

ARTÍCULO DE REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

**Reeducación de la mecánica ventilatoria con el uso del espirómetro postextubación en
pacientes post COVID-19**

*Ventilatory mechanics reeducation with the use of the post-extubation spirometer in post-
COVID-19 patients*

Enrique Gary Jimenez Vignola¹

Laura Elizabeth Echeverría Villarroel²

Mauricio Cabrera Ponce³

1. Docente tiempo completo de la Carrera de Fisioterapia y Kinesiología. Universidad del Valle. Sede Cochabamba, Especialidad en Terapia Intensiva Adulto.

ejimenezv@univalle.edu; <https://orcid.org/0000-0003-3651-2481>

2. Estudiante de la Carrera de Fisioterapia. Universidad Privada del Valle. Sede Cochabamba.

laura.elizabeth.villarroel@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0001-6397-6498>

3. Director de la carrera de Fisioterapia y Kinesiología. Universidad del Valle. Sede Cochabamba. mcabrerap@univalle.edu; <https://orcid.org/0000-0002-1350-8685>

RESUMEN

El nuevo coronavirus es una enfermedad infecciosa causada por el virus SARS-Cov-2, que tiene consecuencias negativas por sus complicaciones. Entre las más frecuentes está el Síndrome de distrés agudo, que presenta una hipoxemia leve que lleva a una intubación. Es por eso por lo que se llevó la investigación sobre la aplicación del espirómetro, y así disminuir el efecto postextubación y mejorar las distensibilidades pulmonares, que es el efecto más común tras la extubación en pacientes post COVID-19. Mediante la aplicación del espirómetro se demuestra, al menos bibliográficamente, un óptimo resultado, aumentando la capacidad pulmonar y disminuyendo las secuelas a largo plazo.

Se describe y plantea la reeducación de la mecánica ventilatoria con el uso del espirómetro, al ser un instrumento que potencia la ventilación colateral, lo cual logra disminuir los efectos adversos tras la extubación, como ser: la disnea prolongada, hipoxia leve y complicaciones estructurales en el parénquima pulmonar en pacientes post COVID-19, reduciendo las secuelas a largo plazo.

Palabras Clave: COVID-19. Espirómetro. Extubación. Mecánica ventilatoria.

ABSTRACT

The new coronavirus is an infectious disease caused by the SARS-COV-2, which has negative complications. Among the most frequent is the acute distress syndrome, which presents a mild hypoxemia that leads to intubation. That is why research was carried out on the application of the spirometer, and thus decrease the post-extubation effect and improve lung compliance, which is the most common effect after extubation in post-COVID-19 patients. By applying the spirometer, at least according to literature, an optimal result is demonstrated, increasing lung capacity, and reducing long-term sequelae.

The reeducation of ventilator mechanics with the use of the spirometer is described and proposed, as it is an instrument that enhances collateral ventilation, which manages to reduce adverse effects after extubation, such as: prolonged dyspnea, mild hypoxia, and structural complications in the lung parenchyma in post-COVID-19 patients, reducing long-term sequelae.

Keywords: COVID-19. Extubation. Spirometer. Ventilatory mechanics.

INTRODUCCIÓN

La COVID-19 o el virus SARS-CoV-2 es una enfermedad definida por la Organización Mundial de la Salud como una “enfermedad infecciosa” (OMS), que se caracteriza porque sus “síntomas más habituales son la fiebre, la tos seca y el cansancio”, teniendo además un

alto nivel de contagio. Muchos son los impactos que ha generado esta enfermedad en el ámbito de la salud, la sociedad y la economía (1).

Bolivia fue el último país en Latinoamérica en sumarse a las listas de las naciones de América Latina en registrar los primeros casos del virus (2) SARS-Cov2 (COVID-19). El mes de marzo del 2020 significó para el país el inicio de una batalla por la vida que aún sigue en proceso. Es así como el equipo de salud en su conjunto ha desarrollado procedimientos de intervención para todas las fases que presente el paciente (Fase I, Estadio II, Estadio III). El trabajo del fisioterapeuta-kinesiólogo en el paciente COVID-19 determina disminuir complicaciones respiratorias inmediatas al alta o durante la permanencia en la UCI.

De acuerdo con lo documentado hasta la fecha, se conoce que 40% de los casos de COVID-19 desarrolla síntomas leves (fiebre, tos, disnea, mialgia o artralgia, odinofagia, fatiga, diarrea y cefalea); 40% presenta síntomas moderados (neumonía); 15% desarrolla manifestaciones clínicas graves (neumonía severa) que requieren soporte de oxígeno, y 5% desarrolla un cuadro clínico crítico, presentando una o más de las siguientes complicaciones: insuficiencia respiratoria, síndrome de dificultad respiratoria aguda (SDRA), sepsis y choque séptico, tromboembolismo y alteraciones de la coagulación, y/o falla multiorgánica, incluyendo insuficiencia renal aguda, insuficiencia hepática, insuficiencia cardiaca, shock cardiogénico, miocarditis, accidente cerebrovascular, entre otros. También se han documentado complicaciones atribuidas a los procedimientos invasivos o no invasivos, realizados durante el manejo clínico del caso (3) (4) (5).

Durante la evolución y desarrollo de la enfermedad se identificó que el tratamiento farmacológico no fue exitoso en una parte de la población afectada observándose la presencia de Neumonía, Edema Pulmonar y *Distrés* Respiratorio siendo enfermedades específicas, cuyas características distintivas son hipoxemia severa, a menudo asociada con una distensibilidad del sistema respiratorio casi normal (6) (7) (8).

Con relación a las complicaciones postextubación, la incidencia de estridor varía, oscilando entre el 1,5 y el 26,3%, mientras que las tasas de edema laríngeo se encuentran entre el 5 y el 54,4%, explicable por la falta de criterios diagnósticos claros para esta situación (9) (10).

