se observó una reducción del puntaje en las subescalas síntomas (40 ± 19 VS 54 ± 16), actividad (25 ± 19 VS 51 ± 13) e impacto (32 ± 21 VS 52 ± 55). El grupo control mostró una reducción significativa en el puntaje de la subescala síntomas e impacto, no así en actividad y puntaje total. Sin embargo, esas mejoras que se observan al final del programa en

“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

		el grupo control no fueron tan marcadas como en el grupo VNI.
Marrara y cols.	2018	<p>Luego del programa de entrenamiento, tanto el grupo control como el asistido por VNI, tuvieron una disminución significativa en el puntaje total del índice BODE. Sin embargo, esta reducción fue mayor en el grupo VNI.</p> <p>En cuanto a la CVRS, medida con el cuestionario SF36, ambos grupos tuvieron mejoras significativas en su puntaje luego del programa. Las mejoras se observaron en los mismos dominios: funcionamiento físico, funcionamiento social y limitaciones por problemas emocionales. Sin embargo, se observó una mayor diferencia entre la evaluación inicial y la realizada después del programa en el grupo VNI. Vale aclarar que el grupo VNI también obtuvo mayores puntajes en estas subescalas.</p>
Fekete y cols.	2021	<p>La CVRS fue evaluada con el cuestionario CAT, donde en el grupo experimental se observa una diferencia estadísticamente significativa luego de completar el programa (29 (26,9- 32) VS 15 (13,5- 17, 5)). En cuanto al índice BODE, en el grupo VNI se observa una disminución significativa en el puntaje total luego del programa (5 (5- 6,7) VS 4 (3- 5)). Los controles, personas sanas, no tuvieron diferencias significativas en ninguna de las variables luego del programa.</p>
Deniz y cols.	2023	<p>Luego del programa, los tres grupos exhibieron una disminución en los puntajes totales del cuestionario CAT. El grupo que utilizó la VNI redujo su puntuación de $18,8 \pm 9,6$ a $7,4 \pm 5,3$, lo que representa una diferencia significativa de 11,4 puntos, la mayor observada entre los tres grupos.</p> <p>Con respecto al cuestionario Saint George, luego del programa, el grupo VNI mostró una disminución en los puntajes de los dominios de síntomas, impacto y en el puntaje total. Sin embargo, mostró un aumento en el dominio actividad pero no fue significativo. La única diferencia significativa se observa en el subgrupo de síntomas, con una reducción de $-21,8 \pm 18,9$ puntos.</p> <p>En el cuestionario HAD, utilizado para evaluar la ansiedad y depresión, el grupo VNI mostró un menor puntaje en el dominio de depresión luego del programa, con una reducción significativa de $2,8 \pm 2,8$ puntos.</p>

De los 4 artículos que evaluaron la CVRS todos presentan diferencias significativas entre los grupos experimentales y los controles a favor de los primeros. Esto sucede también con la evaluación del índice BODE evaluado en 2 estudios.

“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

VII. DISCUSIÓN.

En la presente discusión, abordaremos las razones subyacentes a los resultados obtenidos. Como se ha observado, la utilización de la ventilación no invasiva (VNI) durante el ejercicio, en el contexto de un programa de rehabilitación respiratoria para pacientes con EPOC, ha demostrado generar mejoras significativas en varios parámetros clínicos. Estas mejoras incluyen una reducción en la disnea, un aumento en la distancia recorrida, mayor tiempo de resistencia, incremento en la velocidad de ejercicio, disminución de la fatiga en los miembros inferiores, un mayor consumo de oxígeno, y una mejora en la calidad de vida relacionada con la salud.

La heterogeneidad observada en los estudios, fue lo que nos llevó a incluir un número importante de artículos, lo cual refleja la novedad del uso de la VNI durante el ejercicio y la limitada comprensión actual sobre su aplicación. La mayoría de los estudios coinciden en la necesidad de identificar el modo óptimo de VNI que permita maximizar su eficacia en el tratamiento de pacientes. Sin embargo, un punto de controversia recurrente es el tamaño muestral reducido de los estudios, dado que se trata de un grupo muy específico de pacientes.

Esta tarea no fue sencilla, ya que, como se mencionó anteriormente, los estudios analizados presentan una notable heterogeneidad, tanto en la población incluida como en los modos ventilatorios empleados, las interfaces utilizadas y los protocolos implementados. Estos protocolos varían desde sesiones de entrenamiento únicas hasta programas de rehabilitación de 6 semanas o más. Aunque esta diversidad podría considerarse una desventaja, creemos que representa un punto a favor. A pesar de sus diferencias, muchos estudios lograron resultados similares y favorables con la aplicación de la ventilación no invasiva (VNI) durante el ejercicio, lo que evidencia su versatilidad y capacidad de adaptación tanto a las necesidades del paciente como a la experiencia del profesional. Sin embargo, para maximizar los beneficios de esta herramienta, es fundamental que los profesionales que se desempeñan en el área de rehabilitación cardiorrespiratoria comprendan profundamente los diversos parámetros que influyen en su eficacia. A continuación, explicaremos estos aspectos en detalle y para simplificar nuestro análisis decidimos agrupar estudios que incluyan poblaciones y/o modos ventilatorios similares.

“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

Efectos de la VNI sobre la disnea:

La disnea fue la variable más analizada por los estudios, ya que es el síntoma principal de estos pacientes y un factor determinante en la finalización prematura del ejercicio. Por ende, una mejora en esta variable podría permitir un mejor aprovechamiento del entrenamiento físico para lograr mayores adaptaciones fisiológicas. Sin embargo, es fundamental tener en cuenta que la disnea es un síntoma subjetivo, lo que implica que su percepción puede variar de un paciente a otro. Por esta razón, se han propuesto escalas, como la de Borg y la mMRC, que permiten cuantificar la disnea y registrar la evolución del paciente a lo largo de las sesiones de entrenamiento o programas de rehabilitación.

Como previamente mencionamos, de los 21 artículos que estudiaron la disnea, 11 (52,4%) tuvieron diferencias clínicas significativas en sus resultados mientras que en 10 (47,6%) sucedió lo contrario. Es importante tener en cuenta que en la mayoría de los artículos la ausencia de diferencias significativas, a pesar de la reducción de la disnea en el grupo experimental, puede atribuirse al pequeño tamaño muestral. Además, la falta de mejoría podría explicarse por el hecho de que los participantes del grupo de VNI mostraron una mayor tolerancia al ejercicio, lo que incrementó su grado de disnea sin alcanzar un nivel que limitara la actividad física, siendo este comportamiento esperable. Es por eso que los resultados de esta variable deben tomarse con cautela y además deben poder relacionarse con otras.

Fraga y cols. incluyeron pacientes con EPOC GOLD II, III y IV mientras que Dennis y cols. solamente en estadio III y IV. Sin embargo, ambos estudios son similares en el modo de VNI y las presiones que utilizaron pero no así en las interfaces. Además, la intensidad a la cual se entrenaron los pacientes fue muy parecida, teniendo en cuenta que Fraga y cols. hicieron las pruebas en campo y Dennis y cols. en bicicleta. En el primero, el grupo asistido por VNI tuvo puntajes de disnea menores que el control al final del ejercicio, sin embargo no fue significativo, y esto puede deberse tanto al pequeño tamaño de muestra, al momento de medición y a la interfaz utilizada (nasal). En el estudio de Dennis y cols. luego del ejercicio tampoco se observan diferencias significativas entre los grupos, sin embargo cuando se mide la disnea en el grupo experimental en el mismo momento que el grupo control limita el ejercicio, si se pueden ver diferencias significativas a favor de los grupos asistidos. Creemos que este comportamiento hubiese sido similar en el estudio de Fraga y cols. Otro punto a tener en cuenta es que el de Dennis y cols. aplicó una interfaz facial la cual compensa toda la demanda ventilatoria del paciente, es decir, si ventila tanto por la boca como por la nariz. En el estudio de Fraga y cols. la interfaz seleccionada

“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

creemos que no es adecuada ya que si el paciente ventila por la boca no gatillaría el respirador y por lo tanto, este no asistiría las respiraciones.^{22, 30}

Tanto Hawkins como Keilty y cols. incluyeron en su estudio pacientes con EPOC grave (GOLD III). Sin embargo, estos dos estudios son diferentes en el modo de VNI que utilizaron durante el ejercicio, por un lado, los primeros utilizaron PAV mientras entrenaban a los pacientes en bicicleta y los segundos emplearon IPS y CPAP durante el ejercicio en cinta, ambos aplicaron interfaz facial. Hawkins y cols. no obtuvieron diferencias significativas al final del programa aplicado a pesar de que el grupo PAV tuvo un tiempo de resistencia mayor. Del mismo modo como mencionamos anteriormente creemos que la disnea debió evaluarse durante el ejercicio y observar su comportamiento en este momento. Además pensamos que el modo utilizado en esta investigación no fue el más adecuado para reducir la disnea como lo sería un modo binivelado con alto valor de soporte. Por otro lado, en la investigación de Keilty y cols. tampoco se observan diferencias significativas en la disnea evaluada entre los grupos al final del ejercicio, sin embargo el mismo se limitaba cuando los participantes alcanzaban un grado 5 de disnea, donde el grupo que fue asistido realizó el ejercicio un tiempo mayor al control. Esto puede verse como una desventaja ya que no se pudo observar el comportamiento de los participantes siendo sometidos a intensidades mayores. Otro punto a tener en cuenta fue que los autores no mencionan la utilización de una presión positiva espiratoria (PEEP) en el momento que aplican el modo IPS pero si lo hacen cuando administran CPAP, por lo cual suponemos que estos pacientes tenían un nivel de AutoPEEP superior al de PEEP aplicado, siendo este insuficiente para contrabalancearla y reducir la disnea. En un entorno de rutina se sabe que una medición no invasiva de la AutoPEEP es prácticamente inviable por lo que es difícil setear un nivel de PEEP adecuado para los pacientes. Por último, en esta investigación también debió evaluarse la disnea en el grupo experimental, en el mismo momento que el grupo control limitaba el ejercicio.^{14, 36}