Las tasas de reintubación en pacientes críticos en general son del 18 al 69% por estridor y del 15% por edema laríngeo. Dichas complicaciones pueden predecirse con bastante certeza mediante el empleo de la prueba de fuga (Cuff Leak Test). Revisiones sistemáticas y guías de práctica clínica lo avalan. Recomendaciones actuales sugieren el empleo de esteroides cuando la prueba de la fuga es positiva (10).

Tradicionalmente, el paciente crítico permanecía en reposo durante la fase aguda de la enfermedad. Un análisis binacional multicéntrico corrobora esta afirmación, ya que en dicho estudio el 84% de los individuos no se movilizaban en el periodo de tiempo esgrimido. Ciertos cambios de paradigma y culturales se acercan en lo que se refiere a la movilización temprana de los pacientes crítico. A la luz de la evidencia disponible, esta táctica terapéutica innovadora es segura y posible si se efectúa bajo programas controlados y multidisciplinarios. Un metaanálisis reciente evidenció que la implementación de procesos de movilización precoz disminuye la estancia en VM, los días de hospitalización y la mortalidad al año, con mejoría del estatus funcional (10) (11).

Las principales complicaciones documentadas con la COVID-19, además de las relacionadas con el aparato respiratorio, son las neurológicas, incluyendo delirio o encefalopatía, accidente cerebrovascular, meningoencefalitis, alteración de los sentidos del olfato (anosmia) y el gusto (disgeusia), ansiedad, depresión y problemas del sueño. En muchos casos, las manifestaciones neurológicas se han reportado incluso en ausencia de síntomas respiratorios. También hay reportes de casos de síndrome de Guillain Barré en pacientes con COVID-19 (12) (13).

DESARROLLO

1. COVID - 19

El 31 de diciembre de 2019, la Comisión Municipal de Salud y Sanidad de Wuhan (provincia de Hubei, China) informó sobre un grupo de 27 casos de neumonía de etiología desconocida, con una exposición común a un mercado mayorista de marisco, pescado y animales vivos en la ciudad de Wuhan, incluyendo siete casos graves. El inicio de los síntomas del primer caso fue el 8 de diciembre de 2019. El 7 de enero de 2020, las autoridades chinas identificaron como agente causante del brote un nuevo tipo de virus de la familia *Coronaviridae* que, posteriormente, ha sido denominado SARS-CoV-2, cuya secuencia genética fue compartida por las autoridades chinas el 12 de enero (14).

Los coronavirus son una familia de virus que causan infección en los seres humanos y en una variedad de animales, incluyendo aves y mamíferos como camellos, gatos y murciélagos. Se trata de una enfermedad zoonótica, lo que significa que pueden transmitirse de los animales al humano.

Los coronavirus que afectan al ser humano (HCoV) pueden producir cuadros clínicos que van desde el resfriado común con patrón estacional en invierno, hasta otros más graves como los producidos por los virus del Síndrome Respiratorio Agudo Grave (por sus siglas en inglés, SARS) y del Síndrome Respiratorio de Oriente Próximo (MERS-CoV).

2. Mecanismo de transmisión humano-humano

La vía de transmisión entre humanos se considera similar a la descrita para otros coronavirus a través de las secreciones de personas infectadas, principalmente, por contacto directo con gotas respiratorias de más de 5 micras (capaces de transmitirse a distancias de hasta 2 metros) y las manos o los fómites contaminados con estas secreciones seguido del contacto con la mucosa de la boca, nariz u ojos. El SARS-CoV-2 se ha detectado en secreciones nasofaríngeas, incluyendo la saliva (14).

3. Duración de la enfermedad

El tiempo medio desde el inicio de los síntomas hasta la recuperación es de 2 semanas cuando la enfermedad ha sido leve y 3-6 semanas cuando ha sido grave o crítica. 9 síntomas hasta la instauración de síntomas graves como la hipoxemia son de 1 semana, y de 2-8 semanas hasta que se produce el fallecimiento. Hay un porcentaje de personas que describen síntomas prolongados y recurrentes, durante meses, aunque de momento no hay cohortes de casos que describan claramente la evolución de la enfermedad (14).

4. Sintomatología

En el informe de la misión de la OMS en China se describen los síntomas y signos más frecuentes 55.924 casos confirmados por laboratorio, que incluyen: fiebre con una prevalencia de 37 a 38, tos seca sin presentar secreciones, astenia dificultad para realizar tareas, expectoración, disnea dificultad respiratoria, dolor de garganta, cefalea, mialgia o artralgia, escalofríos, náuseas o vómitos, congestión nasal, diarrea, hemoptisis y congestión conjuntival (14).

5. Complicaciones

También se han descrito otros síntomas relacionados con distintos órganos y sistemas:

- **Neurológicos:** en un estudio con 214 pacientes ingresados en un hospital de Wuhan, el 36% tenían síntomas neurológicos: mareo, alteración del nivel de conciencia, accidente cerebrovascular, ataxia, epilepsia y neuralgia. También se han descritos casos de síndrome de Guillain-Barré.
- **Cardiológicos:** la enfermedad puede presentarse con síntomas relacionados en el fallo cardíaco o el daño miocárdico agudo, incluso en ausencia de fiebre y síntomas respiratorios.
- **Hematológico:** se describen mayor incidencia de fenómenos trombóticos asociados a los casos de COVID-19, que se manifiestan como infarto cerebral, isquemia cardíaca, muerte súbita, embolismos, trombosis venosa profunda. También se observa una mayor incidencia de sangrados (14).

Las complicaciones descritas asociadas a COVID-19 son las siguientes:

- **Cardiacas:** arritmias, lesión cardíaca aguda, shock, cardiomiopatía.
- **Tromboembólicas:** trombo embolismo pulmonar, accidente cerebro vascular.
- **Respuesta inflamatoria excesiva:** parecido a síndrome de liberación de citoquinas con fiebre persistente, elevación de marcadores inflamatorios y citoquinas proinflamatorias.
- **Síndrome de Guillain-Barré:** a los 5-10 días del inicio de los síntomas. En niños se ha descrito un síndrome inflamatorio multisistémico similar a la enfermedad de Kawasaki y un síndrome de shock tóxico.
- **Síndrome de *distrés* respiratorio agudo (SDRA):** es la complicación más grave que comienza tras el inicio de la disnea. En los casos graves y críticos, la duración desde el inicio de la enfermedad hasta presentar disnea es de 5 días, para precisar hospitalización 7 días y desde el inicio de la enfermedad hasta presentar SDRA 8 días, donde la insuficiencia orgánica múltiple, sepsis y shock séptico, reconociéndose la gravedad, cuando hay saturación de oxígeno menor a 90%, frecuencia respiratoria mayor de 30 rpm y $PaO_2/FiO_2 \leq 100$ mmHg obliga a que el paciente requiera de ventilación mecánica que permita mejorar el estado de oxigenación (14) (15) (16) (17) (18).

El SDRA se presenta con hipoxemia grave, infiltrados pulmonares bilaterales en la radiografía de tórax y gran caída de la distensibilidad o *compliance* pulmonar, que se expresa como requerimiento de altas presiones de insuflación durante la ventilación mecánica. La característica histopatológica del SDRA es el daño alveolar difuso, cuyos elementos son las membranas hialinas, edema, y necrosis de células alveolares y endoteliales. En estadios más avanzados se produce depósito de colágeno, proliferación de células tipo II y fibrosis organizada en los casos más graves. El SDRA constituye una causa de admisión frecuente a la Unidad de Cuidados Intensivos (UCI) y en los pacientes ventilados: 8 y 18%. Donde se altera el intercambio gaseoso produciéndose hipoxemia severa, que sumado a la disminución

de la distensibilidad y capacidad pulmonar residual como consecuencia de la lesión inflamatoria (19) (20) (18).

La intubación orotraqueal para el inicio de ventilación mecánica en el paciente COVID-19 es un proceso de alto riesgo de contagio, por tanto, la Organización Mundial de la Salud OMS sugiere la intubación e inducción de secuencia rápida (SIR) es apropiada después de una evaluación de la vía aérea que no identifica signos de intubación difícil (21).

6. Extubación

La extubación es un acto deliberado y planificado por el equipo de salud, por lo que éste debe elegir el momento más apropiado para efectuarla, considerando varios factores:

- **Estado de conciencia:** Es preferible la extubación vigil, donde el paciente obedezca órdenes, tenga reflejos conservados y con la menor concentración posible de halogenados o de Propofol, lo que retarda la extubación y aumenta el riesgo de aspiración o de hipoventilación.
- **Reversión neuromuscular:** Aquellos pacientes que requirieron relajantes neuromusculares, deben ser monitorizados con estimulador de nervio periférico y asegurar una relación T_4/T_1 mayor a 90% al término de la cirugía (22). Actualmente, se dispone de Sugammadex, que asegura una reversión completa y en escasos minutos, a diferencia de la neostigmina, que tiene efectos colaterales y puede afectar el músculo glossofaríngeo y diafragma, lo que podría traducirse en una menor capacidad ventilatoria en el despertar. Se ha demostrado que la curarización residual (que puede tener una incidencia de un 20-40%) aumenta la frecuencia de complicaciones respiratorias como hipoventilación, obstrucción respiratoria, reintubación y aspiración de contenido gástrico (23) (24).
- **Analgesia:** Una buena analgesia regional permite un despertar más tranquilo, disminuir los opiáceos sistémicos y una mejor mecánica respiratoria. El uso de Remifentanilo hasta el momento de la extubación, en concentraciones de TCI de 1,5 a 2 $\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$, ha logrado mejorar la calidad del despertar, disminuyendo

considerablemente la tos y el laringoespasma, junto a una mayor estabilidad cardiovascular (24).

- **Optimización ventilatoria:** El reclutamiento alveolar seguido de PEEP, disminuye la incidencia de atelectasias, en especial en pacientes de riesgo como el obeso mórbido. El uso de CPAP nasal evita el colapso de la vía aérea superior en pacientes con apnea del sueño. En estos casos también se recomienda una extubación con el paciente en posición semisentada. Los pacientes con patología bronquial secretora se favorecen de una prolija aspiración de secreciones previo a la extubación (24).
- **Otros:** Un adecuado control metabólico, hemodinámico y térmico, facilitan el proceso de despertar.

7. Clasificación

Con fines didácticos, la extubación difícil puede subdividirse arbitrariamente en tres grupos según patología de base:

- **Pacientes que presentan vía aérea difícil en la inducción anestésica:**
En estos pacientes pueden presentar problemas en la extubación especialmente aquellos que son difíciles de ventilar, con apnea obstructiva, edema de laringe de cualquier etiología, tumores orofaríngeos o laríngeos, abscesos maxilofaciales y de cuello como lo es la Angina de Ludwig. En todos estos pacientes debemos tomar las medidas necesarias para evitar las complicaciones del despertar (24).
- **Pacientes con vía aérea normal en la inducción, pero que sufren modificaciones en el transcurso de la cirugía:**
 - *De origen anestésico:* Múltiple intento de intubación puede provocar trauma en la vía aérea, destacando la subluxación de aritenoides, edema laríngeo o subglótico, *flap* de mucosa traqueal, ruptura traqueal, enfisema subcutáneo, pneumotórax, etc. También se ha descrito parálisis de cuerdas vocales (incluso bilateral) con el uso de máscaras laríngeas reutilizables, especialmente cuando se ha empleado óxido nitroso, que permea el *cuff* provocando altas presiones en su interior.