Menadue y Koopman y cols. no discriminaron la severidad de la EPOC en los participantes incluidos mientras que Deniz y cols. incluyeron pacientes con EPOC GOLD IV. En los 3 artículos los participantes fueron asistidos con VNI binivelada y oxígeno suplementario, recibiendo niveles de asistencia similares. En ninguno se observaron diferencias significativas entre los grupos en los valores de disnea, sin embargo, en el estudio de Menadue y cols. cuando esta se evaluó durante el ejercicio tuvo un puntaje menor a favor del grupo experimental, y al finalizar el mismo a pesar de tener un puntaje de disnea mayor recorrió más metros en la prueba de 6 minutos. Otro punto importante en este estudio es el nivel de trigger utilizado (4,5 L/min), lo cual supone un gran esfuerzo

“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

inspiratorio por parte del paciente para gatillar el respirador pudiendo generar discomfort, haciendo que esta variable no mejore. En el caso de Koopman y cols. a pesar de que al final de las pruebas no hubo diferencias entre grupos en el puntaje de disnea, el grupo que fue asistido con VNI más oxígeno, camino más metros, tuvo un tiempo de resistencia mayor y se recuperó más rápido luego del ejercicio. Luego del programa de rehabilitación, en el estudio de Deniz y cols. no se vieron diferencias en el puntaje de disnea en el grupo que utilizó VNI, a pesar de esto, niveles más altos de disnea no les impidieron continuar con los ejercicios, haciendo que al final del programa caminen más metros. Consideramos que en estos tres artículos, los participantes al entrenar a intensidades no muy exigentes, no presentaron mejoras en esta variable, dado que esto no genera grandes cambios en la dificultad para respirar, no se puede observar fehacientemente que esta asistencia ventilatoria pueda mejorar dicha variable.^{38, 41, 48}

En el estudio de Chao y cols. creemos que la interfaz seleccionada no fue la adecuada para que los pacientes presenten una mejora en esta variable, ya que el casco Helmet además de tener un espacio muerto bastante importante, aumenta las asincronías paciente- ventilador y puede causarle al paciente claustrofobia, aumentando la dificultad para respirar.³⁹

Las investigaciones que incluyeron pacientes EPOC con insuficiencia cardiaca son los de Goulart (2021) y Mazzuco y cols. Ambos estudios utilizaron protocolos e interfaces similares. Sin embargo, en ninguna se vio diferencias significativas en el puntaje de disnea en los grupos que fueron asistidos con VNI en comparación a los controles. En ambos estudios la misma se midió después del ejercicio, siendo un punto importante a la hora de observar el comportamiento de esta variable, ya que lo ideal es evaluarlo en el momento de exigencia. En el estudio de Goulart y cols, al final del ejercicio, la disnea fue menor en el grupo asistido y además este tuvo un tiempo de resistencia mayor. En cuanto al estudio de Mazzuco y cols. el puntaje de disnea también fue menor después del ejercicio en comparación al control, sin embargo el grupo intervención tuvo una cinética de recuperación del VO₂ más rápida. Un motivo por el cual no pudo demostrarse diferencias significativas a favor del grupo experimental en el puntaje de disnea pudo haber sido el tamaño de la muestra, ya que los pacientes con EPOC e IC fueron solo 9.^{42, 49}

A pesar de que en el estudio de Bianchi y cols. se hayan aplicado varios modos ventilatorios con oxígeno suplementario para compararlos entre sí, el nivel de soporte es similar al que se aplicó en el estudio de Labeix y cols., donde ambos no discriminan el estadio GOLD de la EPOC, utilizaron máscaras nasales y realizaron ejercicio en bicicleta a

“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

una intensidad parecida pero este último sin oxígeno suplementario. En el estudio de Labeix y cols. no se observa una reducción significativa de la disnea a favor del grupo experimental, como sí sucede en el de Bianchi y cols. por lo que creemos que la ventaja que tiene este es que los participantes es que tuvieron tiempo para familiarizarse con el dispositivo de VNI y además fueron instruidos para respirar únicamente por la nariz, hecho que no se demuestra en la intervención de Labeix y cols. y podría ser un causante de porque los resultados de disnea, a pesar de ser más bajos en el grupo experimental en el isotiempo, no tuvieron diferencias con el control. Algo parecido ocurre en el estudio de Marrara y cols. donde los participantes también fueron asistidos con un modo binivelado y una interfaz nasal, y aquí al igual que en el de Bianchi y cols. se instruye a los pacientes a respirar por la nariz y a no hablar ni respirar por la boca durante el ejercicio. Al final del programa se observa una diferencia con respecto a la evaluación inicial y al grupo control, por lo que se demuestra que este modo es efectivo para reducir la disnea y mejorar la distancia y el tiempo de resistencia como veremos más adelante. En estos 3 estudios se demuestra que si los pacientes utilizan una máscara nasal, previamente deben ser instruidos por el profesional a respirar únicamente por la nariz para obtener una reducción de la disnea, ya que la misma depende más de lo mencionado y no del protocolo aplicado. La investigación de Borghi Silva (2010) a pesar de tener un diseño similar al de Marrara y cols. en cuanto al modo aplicado, la duración del programa, la intensidad de ejercicio y los resultados obtenidos, tuvieron una pequeña diferencia en la interfaz utilizada por los participantes durante el ejercicio, ya que algunos eligieron por su comodidad una máscara facial. Creemos que este es un punto importante por el cual durante la prueba incremental reevaluada luego del programa de rehabilitación, el grupo asistido tuvo una disminución del puntaje de disnea en la escala BORG de 2 puntos mientras que en el caso del estudio de Marrara y cols. en la misma prueba, tuvo una disminución de 1,6 puntos.^{37, 40, 46, 51}

En estos artículos, como en otros ya analizados, se demuestra que la VNI con un modo binivelado representa una herramienta útil para mejorar la sensación subjetiva de esfuerzo y la falta de aire en los pacientes con EPOC. Cuando se agrega O₂ suplementario también se obtienen resultados similares en la variable disnea como se ve en el artículo de Fekete y cols.⁴⁷

Como mencionamos al principio de la discusión, los resultados de la variable disnea deben interpretarse con cautela porque un aumento de la misma durante el ejercicio es una respuesta esperable, siempre y cuando su incremento sea gradual y no impida continuar con el ejercicio. Esto se observa en el artículo de Koch y cols. donde el grupo asistido con PAV tiene un puntaje de disnea mayor, sin embargo esto no impidió a

“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

los participantes seguir con el ejercicio, por el contrario, tuvieron un tiempo de resistencia mayor. Aquí se evidencia que la asistencia permite la realización del ejercicio en bicicleta con una mayor resistencia, hecho que puede atribuirse a varios causantes, entre ellos a una descarga de los músculos respiratorios con una consiguiente redirección del flujo sanguínea desde estos hacia los músculos periféricos, como también se observa en el estudio de Bianchi y cols. donde el modo que mejores resultados obtiene es el PAV.^{37, 43}

En el estudio de Porszasz y cols. cuando los pacientes con EPOC utilizaron dispositivo abierto de ventilación no invasiva (NIOV) con o sin oxígeno, durante el ejercicio en bicicleta, hubo reducción significativa de la disnea, la cual fue mayor en el grupo que utilizó oxígeno. Creemos que la única desventaja de este estudio, a pesar de que este dispositivo demuestra ser útil para generar estas respuestas, no es común de ver en la práctica clínica de nuestro país.³²

Gloeckl, Hernandez y Dreher y cols. incluyeron en sus investigaciones pacientes con EPOC muy grave (GOLD 4) donde a pesar de las características de estos y que aplicaron modos, interfaces e intervenciones distintas, en todos se observó una reducción significativa de la disnea a favor de los grupos asistidos. Con todas estas diferencias, hay un punto que tienen en común y es la asistencia con altos niveles de soporte en el caso de Gloeckl y Dreher, y una asistencia por volumen del 100% (PAV) en el estudio de Hernandez y cols., el cual representa una descarga elástica del 100% del sistema respiratorio. Esto demuestra que en pacientes EPOC muy graves la VNI puede ser una herramienta útil cuando se logra asistir el trabajo respiratorio del paciente casi por completo.^{20, 33, 34}

O'Donnell y cols. incluyeron pacientes con EPOC GOLD III, a los cuales se les aplicó presión positiva continua en la vía aérea (CPAP) durante el ejercicio de bicicleta y se observó una reducción significativa de la disnea en el isotiempo, es decir, en el momento en el que el control limita el ejercicio. Creemos que estos hallazgos pueden deberse a que la CPAP redujo la hiperinsuflación dinámica, por ende la AutoPEEP, la disnea y aumento la capacidad de ejercicio en estos pacientes. Sin embargo, el nivel óptimo de PEEP debe adaptarse individualmente a cada paciente pero como mencionamos anteriormente, una medición invasiva de la AutoPEEP es una maniobra imposible de llevar a cabo en un entorno de rutina.³⁵

“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

Efectos de la VNI en la distancia recorrida y la velocidad:

La distancia recorrida en la mayoría de artículos analizados fue evaluada mediante el Test de Marcha de 6 minutos, esta prueba submáxima permite conocer la capacidad funcional de la persona y representa el grado de habilidad físico para realizar las actividades de la vida diaria. Es fácil de llevar a cabo y el objetivo es conocer el estado funcional del paciente a partir de los metros recorridos en 6 minutos.