- ***De origen quirúrgico:*** Clásicamente, la cirugía de columna cervical, endarterectomía carotídea, tiroidectomía, disección radical de cuello y la cirugía máxilo-facial son las que originan mayor tasa de morbilidad relacionada al manejo de la vía aérea (24).
- ***Numerosas patologías médicas pueden dificultar la extubación o generar una reintubación:*** Destaca el compromiso neurológico central dado por un accidente vascular encefálico perioperatorio o bien el agravamiento de éste, enfermedades neuro-musculares como la ***miastenia gravis*** o encefalopatía tóxico-metabólica. Descompensaciones del sistema cardiovascular, como insuficiencia cardíaca o isquemia miocárdica con edema pulmonar, atelectasias, distrés respiratorio, broncoespasmo, dificultando la desconexión al ventilador y la extubación pueden hacer necesaria una intubación prolongada en UCI (24) (25) (26).

La extubación es un proceso complejo donde intervienen múltiples variables tanto de la vía aérea como de la mecánica respiratoria, estados de conciencia, cardiovasculares, metabólicos, efecto residual de drogas anestésicas, etc. Cualesquiera de estas variables pueden por si sola afectar el éxito de la extubación convirtiendo el postoperatorio en un período de máxima vulnerabilidad

Por otro lado, las complicaciones pueden ocurrir en la sala de recuperación o lejos de ella y en forma inesperada, por lo que en términos relativos es el momento de mayor riesgo perioperatorio, superando en frecuencia e importancia a los problemas de la inducción anestésica. Algunas, por su gravedad, requerirán reintubación (en condiciones adversas) agregando mayor morbilidad. La incidencia de reintubación en la población general es menor a 0,2%, pero en cirugías maxilofaciales o de columna cervical puede ser tan alta como un 10 a 15% (27) (24).

Un estudio a pacientes de cuidados intensivos, publicado en Nursing Critical Care, coincide en que el delirio, relacionado con la intubación o ventilación, puede afectar hasta 80% de los pacientes de UCI y aumenta su estadía en el hospital, así como los costos. Al ser un trastorno médico grave se debe abordar de inmediato, además del impacto social, incluido el aislamiento social, el impacto psicológico de una nueva enfermedad grave y potencialmente mortal, el estigma, y la preocupación sobre infectar a otros. (28)

8. Espirometría

La espirometría es una prueba fundamental en la evaluación funcional respiratoria. Esta prueba es utilizada frecuentemente en la práctica clínica y en estudios de poblaciones. Entre los diversos índices derivados de una espiración forzada, el VEF1 y la CVF son los más usados debido a su buena reproducibilidad, facilidad de su medición, y su grado de correlación con la etapa de la enfermedad, condición funcional, morbilidad y mortalidad. Considerando la importancia de aplicar procedimientos estandarizados para realizar espirometrías (29).

9. Fundamento fisiológico

• Mecánica ventilatoria

Para describir la mecánica del sistema respiratorio dos de los modelos utilizados son:

- Modelo resistivo-elástico
- Modelo viscoelástico

En ambos modelos se plantea al pulmón y a la caja torácica como un recipiente hecho de un material deformable por presión, que exhibe un comportamiento elástico y que opone una resistencia al flujo de gas por el mismo.

Cabe destacar que se para este análisis del sistema respiratorio, se toma la aproximación de que este contiene una mezcla saturada de gases ideales que experimentan cambios de estado (presión y volumen) bajo un proceso isotérmico.

Los componentes utilizados para el modelado mecánico son: el resorte (o elastancia) y el amortiguador, los cuales representan a la distensibilidad pulmonar y a la resistencia respiratoria respectivamente.

- **Componente resistivo:**

La resistencia respiratoria se debe a la fricción que ejerce el flujo de gas (aire) sobre los tejidos, y se compone de la resistencia del tejido pulmonar más la resistencia de las vías respiratorias, donde éstas últimas son las que aportan la mayor parte, en general de un 80% de la resistencia total.

La resistencia en las vías respiratorias se determina a partir de la Ley de Poiseuille, que es directamente proporcional a la viscosidad del gas (η) y a la longitud de las vías aéreas (l) e inversamente proporcional a la cuarta potencia del radio (r^4).

La resistencia se expresa en $\text{cmH}_2\text{O}/\text{l}/\text{seg}$. De dicha relación entre el flujo y la resistencia se observa que la presión resistiva depende linealmente del flujo y que al no existir éste la presión resistiva se vuelve nula.

- **Componente elástico:**

El tejido pulmonar presenta una distensibilidad o complacencia (C), que es la que determina la facilidad con la cual el pulmón puede distenderse o contraerse para permitir la entrada o salida del aire durante la inspiración o espiración respectivamente. Por lo tanto, es un factor importante en cuanto al funcionamiento del proceso de la respiración.

El rango en que generalmente se encuentra el valor de esta distensibilidad es entre 200–240 $\text{ml}/\text{cmH}_2\text{O}$.

En ocasiones, para estudiar el comportamiento del modelo utilizado, es conveniente realizar una analogía entre el sistema respiratorio y un sistema eléctrico. En dicha

analogía, la corriente eléctrica representa el flujo de aire, el voltaje a la presión, el capacitor a la distensibilidad y la resistencia a la resistencia respiratoria (30).

- **Ventilación colateral**

En este mecanismo compensatorio, se producen distintos tipos de comunicación entre estructuras del sistema respiratorio. Uno de ellos se produce entre alvéolos, los cuales a través de espacios entre las paredes alveolares cuya medida va entre 3 a 13 μm de diámetro, conforman los llamados Poros de Kohn. Otro tipo de comunicación es la que se establece entre bronquiolos con un diámetro de 120 μm , los Canales de Martin. Por último, se describen canales entre bronquiolos y alvéolos de 30 μm de diámetro, llamados Canales de Lambert, para la visualización de estas estructuras, es necesario la utilización de un microscopio debido a su pequeño tamaño (31).