Fraga y Chao y cols. en sus investigaciones evalúan la distancia y la velocidad del Test de Marcha de 6 minutos (TM6m) en una única sesión y comparan los resultados de los participantes asistidos por VNI y sin esta asistencia. En ambos estudios los participantes tienen un modo de asistencia binivelado, sin embargo en el de Chao y cols. utilizan un casco Helmet como interfaz y en el caso de Fraga y cols. utilizan una interfaz nasal. Este último tiene diferencias significativas a favor del grupo asistido por VNI, donde este camina 62 metros más con una mayor velocidad en comparación a cuando lo hace sin asistencia. En el caso de Chao y cols. sucede lo contrario, ya que el grupo asistido no refleja una mayor cantidad significativa de metros recorridos a diferencia de cuando caminaron sin asistencia, solo tuvieron un aumento de 15 metros sin cambios en su velocidad. Esta diferencia entre los estudios se atribuye a la interfaz aplicada en cada intervención, donde el casco Helmet no es la interfaz adecuada para realizar ejercicio por el espacio muerto que proporciona, las asincronías que pueden existir entre paciente - ventilador y la sensación de claustrofobia que puede generar en los participantes.^{22, 39}

Labeix, Borghi Silva (2010) y Marrara y cols. evaluaron la distancia recorrida en el Test de Marcha de 6 minutos (TM6m) luego de un programa de rehabilitación, utilizando un modo de asistencia binivelado en sus participantes. Tanto Labeix como Marrara no discriminan la severidad de la EPOC de los participantes incluidos mientras que Borghi Silva y cols incluyen pacientes con EPOC GOLD II, III, IV. Además, en los tres estudios se utilizó la misma interfaz, la nasal, pero Borghi Silva y cols. también les brindaron la posibilidad a los participantes de usar máscara facial. En los estudios de Borghi Silva y Marrara y cols. los participantes que utilizaron VNI binivelada luego del programa de rehabilitación respiratoria aumentaron significativamente la distancia recorrida en el TM6m mientras que en el estudio de Labeix y cols se observa el mismo fenómeno pero sin una diferencia significativa. Estas mejoras logradas en los estudios de Borghi Silva y Marrara se deben a que durante el programa los participantes se ejercitaron en cinta a alta intensidad, mientras que en el programa de Labeix y cols. si bien los participantes se entrenaron a una intensidad similar, el ejercicio solamente se realizó en bicicleta. Esto nos

“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

hace pensar que el entrenamiento con VNI binivelada en bicicleta, a pesar de tener grandes resultados, no logra reflejar una mejoría en los metros recorridos en el TM6m al no ser un ejercicio específico como lo es la marcha en cinta. El ejercicio en cinta involucra mayor masa muscular y propone una mayor demanda del sistema cardiorespiratorio, haciendo que sea un trabajo más extenuante para el paciente y al mismo tiempo genere mayores adaptaciones de este tipo.^{40, 46, 51}

En el estudio de Borghi Silva y cols. los participantes del grupo VNI binivelada luego del programa de rehabilitación respiratoria caminaron 122 metros más en el TM6m y 70 metros más comparado con el control. Por su parte, en el de Marrara y cols. luego del programa, los participantes asistidos con VNI binivelada caminaron 88 metros más, el doble de la diferencia en el grupo control. Suponemos que esta diferencia se debe a que en el primero, algunos participantes utilizaron máscara facial, siendo esta una interfaz más adecuada durante el ejercicio ya que tiene la capacidad de asistir al paciente tanto si respira por la nariz como por la boca.^{40, 46}

En los que respecta a la variable velocidad, los participantes asistidos con VNI luego de los programas de rehabilitación en los estudios de Borghi Silva y Marrara y cols. tuvieron un aumento significativo de la velocidad en test incrementales en cinta. Algo similar ocurre en el estudio de Deniz y cols. donde luego del programa también se observa un aumento significativo en la velocidad durante el test de marcha constante en el grupo asistido por VNI binivelada y oxígeno.^{40, 46, 48}

En el estudio de Deniz y cols. se observa que el grupo VNI binivelada con oxígeno luego del programa de rehabilitación respiratoria caminaron 69 metros más con respecto a su medición inicial en el TM6m. De manera similar, en el estudio de Fekete y cols. cuando los participantes utilizaron VNI binivelada con oxígeno suplementario, luego del programa de rehabilitación respiratoria, caminaron 58 metros más en el mismo test. A pesar de que en el primero la intensidad de entrenamiento fue menor, se puede observar que luego del programa tuvieron una diferencia mayor en los metros recorridos. Esto se debe a la duración del programa, ya que el de Deniz y cols. duró 8 semanas mientras que el de Fekete y cols. tan solo 3 semanas.^{47, 48}

Los estudios de Koopman, Menadue y Dreher aplican un modo binivelado con la adhesión de oxígeno suplementario y evalúan en una única sesión la distancia recorrida en el TM6m. Todos obtienen diferencias significativas a favor de los grupos asistidos en comparación a los controles que son asistidos únicamente con oxígeno. En los estudios de Menadue y Dreher y cols. los participantes asistidos con VNI y oxígeno caminaron 43 y 38

“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

metros más, respectivamente, en comparación a los controles que utilizaron oxigenoterapia únicamente. Sin embargo, la mayor diferencia se observa en el estudio de Koopman y cols. donde el grupo VNI camina 73 metros más. A diferencia de las otras dos, en esta intervención se evalúa una caminata en cinta por 6 minutos, donde la intensidad es de una velocidad del 125% de la prueba de 6 minutos evaluada al inicio del programa. Es decir, los participantes fueron exigidos a caminar a un ritmo mayor al que se desplazan en su vida diaria y es este punto explica porque este estudio obtuvo una diferencia mayor en la distancia recorrida.^{20, 38, 41}

En el estudio de Keilty y cols. cuando los participantes utilizaron VNI con presión de soporte inspiratoria (IPS) caminaron 148 metros más en cinta a diferencia de los controles, los cuales usaron ventilación simulada. Sin embargo, cuando caminaron en cinta con el modo CPAP recorrieron 31 metros menos que los controles. Al comparar la distancia recorrida entre estos dos modos, se observa una diferencia de 215 metros a favor del grupo IPS, lo que demuestra una notable superioridad frente al modo CPAP.³⁶

Camillo y cols. demostraron que tanto la distancia inicial caminada en el TM6m como la magnitud de su mejora con un programa de rehabilitación respiratoria se asociaron con la supervivencia. En pacientes que presentaron un mayor riesgo de mortalidad prematura por deterioro del rendimiento del ejercicio funcional, la respuesta positiva al entrenamiento con una mejora de 30 metros o más, se asoció con una mayor tasa de supervivencia a 5 años hasta casi el doble. Esto confirma la importancia del TM6m como indicador pronóstico del riesgo de mortalidad en pacientes con EPOC moderada a muy grave, donde los que no consiguen mejorar al menos 30 metros en la distancia recorrida, así como aquellos con peores resultados de rehabilitación, tienen menos posibilidades de sobrevivir a un periodo de seguimiento de 5 años.⁵²

En los artículos de Deniz, Borghi Silva (2010), Marrara y Fekete la intervención se basó en un programa de rehabilitación respiratoria donde los participantes fueron asistidos con o sin VNI y en todos ellos, los grupos experimentales tuvieron una mejora de más de 30 metros en el TM6m. A pesar de esto, no podemos dejar de lado que la rehabilitación por sí sola tiene múltiples beneficios ya conocidos, permitiendo a los pacientes alcanzar mejoras en su estado funcional, tal como se observa en los estudios mencionados, donde los controles también tienen una mejora en los metros recorridos. En las investigaciones de Deniz, Borghi Silva y Marrara superan la diferencia mínima significativa (30 metros). Sin embargo, esta diferencia mínima fue ampliamente superada cuando los pacientes

“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

recibieron soporte ventilatorio no invasivo, demostrando que esta herramienta potencia los beneficios de los programas de rehabilitación.^{40, 46, 47, 48}

Efecto de la VNI en el tiempo de resistencia:

En la mayoría de los artículos el tiempo de resistencia es medido a través de ejercicios de carga constante, donde la intensidad fue variando en las distintas investigaciones. Esta variable es importante porque nos permite conocer si los pacientes con EPOC al realizar el ejercicio con VNI pueden sostener su ejecución un tiempo mayor, haciendo más eficiente el entrenamiento y logrando muchas más adaptaciones fisiológicas en comparación al ejercicio sin asistencia.

En las investigaciones de Hawkins y Marrara y cols., luego de un programa de rehabilitación respiratoria los participantes que utilizaron VNI tuvieron un mayor tiempo de resistencia en una prueba de carga constante en el caso del primero, y una prueba incremental en el segundo. Sin embargo, el programa por sí solo también indujo mejoras en esta variable en los controles pero estas ganancias fueron superiores en los pacientes asistidos. Esto denota la importancia de los programas de rehabilitación, y a su vez como la VNI puede potenciar los resultados, en el caso de Hawkins y cols. a través de PAV con máscara facial y en el de Marrara y cols. con bilevel e interfaz nasal. Esto también se observa en el estudio de Koch y cols. donde se instruye a los participantes a realizar un programa de entrenamiento de los músculos inspiratorios (IMT). Cuando los participantes fueron asistidos con el modo PAV, luego del IMT, tuvieron un aumento de casi 2 minutos de resistencia en la prueba de carga constante, mientras que el grupo control, luego del IMT, tuvo un aumento en su tiempo de resistencia de menos de un minuto (40 segundos).^{14, 43, 46}

Para facilitar la comprensión de los resultados del tiempo de resistencia luego de una única sesión de entrenamiento decidimos agrupar las investigaciones que incluyan poblaciones similares, ya que la gravedad de la EPOC puede ser un condicionante importante en esta variable. Dennis y cols. Incluyeron en su estudio pacientes con EPOC GOLD III y IV, Gloeckl y Hernandez y cols. GOLD IV por último O'Donnell incluyó pacientes con una severidad GOLD III. Todas las investigaciones son diferentes en los modos que aplicaron y a la intensidad a la que entrenaron los participantes. Sin embargo, comparten ciertas similitudes como la interfaz utilizada y el ejercicio en bicicleta.^{30, 33, 34, 35}

En las investigaciones de Gloeckl y Hernandez y cols. se incluyeron pacientes EPOC muy graves, donde en el primero en la prueba de resistencia en bicicleta el grupo asistido tuvo un aumento del tiempo de resistencia de 3 minutos con respecto al control,

“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

como también ocurre en el estudio de Hernandez y cols. Sin embargo, en este último la intensidad de la prueba de resistencia fue mayor y se asistió a los participantes con un PAV, mientras que en el primero con un modo binivelado con alta presión de soporte y oxígeno. Esto demuestra que en pacientes con EPOC GOLD IV para aumentar el tiempo de resistencia en bicicleta se debe utilizar PAV, ya que permite más tiempo de resistencia a una intensidad de ejercicio superior (80 vs 60 %).^{33, 34}

En el estudio de O' Donnell y cols. en el grupo asistido con CPAP hubo un aumento del tiempo de resistencia de casi 3 minutos a diferencia de los controles. En el de Dennis y cols. esta diferencia fue de un minuto y medio en los participantes que utilizaron VNI binivelada con EPAP Titulada con respecto a los controles. Viendo estos resultados pareciera que CPAP fue mejor que el modo bilevel, pero en la intervención de O' Donnell los participantes realizaron la prueba de resistencia con una intensidad del 50% mientras que en la de Dennis lo hicieron a un 75% y además incluyeron pacientes con una severidad mayor. Por lo tanto, concluimos que CPAP no fue superior a bilevel, por el contrario, este último parece ser más adecuado para permitir que los participantes se ejerciten por un tiempo mayor.^{30, 35}

Por otra parte, Koopman, Porszasz y Bianchi no discriminan la severidad de la EPOC de los pacientes incluidos, por lo que consideramos apropiado agruparlos. Los modos de VNI utilizados en las investigaciones son muy diferentes, sin embargo las intensidades del entrenamiento son similares.^{32, 37, 41}

En el estudio de Koopman y cols. los participantes que realizaron dos pruebas de resistencia al 125% del TM6m testeado inicialmente con VNI binivelada y oxígeno tuvieron un aumento de 2 minutos en el tiempo de resistencia a diferencia de los controles. Decidimos mostrar los resultados correspondientes a la segunda prueba, ya que los pacientes se encontraban más cerca del agotamiento. Porszasz y cols. observaron que los participantes que utilizaron NIOV + O₂ durante el ejercicio en bicicleta al 80% tuvieron un aumento significativo de 12 minutos con respecto a los controles. En la investigación de Bianchi y cols. cuando los participantes fueron asistidos con CPAP tuvieron un aumento de 2,5 minutos en el tiempo de resistencia en bicicleta a diferencia de los controles pero cuando fueron asistidos con PSV y PAV esta diferencia fue de 3 y 5 minutos respectivamente. Vale aclarar que se entrenaron a una intensidad del 80%.^{32, 37, 41}

Los mejores resultados en la variable tiempo de resistencia se observaron cuando los pacientes usaron el sistema NIOV + O₂, sin embargo, como mencionamos con anterioridad, creemos que no es un dispositivo tan fácil de encontrar en la práctica clínica

“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

habitual. Como sucede en el estudio de Hernandez y cols., los resultados en la investigación de Bianchi y cols. en el tiempo de resistencia fueron más altos cuando los participantes utilizaron PAV. El modo PSV o bilevel también demuestra ser una herramienta útil para aumentar el tiempo de resistencia en las pruebas de carga constante como lo reflejan los artículos ya analizados.^{32, 34}

La investigación de Goulart y cols. (2020 y 2021) es la única que evalúa esta variable en pacientes con EPOC e IC. Cuando los participantes realizaron ejercicio de carga constante al 80% con VNI binivelada tuvieron un aumento significativo de 32 segundos en el tiempo de resistencia en comparación a los controles. Sin embargo, creemos que esta diferencia podría haber sido mayor si los pacientes hubiesen sido sometidos a un programa de rehabilitación respiratoria, a pesar de esto, el bilevel demuestra ser útil para aumentar los tiempos de entrenamiento ya que hay que tener en cuenta que los pacientes incluidos se encuentran en etapas terminales de su enfermedad.^{31, 42}

Efectos de la VNI sobre la fatiga de los miembros inferiores y función del cuádriceps:

Al igual que la disnea, los resultados de la fatiga de los miembros inferiores (MMII) deben interpretarse con cautela porque un aumento en la sensación de esfuerzo percibido en los MMII es una respuesta esperable durante un entrenamiento y es normal que su comportamiento sea exponencial de acuerdo a la intensidad, duración y velocidad del ejercicio. A pesar de que en algunos estudios hubo un aumento o no hubo diferencias entre los grupos experimentales y los controles en los valores de esta variable, la fatiga nunca fue un motivo de detención de la actividad. Esto lo demuestran los estudios de Fraga, Koopman, Labeix, Koch y Mazzuco.^{22, 41, 43, 49, 51}

Fraga y cols. demostraron que no hubo diferencias en el puntaje de fatiga cuando los participantes realizaron el TM6m y el Shuttle Test con y sin VNI, sin embargo los pacientes asistidos recorrieron más metros con una mayor velocidad en ambas pruebas.²²

En el estudio de Koopman y cols. cuando los participantes fueron asistidos con VNI y oxígeno suplementario, en ambos ejercicios, alcanzaron puntajes de fatiga mayores en comparación al grupo control, de igual manera estos también recorrieron una mayor distancia como hemos mencionado anteriormente. Algo parecido ocurre en el estudio de Koch y cols. donde los participantes asistidos con PAV, en las pruebas de carga constante evaluadas antes y después de la adhesión de un programa de IMT, obtienen un mayor

“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

puntaje en esta variable en comparación al control pero alcanzaron un mayor tiempo de resistencia en estas pruebas. Esto mismo sucede cuando el esfuerzo de los miembros inferiores es evaluado al finalizar el ejercicio, como en el estudio de Gloeckl y cols., donde los participantes asistidos con VNI binivelada y oxígeno al finalizar la prueba de resistencia en bicicleta presentaron un mayor puntaje en esta variable con respecto a los controles pero lograron un tiempo de resistencia superior.^{33, 41, 43}

Por su parte, en la investigación de Labeix y cols. antes del programa de rehabilitación, cuando los participantes realizaron el test de resistencia asistidos con VNI, en el momento que el control limitaba el ejercicio, tenían un menor puntaje de fatiga. Pero al finalizar esta prueba, el grupo asistido alcanzó un puntaje similar al grupo control, sin embargo esto lo hizo con un tiempo de resistencia mayor. Algo parecido sucede en la investigación de Bianchi y cols. donde los participantes asistidos con PSV y PAV tuvieron un menor puntaje de fatiga en el isotiempo, es decir, el momento en el que el grupo control limitó el ejercicio en bicicleta. Sin embargo, esto no se vio reflejado cuando utilizaron CPAP.^{37, 51}

En el estudio de Mazzuco y cols. sucede algo similar a lo que hemos mencionado. En este caso los participantes del grupo VNI como los controles tuvieron el mismo nivel de fatiga de MMII durante el ejercicio de resistencia de alta intensidad Sin embargo, el grupo asistido con VNI presentó una aceleración de la cinética de recuperación de VO₂ después del ejercicio de alta intensidad.⁴⁹

En algunos casos se observan en los grupos asistidos una disminución de la fatiga pero sin diferencia significativa con los controles. Esto sucede por ejemplo, en los estudios de Dennis y Goulart (2021), donde los grupos asistidos a pesar de tener una disminución no significativa en la fatiga de miembros inferiores, logran mayores tiempos de resistencias durante las pruebas, como ya hemos explicado anteriormente.^{30, 42}

Borghesi Silva y cols. realizaron dos estudios, uno en 2009 y otro en 2010, donde en ambos se evaluó el rendimiento del cuádriceps en dinamometría isocinética antes y después de un programa de rehabilitación y se observa que luego de los mismos hubo una disminución en el índice de fatiga en los pacientes con EPOC que fueron asistidos.^{40, 50}

Creemos que estos resultados pueden explicarse por la reducción de la fatiga diafragmática y una redistribución del flujo sanguíneo a los músculos periféricos con un aumento del suministro de oxígeno, lo que resulta en un tiempo de resistencia más prolongado.

“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

Goulart y cols. en 2021 explicaron que esta redirección del flujo sanguíneo está relacionado con las limitaciones ventilatorias, las cuales generan fatiga de los músculos respiratorios e inducen la aparición de un metaborreflejo. Este mecanismo se trata de una vasoconstricción simpática que reduce la perfusión de los músculos periféricos durante el ejercicio. En estos pacientes durante el ejercicio, la redistribución del gasto cardíaco hacia los músculos respiratorios es aún más acentuada y al aumentar la vasoconstricción simpática de los músculos locomotores, se produce un empobrecimiento del suministro de O₂, comprometiendo así la tolerancia al ejercicio. Sin embargo, cuando el trabajo del diafragma se reduce notablemente mediante la aplicación de NIV se evita la fatiga inducida por el ejercicio y por ende la aparición de esta respuesta.⁴²

Este beneficio también se puede observar evaluando la musculatura de forma analítica como en los estudios de Borghi Silva y Labeix y cols. cuando evaluaron el rendimiento del cuádriceps, observándose que en las evaluaciones de dinamometría isocinética los pacientes cuando fueron asistidos con VNI tuvieron mejoras significativas en cuanto al rendimiento máximo (fuerza, potencia y resistencia) e índice de fatiga en comparación a los sujetos que no recibieron asistencia.^{40, 50, 51}

El efecto en la redirección del flujo sanguíneo no solo aporta beneficios sobre la musculatura periférica sino también sobre la función endotelial. En los estudios de Goulart (2020 y 2023), los pacientes con EPOC - IC que realizaron ejercicio de alta intensidad en bicicleta con VNI mostraron un aumento de la vasodilatación medida por flujo, la velocidad del flujo sanguíneo y del shear stress en comparación al valor inicial. Por otra parte, los controles no mostraron cambios en estas variables con respecto a los valores iniciales. Además, encontraron una correlación significativa entre el tiempo de resistencia y el shear stress con VNI, demostrando que el aumento del shear stress está relacionado directamente con un mejor rendimiento durante el ejercicio.^{31, 45}

Efectos de la VNI sobre la frecuencia respiratoria, la capacidad inspiratoria y PiMax:

El comportamiento de la frecuencia respiratoria (FR) en los distintos artículos fue diferente al igual que el momento de medición de dicha variable. La interpretación de los resultados de la FR deben realizarse con cuidado, como hemos mencionado anteriormente en la variable disnea y fatiga, porque un incremento de la misma se trata de una respuesta proporcional a la intensidad del ejercicio. Por lo tanto, esperamos que el comportamiento sea gradual en relación a la intensidad del entrenamiento físico. Analizaremos si ante una misma carga de entrenamiento esta variable presenta diferencias en su comportamiento

“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

en los distintos grupos durante el ejercicio, especialmente en el grupo asistido, independientemente de su valor al finalizar la actividad.