El tratamiento donde el principal objetivo es la expansión del pulmón derecho; para ello se utilizan técnicas de reclutamiento alveolar a través de la ventilación colateral interalveolar (poros de Kohn), alveolobronquial (canal de Lambert) e interbronquial (Martin). Donde se plantea el ejercicio a débito respiratorio controlado donde el paciente provoca su recuperación mediante los dispositivos de espiración incentiva o volumétrica controlada por el fisioterapeuta (32).

10. Indicaciones de la Espirometría

Las principales indicaciones de la espirometría se resumen a continuación.

- **Diagnósticas:**

- Evaluación de síntomas, signos o exámenes de laboratorio relacionados con patología respiratoria.
- Valoración del impacto de enfermedades respiratorias o extra-respiratorias sobre la función pulmonar.
- Detección de individuos con riesgo de deteriorar su función pulmonar (v. gr.: fumadores).
- Evaluación de riesgo quirúrgico.

- De control
 - Control de enfermedades que afectan la función pulmonar.
 - Control de pacientes expuestos a agentes nocivos para el sistema respiratorio.
 - Control de reacciones adversas a drogas con toxicidad pulmonar.
 - Evaluación de la respuesta frente a intervenciones terapéuticas.
 - Evaluación de pacientes con patología respiratoria en programas de rehabilitación.
 - Laborales y de incapacidad:
 - Evaluación de los efectos de exposición ambiental u ocupacional.
 - Evaluación del pronóstico de patologías respiratorias.
 - Valoración del estado funcional respiratorio para evaluaciones laborales.
 - Valoración del estado funcional respiratorio para evaluaciones de seguros.
- **Epidemiológicas**
 - Evaluaciones epidemiológicas.
 - Derivación de ecuaciones de referencia.
 - Investigación clínico-epidemiológica.

11. Contraindicaciones

- **Relativas:**
 - Falta de comprensión o colaboración con el examen.
 - Dolor torácico sin causa precisada.
 - Cirugía torácica reciente.
 - Aneurisma aórtico no complicado.
 - Aneurisma cerebral no complicado.
 - Hemoptisis reciente.
- **Absolutas:**
 - Síndrome coronario agudo o Infarto de miocardio menor a 1 mes.
 - Neumotórax reciente (1 mes).
 - Aneurisma aórtico complicado.

- Aneurisma cerebral complicado.
- Desprendimiento de retina reciente (1 mes).
- Síndrome de hipertensión endocraneana.

12. Recomendaciones al paciente previo al examen

- No debe estar en ayunas; si se realiza en la tarde, ingerir almuerzo liviano.
- No haber realizado ejercicio vigoroso (al menos 30 minutos antes).
- No fumar al menos en la hora previa.
- Suspender el tratamiento broncodilatador, excepto que se indique lo contrario en la orden, en cuyo caso deberá quedar registrado su uso.
- Tiempo de suspensión del broncodilatador según el medicamento usado:
 - b-2 adrenérgicos y anticolinérgicos por vía inhalatoria de acción corta: 8 h.
 - b-2 adrenérgicos por vía inhalatoria de acción prolongada: 12 h.
 - Anticolinérgicos de acción larga: 24 h.
 - Teofilinas de acción prolongada: 24 h.
- No suspender corticoides.

13. Técnica

Consideraciones sobre higiene y control de infecciones. Se recomienda:

- **Operador:**
 - Deberá lavarse las manos antes y después de atender a cada paciente.
- **Material:**
 - Cambiar la boquilla al terminar el examen de cada paciente.
- Desinfectar, esterilizar o descartar después de cada uso: boquillas, pinzas nasales, cualquier instrumento que se ponga en contacto con la mucosa de la nariz o la boca.
- **Uso de un filtro desechable en:**
 - pacientes con una enfermedad infecciosa transmisible
 - pacientes en riesgo de adquirir infecciones por alteraciones de la inmunidad
 - hemorragias pequeñas o lesiones de la mucosa bucal.

Nota: Idealmente debería usarse filtro en todos los pacientes para evitar riesgos no detectados previamente.

- **Preparación del paciente**

El paciente debe estar sentado y relajado, al menos unos 5 a 10 minutos antes de la prueba. Durante este período se debe realizar una breve historia clínica, indagar sobre diagnóstico, motivo del estudio, medicación usada, enfermedades infecciosas (TBC, VIH, hepatitis), evaluando la posibilidad de contraindicaciones.

Se deberá explicar y demostrar al paciente la técnica adecuada del procedimiento que va a realizarse y cómo deberá colaborar. Se deberá registrar:

- Nombre completo
- Tipo y dosis de broncodilatadores usados en las últimas 8 horas.
- Fecha de nacimiento, edad y sexo.
- Peso expresado en kg y medido en una báscula adecuada sin zapatos y con ropa ligera.
- Estatura medida sin zapatos con la espalda erguida, la cabeza y la espalda apoyadas en la cinta de medir adherida a la pared, para mayor exactitud en la medición se puede aplicar una escuadra en la zona cefálica más alta. En sujetos con marcada cifoescoliosis u otra deformidad torácica o en pacientes que no puedan ponerse de pie, se puede estimar la talla con la medición de la envergadura (distancia máxima entre el extremo de los dedos medios de ambas manos, con las extremidades superiores extendidas al máximo en cruz).

- **Ejecución del examen**

El paciente debe estar bien sentado en una silla cómoda, con brazos, con el respaldo vertical, con la espalda erguida mirando al frente y sin cruzar las piernas.

- **Procedimientos**

- **Capacidad vital lenta**

- Se realizará en forma optativa cuando esté expresamente solicitada por el médico tratante o por el jefe del laboratorio de función pulmonar.