Siguiendo con lo mencionado, en las investigaciones de Dennis, Koopman, Hernandez y O'Donnell, a pesar de que al final de las pruebas no se observaron diferencias en la FR, los participantes que fueron asistidos con VNI durante el ejercicio, en el momento en el que los controles limitaron el mismo, mostraron una reducción significativa de esta variable. Más allá de la heterogeneidad de los pacientes incluidos en estos estudios, de los modos e interfaces aplicadas y protocolos, estos hallazgos reflejan que la VNI reduce significativamente la FR durante el ejercicio en comparación al ejercicio sin asistencia. Concluimos que de los modos aplicados en estos artículos no hay uno superior a otro para reducir la FR.^{30, 34, 35 41}

Algo similar ocurre en el estudio de Bianchi y cols. donde los participantes asistidos con PAV, PSV y CPAP presentaron una reducción de la FR la cual no fue significativa. Sin embargo, con los 3 modos tuvieron un aumento en el tiempo de resistencia en comparación al control. En el estudio de Porszasz y cols. cuando los pacientes usaron NIOV con oxígeno suplementario presentaron una FR más baja tanto durante el ejercicio como al finalizar el mismo, por lo que esta modalidad parece ser la mejor para reducir esta variable.^{32, 37}

En los estudios de Hawkins, Borghi Silva (2010) y Koch, luego de un programa de rehabilitación respiratoria, tanto los participantes asistidos como los controles, no presentan grandes diferencias en la frecuencia respiratoria evaluada en pruebas incrementales y de carga constante. A pesar de esto, como ya hemos mencionado, los grupos asistidos lograron caminar más metros en el estudio de Borghi Silva y cols. y tuvieron un tiempo de resistencia mayor como se observa en las otras dos investigaciones.^{14, 40, 43}

En el estudio de Chao y cols. luego del TM6m los participantes que utilizaron VNI con casco Helmet presentaron una FR más alta que los controles. En resumen, creemos que esta interfaz no es adecuada para utilizarla durante el ejercicio por el espacio muerto que presenta y la claustrofobia que puede generar en los sujetos. Estas condiciones impedirían que se obtenga la respuesta esperada, es decir, la disminución de la FR.³⁹

En lo que respecta a la capacidad inspiratoria, solo un estudio mostró diferencias significativas a favor del grupo asistido por VNI. Esto se observa en el estudio de Dennis y cols. donde este grupo tuvo un aumento en esta variable tanto durante como al final del

“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

ejercicio. Esta respuesta se vio cuando los pacientes utilizaron la VNI con un modo bilevel con una EPAP titulada y también cuando esta fue estandarizada. Este hallazgo nos hace pensar que el aumento de la capacidad inspiratoria se debe a una disminución en el volumen de aire atrapado, es decir, del volumen residual. En este estudio, además hay una mejor relación entre el volumen de aire inspirado y espirado durante el ejercicio en los sujetos que fueron asistidos con VNI, siendo este un punto importante que apoya la idea de que esta asistencia es útil para reducir la hiperinsuflación dinámica inducida por el ejercicio y por ende el atrapamiento aéreo.³⁰

Efectos de la VNI sobre el VO₂:

El VO₂ máximo se define como la cantidad más elevada de oxígeno que el organismo es capaz de absorber, transportar y consumir por unidad de tiempo, la cual coincide con la intensidad del ejercicio. Los hallazgos en esta variable son prometedores, ya que en algunos casos se observa una disminución durante el ejercicio cuando los participantes utilizaron VNI en comparación a cuando lo realizaron sin asistencia, y esto puede deberse a una descarga de los músculos respiratorios y un mejor aprovechamiento del aporte de O₂ por la distribución del flujo sanguíneo e inhibición del metaborreflejo simpático. También, luego de varios programas de rehabilitación los participantes alcanzan valores más altos de VO₂ en pruebas incrementales y de carga constantes, lo que demuestra que, a mediano y largo plazo entrenando con VNI, los sujetos generaron mayores adaptaciones fisiológicas que les permiten tener una mejor capacidad funcional, representado en un aumento de los METS.

Tal como mencionamos, en los estudios de Borghi Silva (2010), Fekete y Marrara, luego de un programa de entrenamiento los participantes que utilizaron VNI durante el ejercicio tuvieron un aumento de los valores de VO₂ cuando se sometieron a una prueba incremental en comparación a los valores iniciales. Si bien los controles luego del programa tuvieron una respuesta similar, el aumento en el VO₂ no fue tan marcado como en los sujetos que tuvieron asistencia ventilatoria. Esto quiere decir que si bien un programa de rehabilitación es útil para generar adaptaciones fisiológicas y mejoras funcionales en los pacientes con EPOC, la utilización de VNI durante el ejercicio potencia los efectos que este puede alcanzar.^{40, 46, 47}

Al finalizar el programa de rehabilitación, los participantes incluidos en el estudio de Labeix y cols. no tuvieron un aumento significativo en el pico de VO₂ evaluado en una prueba de resistencia en bicicleta, sin embargo sí presentaron un aumento en su carga de trabajo máxima en el cicloergómetro. Algo similar ocurre en los estudios de Hernandez y

“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

O'Donnell donde en las intervenciones los sujetos realizaron pruebas de resistencia con PAV y CPAP respectivamente, comparando los resultados con las mismas pruebas realizadas sin ninguna asistencia. En el momento que los controles terminaban la prueba, cuando utilizaron VNI tuvieron los mismos valores de VO₂ pero sin limitar la misma, por lo que tuvieron un aumento en el tiempo de resistencia. Esto sugiere que gracias a la asistencia ventilatoria, en las 3 investigaciones, los sujetos tuvieron un mejor aprovechamiento del O₂ disponible que les permitió realizar ejercicio durante más tiempo.^{34, 35, 51}

En el estudio de Dennis y cols. los participantes que realizaron ejercicio en bicicleta al 75% de su tasa de trabajo máximo con VNI y EPAP estándar o titulada mostraron una reducción significativa del VO₂, tanto durante el ejercicio como al finalizar el mismo, en comparación a cuando se entrenaron sin asistencia. Este hallazgo se debe a que, como ya mencionamos, el soporte ventilatorio genera una supresión del metaborreflejo, el cual genera vasoconstricción simpática en la musculatura periférica, haciendo que haya una disminución de la demanda metabólica de los músculos respiratorios por su descarga y una mayor distribución del flujo sanguíneo y suministro de oxígeno hacia los músculos locomotores.³⁰

En el estudio de Goulart (2021) se encontró que los participantes con EPOC e IC que fueron asistidos con VNI durante el ejercicio en bicicleta de alta intensidad experimentaron un incremento significativo del VO₂ máximo, superando la diferencia mínima clínica significativa. Si bien con anterioridad mencionamos que en el estudio de Dennis y cols. hubo una reducción de esta variable debido a un mejor aprovechamiento del oxígeno corporal por la descarga de los músculos respiratorios generada por la VNI, aquí el soporte provocó una mejora en la oxigenación cerebral, respiratoria y muscular periférica, secundaria a una mayor saturación de oxígeno. Algunos estudios han demostrado una redistribución del flujo sanguíneo desde los músculos periféricos a los respiratorios durante el ejercicio de alta intensidad, denominado "robo de flujo", en pacientes con EPOC o IC cuando no utilizan VNI. Por lo tanto, creemos que estos hallazgos positivos se deben al uso de asistencia ventilatoria, la cual además de descargar a los músculos respiratorios permite en estos pacientes un mejor vaciado ventricular, por disminución del retorno venoso, y una optimización de la contractilidad.^{30, 42}

Goulart y cols. en 2023 también incluyeron pacientes con EPOC e IC. Evaluaron el comportamiento del VO₂ en una única sesión y compararon los resultados cuando los participantes utilizaron asistencia ventilatoria efectiva, simulada y ninguna asistencia. Esta

“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

variable se midió a través de un ejercicio en bicicleta de alta intensidad, al 80%, observándose que cuando los sujetos utilizaron VNI tuvieron un pico mayor de VO₂ en comparación de cuando lo hicieron sin ninguna asistencia y utilizaron ventilación simulada. Durante el ejercicio de alta intensidad, los pacientes con EPOC e insuficiencia cardíaca, en el estudio de Mazzuco y cols., mostraron un menor consumo de oxígeno al utilizar VNI en comparación con la ventilación simulada sin una diferencia significativa. Sin embargo, la VNI aceleró la cinética de recuperación de VO₂ después de un ejercicio de alta intensidad.^{45, 49}

Myers y cols. informaron que cada aumento de 1 equivalente metabólico de trabajo (MET) en la capacidad cardiorrespiratoria hay una reducción del 12% en la mortalidad. Esto mismo se ve reflejado en el estudio de Marrara y cols. donde los participantes alcanzaron este aumento de VO₂ luego de un programa de rehabilitación cardiorrespiratoria. A pesar de que en los demás no se puede ver este aumento del consumo máximo de oxígeno luego de un programa, en todos los artículos evaluados los participantes asistidos obtuvieron mayores ganancias en comparación a los controles. Incluso en los estudios que evalúan las respuestas durante el ejercicio con o sin asistencia en únicas sesiones, la VNI permite alcanzar un rendimiento mayor en el ejercicio, por lo tanto valores de VO₂ más altos.^{46, 53}

Calidad de vida relacionada con la salud:

La calidad de vida relacionada con la salud de un paciente con EPOC puede estar francamente deteriorada independientemente del grado de obstrucción al flujo aéreo. Por lo tanto, uno de los principales determinantes de la CVRS es la tolerancia al ejercicio. Uno de los principales objetivos que persigue la rehabilitación respiratoria para con los pacientes EPOC, a partir de un abordaje individualizado, es la reducción de los síntomas y el incremento de la tolerancia al ejercicio para de esa manera mejorar la calidad de vida.^{9.}

10

Los estudios de Deniz, Borghi Silva (2010), Fekete y Marrara evaluaron la CVRS luego de un programa de rehabilitación a través de distintos cuestionarios, como el CAT, SRGQ, HAD, Índice BODE y SF - 36. En todas las investigaciones, los participantes que utilizaron VNI durante el ejercicio mostraron una mejoría en esta variable luego de la rehabilitación. Estos hallazgos demuestran que la VNI puede potenciar los efectos de un programa de rehabilitación respiratoria dado que los controles no evidenciaron una mejoría tan marcada.^{40, 46, 47, 48}

“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

Percepciones de los sujetos sobre la VNI:

Uno de los artículos incluidos no evaluaba las distintas variables que fuimos analizando a lo largo de esta investigación. El estudio de Dennis y cols. (2022) analizó la percepción que tenían los participantes a la hora de realizar ejercicio con la utilización de VNI. Esto parece importante, ya que refleja cómo se sienten los sujetos cuando son asistidos por esta herramienta durante el ejercicio, y esto a su vez es un factor relevante ya que permite ver la viabilidad de la intervención.⁴⁴

Una intervención que no se ajuste a la comodidad del paciente o que genere un desagrado implica que no pueda ser mantenida en el tiempo y por lo tanto el paciente no adhiera a la rehabilitación respiratoria.

En este estudio, antes de la aplicación de VNI los sujetos tuvieron una preferencia ligeramente mayor por el uso de O₂ suplementario para ayudar a la respiración. Las respuestas a la encuesta posterior a la VNI mostraron que la mayoría de los participantes estaban de acuerdo o muy de acuerdo en que la VNI les ayudaba a respirar más fácilmente durante el ejercicio y que no aumentaba la dificultad para respirar. A pesar de que la mitad de los participantes coincidieron en que la mascarilla VNI era incómoda, el 55% de los participantes estuvo de acuerdo o muy de acuerdo en que se sentirían seguros al usar la máscara. Antes de probar la VNI, ningún participante la seleccionó como su complemento preferido durante el ejercicio y después de probarla, 2 participantes que previamente eligieron O₂ suplementario y 3 participantes que no eligieron nada seleccionaron la VNI como su complemento preferido. Cuando se les pidió que seleccionen su prueba de resistencia preferida, la mayoría prefirió la prueba de esfuerzo con VNI (13 de 18 participantes). El beneficio del ventilador en términos de reducción de la dificultad para respirar fue informado por el 67% de los participantes, y 2 participantes también informaron que pudieron hacer más ejercicio con el apoyo de la VNI. Todos estuvieron de acuerdo en que la VNI podría ayudar a hacer ejercicio.⁴⁴

Efectos de la VNI sobre las variables secundarias:

En lo que respecta a las variables hemodinámicas (frecuencia cardíaca y presión arterial), en ninguna investigación los pacientes mostraron una respuesta anormal durante el ejercicio con VNI que sea motivo de suspensión de las pruebas.

Por otra parte, la evaluación de la saturación de oxígeno se llevó a cabo en 17 artículos, donde en 10 de ellos (60%) se observa que cuando los participantes realizaron ejercicio con VNI, ya sea incremental o constante, tuvieron aumentos significativos en esta

“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

variable. Concluimos que la VNI permitió a los sujetos no tener desaturación inducida por el ejercicio que junto a la descarga de los músculos respiratorios mejoró la oxigenación de los tejidos. A pesar de que no en todos los artículos se observaron estas mejoras, con valores de saturación similares entre los grupos, las mediciones más importantes son sobre el rendimiento que tuvieron los participantes, ya sea en la distancia total recorrida o en el tiempo de resistencia, resultados ya discutidos.^{20, 30, 31, 32, 33, 38, 41, 43, 46, 50}

En cuanto a la concentración plasmática de lactato, 7 estudios han analizado dicha variable. Si bien como mencionamos al principio de la discusión, los artículos son muy diferentes entre sí en lo que respecta a los modos de VNI, interfaces y protocolos aplicados, la mayoría de los autores son concluyentes que los pacientes que fueron asistidos con VNI durante el ejercicio experimentaron una reducción en la relación lactato/velocidad y que ante una misma carga de trabajo, en comparación a los participantes que no utilizaron este soporte, la concentración de este metabolito fue significativamente más baja. Estos hallazgos también se relacionan con lo mencionado anteriormente, donde discutimos que la VNI retardo la aparición de la fatiga durante el ejercicio, lo cual nos hace pensar que el mecanismo responsable de dicha mejoría es la optimización del oxígeno corporal ante la descarga de los músculos respiratorios.^{14, 34, 40, 42, 46, 48, 51}

Si bien son muy pocos los artículos que evaluaron la presión inspiratoria máxima (PiMax), hemos encontrado que tanto Denniz, Marrara, Borghi-Silva (2010) y Fekete lo hicieron luego de un programa de rehabilitación. Decidimos discutir los resultados de esta variable ya que como bien se sabe, el diafragma en los pacientes con EPOC, producto de la hiperinsuflación dinámica y el atrapamiento aéreo consecuente, presenta una disminución en la capacidad de generar presión efectiva. Esto sucede básicamente porque el aire atrapado coloca al músculo respiratorio en una porción ineficiente de su relación tensión-longitud, lo que provoca que desarrollen grandes esfuerzos inspiratorios inefectivos durante el ejercicio predisponiéndolos a fatiga. Por lo tanto, consideramos que es una variable a tener en cuenta porque refleja la fuerza máxima generada por esta musculatura, la cual en esta situación se encuentra completamente disminuida.^{40, 46, 47, 48}

Las primeras tres investigaciones son concluyentes en sus hallazgos, en donde los pacientes que fueron asistidos con VNI presentaron un aumento significativo de la PiMax luego de los programas a diferencia de los controles. Esto nos hace pensar que la VNI redujo el atrapamiento aéreo y colocó al diafragma en ventaja mecánica, lo cual se corresponde con aumentos en la capacidad inspiratoria como ya hemos discutido y

“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

además demuestra que los pacientes EPOC no tienen una debilidad adquirida sino que presentan un complejo biomecánico.^{40, 46, 47, 48}

VIII. CONCLUSIÓN.

Respondiendo a los objetivos planteados concluimos que la ventilación no invasiva, aplicada durante el ejercicio en pacientes EPOC, es eficaz para mejorar la tolerancia al ejercicio, la percepción de disnea, la función muscular y pulmonar. Estos resultados se reflejan en las distintas evaluaciones aplicadas durante pruebas incrementales, de resistencia y luego de los programas de rehabilitación respiratoria.

Esta herramienta demuestra ser útil para mejorar el rendimiento dentro de la rehabilitación cardiorrespiratoria de todos los pacientes con diagnóstico de EPOC, sin importar su severidad. Sin embargo para que esta herramienta dentro de un programa sea eficaz, el kinesiólogo, como personal a cargo, debe comprender ciertos aspectos técnicos que competen a su implementación. Como primer medida, debe permitir que el sujeto antes de utilizar la VNI se familiarice con esta y es aquí donde adquiere un rol importante, debe educar al paciente, asesorarlo con respecto a los modos ventilatorios y a la interfaz, sin dejar de lado el registro de síntomas como la disnea y la fatiga de miembros inferiores, para así saber cual es la respuesta del sujeto y establecer la configuración óptima del ventilador. Dentro del programa, el profesional debe monitorizar en todo momento al paciente, detectar fallas en el sistema, como fugas, asincronías entre el paciente-ventilador o una mala colocación de la interfaz y además reconocer- cuantificar los síntomas subjetivos para llevar un registro de la percepción del paciente y cómo estos evolucionan a lo largo del programa. El ejercicio, como bien se observó en las investigaciones, es el eje fundamental de la rehabilitación respiratoria donde el kinesiólogo debe contar con conocimientos básicos para así establecer frecuencia, duraciones, métodos e intensidades óptimas de la actividad que se llevará a cabo con el fin de que el sujeto adhiera al programa y pueda generar mayores adaptaciones fisiológicas para mejorar su calidad de vida relacionada con la salud.

En las investigaciones analizadas observamos que todos los modos ventilatorios fueron efectivos para obtener estos resultados, más allá de la heterogeneidad en las configuraciones y de que ninguno presentó efectos adversos. Sin embargo, los modos PSV y PAV son los que contaron con mejores resultados. A pesar de esto, como ya mencionamos, es importante la experiencia de los profesionales que se desempeñan en esta área y el confort del paciente, siendo este último un punto importante a tener en cuenta, ya que la mejor intervención es aquella que permita a los pacientes adherir a los

“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

programas de rehabilitación respiratoria. Esto debe tenerse en cuenta a la hora de elegir un método de entrenamiento, donde no hay uno superior sobre otro, siendo la adherencia el factor más importante. Aconsejamos que, por los resultados obtenidos, una mayor intensidad en el entrenamiento genera mayores adaptaciones fisiológicas mejorando el estado funcional de los pacientes.

Si bien todos los artículos analizados no evaluaron las probabilidades de desarrollar una exacerbación respiratoria o bien la mortalidad hospitalaria, concluimos que la VNI aplicada durante el ejercicio potencia los efectos ya conocidos que tienen los programas de rehabilitación y esto genera una mejora general del estado de salud del paciente con EPOC y por lo tanto, una mejor calidad de vida relacionada con la salud.