- Esta maniobra permite medir además de la capacidad vital lenta, las subdivisiones de ésta, en especial, la capacidad inspiratoria.
 - Colocación de boquilla (indeformable) en el interior de la boca, con los labios alrededor, sin interponer la lengua.
 - Oclusión de la nariz con una pinza nasal.
 - Respiración tranquila por la boca a volumen corriente durante no más de 5 ciclos.
 - Desde el nivel de fin de espiración tranquila hasta capacidad pulmonar total: el paciente deberá realizar una inhalación rápida, pero no forzada ("debe llenarse completamente de aire").
 - Después de una pausa de 1 a 2 segundos, deberá exhalar todo el aire hasta el fin del examen (se puede estimular con expresiones como "siga, siga").
 - Activación de la función de término del examen por parte del operador, al alcanzarse los criterios de fin del examen.
 - Desconexión del sujeto de la boquilla y retiro de la pinza nasal.
- Capacidad vital forzada
 - Esta maniobra permite medir volúmenes en el tiempo.
 - capacidad vital forzada (CVF)
 - volumen espiratorio forzado en el primer segundo (VEF₁)
 - relación VEF₁/CVF.

La maniobra de espiración forzada tiene 3 fases:

- **Inspiración máxima**
 - Exhalación a máxima fuerza y velocidad.
 - Exhalación continuada, completa, hasta el final del examen.

Si se requiere una curva flujo/volumen volver a hacer una inspiración máxima forzada, ya que se imprime la curva inspiratoria realizada después de la curva espiratoria.

- **Procedimiento**
 - Conexión del paciente a la boquilla del espirómetro.

- Oclusión de la nariz con una pinza nasal.
- Respiración a volumen corriente (no más de 5 ciclos).
- Inhalación rápida y completa desde el nivel de fin de espiración tranquila hasta capacidad pulmonar total (CPT).
- Después de una pausa menor de 1 a 2 segundos, iniciar exhalación forzada, con la máxima rapidez, por al menos 6 segundos sin detenerse, hasta alcanzar los criterios de fin de espiración.
- Nueva inhalación a la máxima velocidad llegando a CPT (sólo si se requiere analizar la curva Flujo/Volumen).
- Desconexión del sujeto de la boquilla y retiro de la pinza nasal.
- **Criterios de fin de espiración**
 - Flujos espiratorios muy bajos después de una espiración de al menos 6 segundos en adultos y niños mayores de 10 años. En niños menores de 10 años bastaría con una espiración de al menos 3 segundos.
 - Haber alcanzado el *plateau* (meseta) en la curva volumen- tiempo o final asintótico en la curva flujo-volumen. Cambios menores a 0,025 L durante al menos 1 segundo.
 - El sujeto no tolera seguir espirando. (29)
- **Proceso de intervención**
 - **Posición del paciente:** posición sedente a 45 grados.
 - **Posición del terapeuta:** posición ipsilateral a lado más afectado.
 - **Material:** Espirómetro, boquillas intercambiables.
 - **Ejecución:** realiza la conexión del paciente a la boquilla del espirómetro. Realizará una inspiración y una espiración forzadas lo cual subirá las esferas se mantiene por 5 segundos.
 - **Repeticiones:** se realizará durante 5 ciclos con pausa de 1 minuto de acuerdo con la evolución de paciente se puede aumentar los ciclos de trabajo llegando a 10 ciclos máximo.
 - **Cuidados:** Tener en cuenta si el paciente refiere intolerancia o fatiga a dicha técnica. Si no hay evolución en 5 días suspender la terapia.

CONCLUSIONES

Con la revisión bibliográfica se identificó que se produce la reducción de la mecánica ventilatoria y las modificaciones del sistema respiratorio que fue ocasionado por el COVID-19 se ve afectado los pulmones, bronquios, alveolos, como también la capacidad respiratoria, y según las fuentes de investigación la alteración más común es síndrome de *distrés* respiratorio presentando un cuadro clínico de hipoxemia, así como con el uso del espirómetro mediante la activación de la ventilación colateral, lo cual activa diversos alveolos y así existe mayor perfusión de oxígeno y a la vez eliminación de dióxido de carbono. De esta manera disminuir los efectos adversos tras la extubación en pacientes post COVID-19.

La reeducación de la mecánica ventilatoria con el uso del espirómetro consigue activar la *compliance* dinámica, que aumenta las capacidades ventilatorias potenciando la ventilación colateral de esta manera disminuye los efectos adversos tras la extubación y reducir las secuelas a largo plazo provocadas por el COVID-19.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Ponce Lino, L. L., Muñoz Tóala, S. J., Mastarreno Cedeño, M. P., & Villacreses Holguín, G. A.. Secuelas que enfrentan los pacientes que superan el COVID 19. *RECIMUNDO*, 2020; 4(3); 153-162. [https://doi.org/10.26820/recimundo/4.\(3\).julio.2020.153-162](https://doi.org/10.26820/recimundo/4.(3).julio.2020.153-162)
2. News B. BBC. [Online].; 2020 [cited 2020 Agosto lunes. Available from: <https://www.bbc.com/mundo/noticias-america-latina-51829030>.
3. Potere, N., Valeriani, E., Candeloro, M. et al. Acute complications and mortality in hospitalized patients with coronavirus disease 2019: a systematic review and meta-analysis. *Crit Care*, 2020; 24, 389. <https://doi.org/10.1186/s13054-020-03022-1>
4. Lim, M. A., Pranata, R., Huang, I., Yonas, E., Soeroto, A. Y., & Supriyadi, R. Multiorgan Failure With Emphasis on Acute Kidney Injury and Severity of COVID-19: Systematic Review and Meta-Analysis. *Canadian journal of kidney health and disease*, 2022; 7, 2054358120938573. <https://doi.org/10.1177/2054358120938573>
5. Varatharaj, A., Thomas, N., Ellul, M. A., Davies, N., Pollak, T. A., Tenorio, E. L., Sultan, M., Easton, A., Breen, G., Zandi, M., Coles, J. P., Manji, H., Al-Shahi Salman, R., Menon, D. K., Nicholson, T. R., Benjamin, L. A., Carson, A., Smith, C., Turner, M. R., Solomon, T., ... CoroNerve Study Group. Neurological and neuropsychiatric