“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

1. González García, M. Prueba de ejercicio cardiopulmonar en la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC). *Revista Colombiana de Medicina Física y Rehabilitación*. 2010 [Cited 2024 Sep 27]; 20(2):50. Disponible en: <https://revistacmfr.org/index.php/rcmfr/article/view/24>
2. Vogelmeier CF, Criner GJ, Martínez FJ, Anzueto A, Barnes PJ, Bourbeau J, Celli BR, Cheng R, Decramer M, Fabbri LM, Frith P, Halpin DMG, López Varela MV, Nishimura M, Roche N, Rodríguez-Roisin R, Sin DD, Singh D, Stockley R, Vestbo J, Wedzicha JA, Agustí A. Informe 2017 de la Iniciativa Global para el Diagnóstico, Tratamiento y Prevención de la Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica: *Resumen Ejecutivo de GOLD. Archivos de Bronconeumología*. 2017 [Cited 2024 Sep 27]; 53(3):129-130. <http://dx.doi.org/10.1016/j.arbres.2017.02.001>
3. Vinaccia, S., Quiceno, J. Calidad de vida relacionada con la salud y factores psicológicos: un estudio desde la enfermedad pulmonar obstructiva crónica-EPOC. *Terapia psicológica*. 2011 [Cited 2024 Sep 27]; 29(1): 66-67. Doi: 10.4067/S0718-48082011000100007
4. Gené R.J., Giugno, E.R., Abate, E.H., Figueroa-Casas, J.C., Mazzei, J.A., Schiavi, E.A. *Nuevo consenso argentino de la enfermedad pulmonar obstructiva crónica. Medicina (Buenos Aires)*. 2003 [Cited 2024 Sep 27]; 63(5):435. Disponible en <https://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0025-76802003000500012&lng=es&nrm=iso>. accedido en 27 sept. 2024.
5. Vestbo, J., Hurd, S., Agustí, A., Jones, P., Vogelmeier, C., Anzueto, A., Barnes, P., Fabbri, L., Martinez, F., Nishimura, M., Stockley, R., Sin, D., Rodriguez-Roisin, R. Global Strategy for the Diagnosis, Management, and Prevention of Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*. 2013 [Cited 2024 Sep 27]; 187 (4): 347-65. Doi: 10.1164/rccm.201204-0596pp pág. 11 y 13
6. García, M. G. Prueba de ejercicio cardiopulmonar en la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC). *Revista Colombiana de Medicina Física y*

“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

Rehabilitación. 2010 [Cited 2024 Sep 27]; 20(2): 49-50. DOI: <http://dx.doi.org/10.28957/rcmfr>

7. Almagro, P., Rodríguez-Carballeira, M., Chang, K. T., Romani, V., Estrada, C., Barreiro, B., Heredia, J., Mascaró, J. Hospitalizaciones por EPOC en el paciente anciano. *Revista Española de Geriatria y Gerontología*. 2009 [Cited 2024 Sep 27]; 44(2): 74. Doi: 10.1016/j.regg.2008.07.001
8. Rabinovich, R. A., Vilaró, J., Roca, J. Evaluación de la tolerancia al ejercicio en pacientes con EPOC. Prueba de marcha de 6 minutos. *Archivos de Bronconeumología*. 2004 [Cited 2024 Sep 27]; 40(2): 80. Doi: 10.1016/S0300-2896(04)75477-0
9. García, F., Cuenca, M., Olavarrieta, J. Ansiedad y depresión en la EPOC. *Rev Clin Esp*. 2007 [Cited 2024 Sep 27]; 207 (1): 53. Disponible en: <https://www.fesemi.org/sites/default/files/documentos/publicaciones/10-comorbilidad-epoc-ansiedad-depresion.pdf>
10. Sivori, M., Almeida, M., Benzo, R., Boim, C., Brassesco, M., Callejas, O., Caparelli, I., Conti, E., Diaz, M., Draghi, J., Franco, J., Gando, S., Giuliano, G., Guida, R., Jolly, E., Pessolano, F., Rabinovich, R., Ratto, P., Rhodius, E., Saadia, M., Salvado, A., Sobrino E., Victorio, C. . Nuevo consenso argentino de rehabilitación respiratoria: Actualización 2008. 2008 [Cited 2024 Sep 27]; 68(4): 325. Disponible en: https://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0025-76802008000400014&lng=es.
11. García, M. G. Prueba de ejercicio cardiopulmonar en la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC). *Revista Colombiana de Medicina Física y Rehabilitación*. 2010 [Cited 2024 Sep 27]; 20(2): 49-50. DOI: <http://dx.doi.org/10.28957/rcmfr>
12. Bartolomé R; Claudia G. Coté; José M. Marín, MD, Casanova, C; Montes de Oca, M; Reina A. Méndez; Pinto Plata, V; Howard J. Cabral, Ph.D. Índice de masa corporal, obstrucción del flujo aéreo, disnea y capacidad de ejercicio en la enfermedad pulmonar obstructiva crónica. *The New England Journal of Medicine*. 2004 [Cited 2024 Sep 27]; 350:1005-1012 DOI: 10.1056/NEJMoa021322

“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

13. J.J. Cruz Rueda, A. Fulgencio Delgado, G. Sáez Roca. Valoración del paciente con disnea, Escalas de medición. [Cited 2024 Sep 27]. Disponible en: https://www.neumosur.net/files/publicaciones/ebook/21-DISNEA-Neumologia-3_ed.pdf
14. Hawkins P, Johnson LC, Nikoietou D, Hamnegård CH, Sherwood R, Polkey MI, Moxham J. La ventilación asistida proporcional como ayuda para el entrenamiento físico en la enfermedad pulmonar obstructiva crónica grave. *Tórax*. 2002 [Cited 2024 Sep 27]; 57(10):853-859. doi.org/10.1136/tórax.57.10.853
15. Barreiro, E., Gea, J., Marín, J. *Músculos respiratorios, tolerancia al ejercicio y entrenamiento muscular en la EPOC*. *Archivos de Bronconeumología*. 2007 [Cited 2024 Sep 27]; 43, 18–20. doi:10.1016/s0300-2896(07)71181-x
16. Marín D, K., Laude P, R., Morales D, C. (2008). *Entrenamiento físico y educación como parte de la rehabilitación pulmonar en pacientes con EPOC*. *Revista Chilena de Enfermedades Respiratorias*. 2008 [Cited 2024 Sep 27]; 24(4), 287 doi:10.4067/s0717-73482008000400003
17. García, J. R. S., De la Torre León, T. Hiperinflación dinámica. VENTILACIÓN MECÁNICA. 2013 [Cited 2024 Sep 27]. 212-213. ISBN 978–607–8337–11–8
18. Ambrosino, N. Strambi, S. Nuevas estrategias para mejorar la tolerancia al ejercicio en la enfermedad pulmonar obstructiva crónica. *European Respiratory Journal*. 2004 [Cited 2024 Sep 27]; 24 (2): 313-322; DOI:10.1183/09031936.04.00002904
19. Van 't Hul, A., Kwakkel, G., Gosselink, R. The Acute Effects of Noninvasive Ventilatory Support During Exercise on Exercise Endurance and Dyspnea in Patients With Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *Journal of Cardiopulmonary Rehabilitation*. 2002 [Cited 2024 Sep 27]; 22(4):290-291. DOI: 10.1097/00008483-200207000-00013.
20. Dreher, M., Storre, JH., Windisch, W. Ventilación no invasiva durante la marcha en pacientes con EPOC grave: un ensayo cruzado aleatorizado. *European Respiratory Journal*. 2007 [Cited 2024 Sep 27]; 29 (5): 930. DOI: 10.1183/09031936.00075806.

“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

21. García Castillo, E., Chicot Llano, M., Rodríguez Serrano, D. A., Zamora García, E. Ventilación mecánica no invasiva e invasiva. *Medicine - Programa de Formación Médica Continuada Acreditado*. 2014 [Cited 2024 Sep 27]; 11(63): 3759–3761. doi:10.1016/s0304-5412(14)70840-6
22. Martínez Fraga, A., Sívori, M., Delgadillo, S., Bustamante, L., Saenz, C.. La Ventilación No Invasiva mejora los resultados en las pruebas de ejercicio en pacientes con Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica. *Revista americana de medicina respiratoria*. 2011 [Cited 2024 Sep 27]; 3: 126. Disponible en: https://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1852-236X2011000300005&lng=es.
23. Maldonado Gómez, D., Salgado Tovar, C. E., Montoya May, F., Isaza Londoño, D. Enfisema, Bronquitis y Asma. *Acta Médica Colombiana*. 1982 [Cited 2024 Sep 27]; 7(5):312-314. Disponible en: <https://www.actamedicacolombiana.com/ojs/index.php/actamed/article/view/3403>
24. García Río, F. Importancia del atrapamiento aéreo en la EPOC. *Archivos de Bronconeumología*. 2005 [Cited 2024 Sep 27]; 41(3):1-8. DOI: 10.1016/S0210-5705(09)71003-9
25. Rodríguez, I., Zenteno, D. Ventilación no invasiva como coadyuvante al ejercicio en pacientes con enfermedad respiratoria crónica: efectos fisiológicos e implicancia clínica. *Neumonología Pediátrica*. 2014 [Cited 2024 Sep 27]; 9 (1): 11-16. Disponible en: [275715335_Ventilacion_no_invasiva_como_coadyuvante_al_ejercicio_en_pacientes_con_enfermedad_respiratoria_cronica_efectos_fisiologicos_e_implicancia_clinica](https://doi.org/10.1016/j.neu.2014.01.001)
26. Ambrosino, N. y Xie, L. El uso de ventilación no invasiva durante el entrenamiento físico en pacientes con EPOC. *Journal of Chronic Obstructive Pulmonary Disease*. 2017 [Cited 2024 Sep 27]; 14(4): 1-3. DOI: 10.1080/15412555.2017.1298582.
27. Ambrosino, N. La ventilación asistida como ayuda al entrenamiento físico: ¿un dopaje mecánico?. *European Respiratory Journal*. 2006 [Cited 2024 Sep 27]; 27(11): 3-4. DOI: 10.1183/09031936.06.00122805