- complications of COVID-19 in 153 patients: a UK-wide surveillance study. *The Lancet. Psychiatry*, 2020, 7(10), 875–882. [https://doi.org/10.1016/S2215-0366\(20\)30287-X](https://doi.org/10.1016/S2215-0366(20)30287-X)
6. Mo, P., Xing, Y., Xiao, Y., Deng, L., Zhao, Q., Wang, H., Xiong, Y., Cheng, Z., Gao, S., Liang, K., Luo, M., Chen, T., Song, S., Ma, Z., Chen, X., Zheng, R., Cao, Q., Wang, F., & Zhang, Y. Clinical characteristics of refractory COVID-19 pneumonia in Wuhan, China. *Clinical infectious diseases : an official publication of the Infectious Diseases Society of America*, 2020, ciaa270. Advance online publication. <https://doi.org/10.1093/cid/ciaa270>
7. Zhu, N., Zhang, D., Wang, W., Li, X., Yang, B., Song, J., Zhao, X., Huang, B., Shi, W., Lu, R., Niu, P., Zhan, F., Ma, X., Wang, D., Xu, W., Wu, G., Gao, G. F., Tan, W., & China Novel Coronavirus Investigating and Research Team A Novel Coronavirus from Patients with Pneumonia in China, 2019. *The New England journal of medicine*, 2020, 382(8), 727–733. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa2001017>
8. Gattinoni, L., Chiumello, D., Caironi, P., Busana, M., Romitti, F., Brazzi, L., & Camporota, L. COVID-19 pneumonia: different respiratory treatments for different phenotypes?. *Intensive care medicine*, 2020. 46(6), 1099–1102. <https://doi.org/10.1007/s00134-020-06033-2>
9. Wittekamp, B. H., van Mook, W. N., Tjan, D. H., Zwaveling, J. H., & Bergmans, D. C. Clinical review: post-extubation laryngeal edema and extubation failure in critically ill adult patients. *Critical care (London, England)*, 2009, 13(6), 233. <https://doi.org/10.1186/cc8142>
10. Jibaja M., Sufan J.L. & D.A. Godoy. Controversias en la retirada de la ventilación mecánica y extubación en el paciente neurocrítico. *medicina intensiva*. 2018; 42(9): p. 551 - 555. <https://doi.org/10.1016/j.medin.2018.04.006>
11. Dunn, H., Quinn, L., Corbridge, S. J., Eldeirawi, K., Kapella, M., & Collins, E. G. Mobilization of prolonged mechanical ventilation patients: An integrative review. *Heart & lung : the journal of critical care*, 2017, 46(4), 221–233. <https://doi.org/10.1016/j.hrtlng.2017.04.033>
12. Whittaker, A., Anson, M., & Harky, A. Neurological Manifestations of COVID-19: A systematic review and current update. *Acta neurologica Scandinavica*, 2020, 142(1), 14–22. <https://doi.org/10.1111/ane.13266>
13. Wang, L., Shen, Y., Li, M., Chuang, H., Ye, Y., Zhao, H., & Wang, H. Clinical manifestations and evidence of neurological involvement in 2019 novel coronavirus SARS-CoV-2: a systematic review and meta-analysis. *Journal of neurology*, 2020; 267(10), 2777–2789. <https://doi.org/10.1007/s00415-020-09974-2>
14. Perez Abereu MR, Gomez Tejeda JJ, Dieguez Guach RA. Características clínico-epidemiológicas de la COVID-19. *Rev haban cienc méd [Internet]*. 2020 [citado 30 Jun

2021];, 19(2):[aprox. 0 p.]. Disponible en:

<http://www.revhabanera.sld.cu/index.php/rhab/article/view/3254>

15. Chica-Meza C. Peña-López L.A., Villamarín-Guerrero H.F., Moreno-Collazos J.E. Rodríguez-Corredor L.C., Lozano W.M., Vargas-Ordoñez M.P. Cuidado respiratorio en COVID-19. *Acta Colombiana de Cuidado Intensivo*. 2020; 20(2): 108-117. <https://doi.org/10.1016/j.acci.2020.04.001>
16. Gómez C, Peñuelas O, Lujan M, Santaolalla C, Masa J, García J. Recomendaciones de consenso respecto al soporte respiratorio no invasivo en el paciente adulto con insuficiencia respiratoria aguda secundaria a infección por SARS-CoV-2.. *Archivos de Bronconeumología*. 2020; 2(56). <https://doi.org/10.1016/j.arbres.2020.03.005>
17. Enríquez M, Fernández M, Fontan G. Consejo General de Enfermería. [Online].; 2020 [cited 2021 mayo 3] Disponible en: <https://www.consejogeneralenfermeria.org/images/coronavirus/documentos/GUIA%20DE%20ACTUACIO%CC%81N%20ENFERMERA%20FRENTE%20AL%20COVID.pdf>.
18. Morales, L.F., & Bermúdez, M.Z. Guía de cuidados de enfermería para el decúbito prono en Síndrome de Distress Respiratorio Agudo asociado a COVID-19: Revisión Integrativa. *Revista Médica de Costa Rica* 2020; 85 (629): 58-67. Disponible en: <http://www.revistamedicacr.com/index.php/rmcr/article/viewFile/293/270>
19. Estensoro E. & Dubin A.. *Medicina buenos aires*. [Online].; 2016 [cited 2021 mayo 5]. Available from: www.medicinabuenosaires.com/PMID/27576283.pdf.
20. Lovesio C. *Medicina Intensiva*. Sexta ed. Rosario: Corpus; 2008. Disponible en: <https://enfermeriabuenosaires.com/wp-content/uploads/2021/05/Medicina-Intensiva-Lovesio-6-ed.pdf>
21. World Health Organization. World Health Organization. [Online].; 2020 [cited 2021 abril 29]. Available from: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/332196/WHO-2019-nCoV-clinical-2020.5-eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
22. Murphy, G. S., & Brull, S. J.. Residual neuromuscular block: lessons unlearned. Part I: definitions, incidence, and adverse physiologic effects of residual neuromuscular block. *Anesthesia and analgesia*, 2010; 111(1), 120–128. <https://doi.org/10.1213/ANE.0b013e3181da832d>
23. Herbstreit F., Peters J. & Eikermann M. Increased Airway Collapsibility and Blunted Genioglossus Muscle Activity in Response to Negative Pharyngeal Pressure. *Anesthesiology* 2009; 110:1253–1260 doi: <https://doi.org/10.1097/ALN.0b013e31819faa71>