“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

28. Ferrero, G. Modos ventilatorios en ventilación no invasiva. *Revista Chilena de Enfermedades Respiratorias*. 2008 [Cited 2024 Sep 27]; 24(3): 240-250. Disponible en:http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-73482008000300012&lng=es. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-73482008000300012>.
29. Sociedad Torácica Americana, la Sociedad Respiratoria Europea, la Sociedad Europea de Medicina de Cuidados Intensivos y la Société de Réanimation de Langue Française, y aprobado por la Junta Directiva de la ATS. Conferencias de consenso internacional en medicina de cuidados intensivos: ventilación con presión positiva no invasiva en la insuficiencia respiratoria aguda. *Revista estadounidense de medicina respiratoria y de cuidados intensivos*. 2001 [Cited 2024 Sep 27]; 163(1):286-287. DOI: <https://doi.org/10.1164/ajrccm.163.1.ats1000>.
30. Dennis, C., Menadue, C., Schneeberger, T., Leitzl, D., Schoenheit-Kenn, U., Hoyos, C., Alison, H., Barnes, D., Koczulla, R., Kenn, K., Alison, J. Bilevel noninvasive ventilation during exercise reduces dynamic hyperinflation and improves cycle endurance time in severe to very severe COPD. *Chest*. 2021 [Cited 2024 Sep 27]; 160(3). doi:10.1016/j.chest.2021.06.050.
31. Goulart, C., Caruso, F., Garcia de Araújo, A., Tinoco Arêas, G., Garcia de Moura, S., Catai A., Borghi-Silva, A. Non-invasive ventilation improves exercise tolerance and peripheral vascular function after high-intensity exercise in COPD-HF patients. *Respir Med*. 2020 [Cited 2024 Sep 27]; 173:106173. doi:10.1016/j.rmed.2020.106173.
32. Porszasz, J., Cao, R., Morishige, R., van Eykern, L., Stenzler, A., & Casaburi, R. Physiologic Effects of an Ambulatory Ventilation System in Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*. 2013 [Cited 2024 Sep 27]; 188(3):334 – 342. doi:10.1164/rccm.201210-1773oc
33. Gloeckl, R., Andrianopoulos, V., Stegemann, A., Oversohl, J., Schneeberger, T., Schoenheit-Kenn, U., Hitzl, W., Dreher, M., Koczulla, R., Kenn, K. High-pressure non-invasive ventilation during exercise in COPD patients with chronic hypercapnic respiratory failure: A randomized, controlled, cross-over trial. *Respirology*. 2018 [Cited 2024 Sep 27]; 24 (3): 254 - 261. doi:10.1111/resp.13399

“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

34. Hernandez, P., Maltais, F., Gursahaney, A., Leblanc, P., Gottfried, S. Proportional Assist Ventilation May Improve Exercise Performance in Severe Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *Journal of Cardiopulmonary Rehabilitation*. 2001 [Cited 2024 Sep 27]; 21(3), 135–142. doi:10.1097/00008483-200105000-00003
35. O'Donnell, D., Sani, R., Younes, M. (1988). Improvement in Exercise Endurance in Patients with Chronic Airflow Limitation Using Continuous Positive Airway Pressure. *American Review of Respiratory Disease*. 1988 [Cited 2024 Sep 27]; 138(6): 1510–1514. doi:10.1164/ajrccm/138.6.1510
36. Keilty, S., Ponte, J., Fleming, TA y Moxham, J. Effect of inspiratory pressure support on exercise tolerance and breathlessness in patients with severe stable chronic obstructive pulmonary disease. *Thorax*. 1994 [Cited 2024 Sep 27]; 49(10): 990–994. doi:10.1136/thx.49.10.990
37. Bianchi, L., Foglio, K., Pagani, M., Vitacca, M., Rossi, A. y Ambrosino, N. Effects of proportional assist ventilation on exercise tolerance in COPD patients with chronic hypercapnia. *European Respiratory Journal*. 1998 [Cited 2024 Sep 27]; 11(2): 422–427. doi:10.1183/09031936.98.11020422
38. Menadue, C., Alison, J., Piper, A., Flunt, D., Ellis, E. Bilevel ventilation during exercise in acute on chronic respiratory failure: A preliminary study. *Respiratory Medicine*. 2010 [Cited 2024 Sep 27]; 104(2): 219–227. doi:10.1016/j.rmed.2009.08.01
39. Chao, K., Liu, W., Nassef, Y., Lai, P., Wang, J. A pilot crossover trial assessing the exercise performance patients chronic obstructive pulmonary disease. *Scientific reports*. 2022 [Cited 2024 Sep 27]; 12(1):4158. doi: 10.1038/s41598-022-07698-z.
40. Borghi-Silva, A., Mendes, R., Toledo, A., Malosá Sampaio, L., da Silva, T., Kunikushita, L., Dutra de Souza, H., Salvini, T., Costa, D. Adjuncts to physical training of patients with severe COPD: oxygen or noninvasive ventilation?. *Respiratory care*. 2010 [Cited 2024 Sep 27]; 55(7), 885–894. disponible en: <https://rc.rcjournal.com/content/55/7/885>

“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

41. Koopman, M., Spruit, M., Franssen, F., Delbressine, J., Wouters, E., Mathew, D., Vick, A., Vanfleteren, L. Effects of non - invasive ventilation combined with oxygen supplementation on exercise performance in COPD patients with static lung hyperinflation and exercise - induced oxygen desaturation: a single blind, randomized cross - over trial. *Journal of Clinical Medicine*. 2019 [Cited 2024 Sep 27]; 8(11): doi:10.3390/jcm8112012
42. Goulart, C., Caruso, F., García de Araújo, A., García de Moura, S., Cataí, A., Agostoni, P., Mendes, R., Ross-Arena, M., Borghi-Silva, A. Can non-invasive ventilation modulate cerebral, respiratory, and peripheral muscle oxygenation during high-intensity exercise in patients with COPD - HF? *Frontiers in Cardiovascular Medicine*. 2021 [Cited 2024 Sep 27]; 8:772650. doi:10.3389/fcvm.2021.772650.
43. Koch, R., Augusto, T., Ramos, A., Müller, P. (2020). Inspiratory muscle training potentiates the beneficial effects of proportional assisted ventilation on exertional dyspnea and exercise tolerance in COPD: a proof-of-concept randomized and controlled trial. *EPOC: Journal of Chronic Obstructive Pulmonary Disease*. 2020 [Cited 2024 Sep 27]; 17(4): 1–8. doi:10.1080/15412555.2020.1789085
44. Dennis, C., Menadue, C., Schneeberger, T., Leidl, D., Schoenheit-Kenn, U., Harmer, A., Barnes, D., Koczulla, A., Kenn, K., Alison, J. Perceptions of noninvasive ventilation during exercise in noninvasive ventilation-naïve patients with COPD. *Respir Care*. 2022 [Cited 2024 Sep 27]; 67(5):543-52. doi: 10.4187/respcare.09657.
45. Goulart, C., Caruso, F., Garcia de Araújo, A., Garcia de Moura, S., Catai, A., Batista Dos Santos, P., Kabbach, É., Arena, R., Mendes, R., Borghi-Silva, A. (2023). The Effect of Adding Noninvasive Ventilation to High-Intensity Exercise on Peripheral and Respiratory Muscle Oxygenation. *Respiratory care*. 2023 [Cited 2024 Sep 27]; 68(3): 320–329. <https://doi.org/10.4187/respcare.10315>
46. Marrara, K., Di Lorenzo, V., Jaenisch, R., Cabiddu, R., Sato, T., Mendes, R., Oliveira, C., Costa, D., Borghi-Silva, A. Noninvasive ventilation as an important adjunct to an exercise training program in subjects with moderate to severe COPD. *Respiratory Care*. 2018 [Cited 2024 Sep 27]; 63(11): 1388-1398. doi: 10.4187/respcare.05763.

“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

47. Fekete M, Kerti M, Fazekas-Pongor V, Balazs P, Csizmadia Z, Nemeth AN, Tarantini S, Varga JT. Effect of interval training with non-invasive ventilation in severe chronic obstructive pulmonary disease: a prospective cohort study with matched control group. *Annals of Palliative Medicine*. 2021 [Cited 2024 Sep 27]; 10(5):5289-5298. doi: 10.21037/apm-21-378.
48. Deniz, S., Tuncel, Ş., Gürgün, A., Elmas, F. Adding Non-Invasive Positive Pressure Ventilation to Supplemental Oxygen During Exercise Training in Severe Chronic Obstructive Pulmonary Disease: A Randomized Controlled Study. *Thoracic research and practice*. 2023 [Cited 2024 Sep 27]; 24(5): 262–269. doi: 10.5152/ThoracResPract.2023.23040
49. Mazzuco, A., Souza, A., Goulart, C., Medeiros, W., Sperandio, P., Alencar, M. C., Arbex, F., Neder, J., Arena, R., Borghi-Silva, A. Noninvasive Ventilation Accelerates Oxygen Uptake Recovery Kinetics in Patients With Combined Heart Failure and Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *Journal of cardiopulmonary rehabilitation and prevention*. 2020 [Cited 2024 Sep 27]; 40(6): 414–420. doi: 10.1097/HCR.0000000000000499
50. Borghi-Silva, A., Di Thommazo, L., Pantoni, C., Mendes, R., Salvini, T., Costa, D. Non-invasive ventilation improves peripheral oxygen saturation and reduces fatigability of quadriceps in patients with COPD. *Respirology*. 2009 [Cited 2024 Sep 27]; 14(4): 537-544. doi: 10.1111/j.1440-1843.2009.01515.x.
51. Labeix, P., Court Fortune, I., Muti, D., Berger, M., Chomette-Ballereau, S., Barthelemy, J., Féasson, L., Costes, F. The effect of a pressure ventilatory support on quadriceps endurance is maintained after exercise training in severe COPD patients. A longitudinal randomized, cross over study. *Frontiers in physiology*. 2022 [Cited 2024 Sep 27]; 13: 1055023. doi: 10.3389/fphys.2022.1055023
52. Camillo, C., Langer, D., Osadnik, C., Pancini, L., Demeyer, H., Burtin, C., Gosselink, R., Decramer, M., Janssens, W., Troosters, T. (2016). Survival after pulmonary rehabilitation in patients with COPD: impact of functional exercise capacity and its changes. *International journal of chronic obstructive pulmonary disease*. 2016 [Cited 2024 Sep 27]; 11: 2671–2679. doi: 10.2147/COPD.S113450

“Eficacia de la ventilación mecánica no invasiva durante el ejercicio en la rehabilitación respiratoria de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica.”

53. Myers, J., Prakash, M., Froelicher, V., Do, D., Partington, S. y Atwood, J. Exercise capacity and mortality among men referred for exercise testing. *New England Journal of Medicine*. 2002 [Cited 2024 Sep 27]; 346(11): 793-801. doi:10.1056/nejmoa011858