24. Gazabatt S F. . Extubacion dificil. Revista Chilena de Anestesiologia. 2010; 39(2): 167 - 173. Disponible en: <https://revistachilenadeanestesia.cl/PII/revchilanestv39n2.12.pdf>
25. Sevim T. Risk factors for permanent laryngeal nerve paralysis in patients with thyroid carcinoma. Clinical otolaryngology : official journal of ENT-UK ; official journal of Netherlands Society for Oto-Rhino-Laryngology & Cervico-Facial Surgery, 2007; 32(5), 378–383. <https://doi.org/10.1111/j.1749-4486.2007.01536.x>
26. Shen, W. T., Kebebew, E., Duh, Q. Y., & Clark, O. H. Predictors of airway complications after thyroidectomy for substernal goiter. Archives of surgery (Chicago, Ill. : 1960), 2004; 139(6), 656–660. <https://doi.org/10.1001/archsurg.139.6.656>
27. Krodel, D. J., Bittner, E. A., Abdulnour, R., Brown, R., & Eikermann, M. Case scenario: acute postoperative negative pressure pulmonary edema. Anesthesiology, 2010; 113(1), 200–207. <https://doi.org/10.1097/ALN.0b013e3181e32e68>
28. El Hospital. [Online].; 2020 [cited 2021 enero 23. Available from: <https://www.elhospital.com/temas/Pacientes-con-COVID-19-atendidos-en-UCI-pueden-tener-complicaciones-a-largo-plazo+134697>.
29. Gutiérrez C. Mónica, Beroiza W. Teresa, Borzone T. Gisella, Caviedes S. Iván, Céspedes G. Juan, Gutiérrez N. Mónica et al . Espirometría: Manual de procedimientos. SERChile. Rev. chil. enferm. respir. [Internet]. 2018 Sep [citado 2021 Jun 30] ; 34(3) : 171-188. Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-73482018000300171&lng=es. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-73482018000300171>.
30. Addiego M.. Modelo Viscoelástico de la Mecánica Respiratoria. 2016. Disponible en: <http://www.nib.fmed.edu.uy/Seminario%202006/Trabajos%20estudiantes%202006/Adiego,%20Matias.pdf>
31. Conei Daniel, Rojas Mariana. Factores de Crecimiento Incluidos en Terminología Embryologica : Análisis Crítico. Int. J. Morphol. [Internet]. 2018 Jun [citado 2021 Jun 30] ; 36(2) : 500-506. Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-95022018000200500&lng=es. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-95022018000200500>.
32. Ruiz Rabadán M.E., Pareja Plaza P., Ruiz Rabadán M.S. & García Alberti M.. Recuperación funcional tras neumotorax retidos, tratamiento de fisioterapia respiratoria. Apuntes de Ciencia - Boletín Científico HGU CR. 2016; 2: 45-48. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/3838887.pdf>
33. Jimenez Vignola Enrique Gary. ficha de evaluacion Kinesico - respiratoria. 2020.
34. Asenjo D.A. & A. Pinto R. Características anátomo-funcional del aparato respiratorio durante la infancia. REV. MED. CLIN. CONDES - 2017; 28(1) 7-19. Disponible en :

<https://www.elsevier.es/es-revista-revista-medica-clinica-las-condes-202-pdf-S0716864017300020>

35. Isono S. Obstructive sleep apnea of obese adults: pathophysiology and perioperative airway management. *Anesthesiology*, 2009;110(4), 908–921.
<https://doi.org/10.1097/ALN.0b013e31819c74be>
36. Delmas H. Anatomía humana. Masson Paris : Masson; 2005.
37. Hall Guy. Tratado de fisiología. Medica Italia : 13 ; 2016.
38. Lim, M. A., Pranata, R., Huang, I., Yonas, E., Soeroto, A. Y., & Supriyadi, R. Multiorgan Failure With Emphasis on Acute Kidney Injury and Severity of COVID-19: Systematic Review and Meta-Analysis. *Canadian journal of kidney health and disease*, 2020; 7, 2054358120938573. <https://doi.org/10.1177/2054358120938573>

Fuentes de financiamiento: Esta investigación fue financiada con fondos de la autora.

Declaración de conflicto de intereses: La autora declara que no tiene ningún conflicto de interés.

Copyright (c) 2021 Enrique Gary Jimenez Vignola; Laura Elizabeth Echeverría Villarroel;

Mauricio Cabrea Ponce



Este texto está protegido por una licencia [Creative Commons 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Usted es libre para Compartir —copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato— y Adaptar el documento —remezclar, transformar y crear a partir del material— para cualquier propósito, incluso para fines comerciales, siempre que cumpla la condición de:

Atribución: Usted debe dar crédito a la obra original de manera adecuada, proporcionar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que tiene el apoyo del licenciante o lo recibe por el uso que hace de la obra.

[Resumen de licencia - Texto completo de la licencia](#)