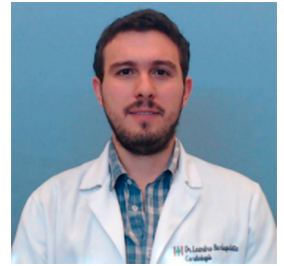


## Dr. Leandro Ezequiel Barbagelata<sup>®</sup>

Médico Cardiólogo

Ex Jefe de residentes del Servicio de Cardiología  
Becario de Perfeccionamiento en Cardiología Ambulatoria  
Hospital Italiano de Buenos Aires. Buenos Aires, Argentina.  
Miembro Adherente, Sociedad Argentina de Cardiología



### ¿CUÁL ES LA UTILIDAD DE LA PRUEBA CARDIOPULMONAR DEL EJERCICIO EN PACIENTES CON SÍNDROME POS-COVID-19?

La prueba de ejercicio cardiopulmonar (PECP), también conocida como “ergometría con consumo de oxígeno”, es un estudio funcional no invasivo que integra información proveniente de los sistemas cardiovascular, respiratorio, metabólico y muscular. La realización de una PECP con medición directa del consumo de oxígeno tiene características comunes a la ergometría convencional y otras que la distinguen. Comparte con esta última la preparación previa del paciente a la prueba, (ayuno, vestimenta, manejo de la medicación), sus contraindicaciones, los ergómetros y los protocolos de trabajo. La recolección de los gases ventilatorios en forma directa, la técnica de realización de la prueba y sus indicaciones la distinguen de la ergometría convencional. En consecuencia, en comparación con la ergometría convencional, el valor agregado que brinda este estudio es que permite identificar diversos parámetros puestos en marcha durante el ejercicio como por ejemplo el consumo de oxígeno ( $\text{VO}_2$ ), el consumo pico de oxígeno ( $\text{VO}_2$  pico), la producción de dióxido de carbono ( $\text{VCO}_2$ ), el pulso de oxígeno, la pendiente de eficiencia de extracción de oxígeno (OUES), el umbral anaeróbico (UA), la ventilación (VE) y la pendiente ventilatoria ( $\text{VE}/\text{VCO}_2$ ), entre otros.

Dichos parámetros se analizan a través de una turbina presente en la máscara facial sujeta al paciente y posteriormente se procesan mediante un *software* específico del equipo. Otros datos registrados durante el estudio son la tensión arterial, la saturación periférica de oxígeno y la monitorización continua de la actividad eléctrica cardíaca. Entre los parámetros cardiovasculares registrados se encuentra el  $\text{VO}_2$ , el cual indica el volumen de  $\text{O}_2$  extraído del aire en cada respiración en un período de tiempo determinado ( $\text{mL}/\text{min}$ ) que dependerá del peso, altura,

edad, sexo, nivel de entrenamiento y etnia del paciente. La medición del  $\text{VO}_2$  máximo refleja el aporte de oxígeno por el sistema respiratorio, su transporte por el sistema cardiovascular y su utilización por la célula muscular durante un esfuerzo máximo. Las enfermedades que involucran al sistema cardiovascular, el aparato respiratorio o el musculoesquelético afectarán el rendimiento durante una prueba de esfuerzo y el valor de consumo máximo de oxígeno. Otros parámetros son el  $\text{VCO}_2$ , que identifica el volumen de  $\text{CO}_2$  exhalado ( $\text{mL}/\text{min}$ ) en cada respiración proveniente del consumo metabólico de  $\text{O}_2$  (metabolismo aeróbico); el pulso de oxígeno, que surge de la relación entre el  $\text{VO}_2$  y la frecuencia cardíaca y nos brinda información estimativa del volumen sistólico del paciente, y el OUES, proveniente de la relación entre  $\text{VO}_2$  y la transformación logarítmica de la VE, que es un índice de reserva cardiopulmonar y adaptación al ejercicio que nos expresa el requerimiento ventilatorio para un  $\text{VO}_2$  determinado y nos permite evaluar el acople cardiovascular y respiratorio.

Como parámetros metabólicos contamos con el UA, punto en el cual el paciente logra alcanzar un nivel de ejercicio de tal intensidad que genera un cambio del metabolismo aeróbico al anaeróbico, con la consecuente producción y elevación de ácido láctico, a la vez que la ventilación se intensifica de manera desproporcionada con respecto al consumo de oxígeno. El valor al cual se alcanza el UA dependerá de la capacidad funcional del paciente y de su nivel de entrenamiento.

Por último, en cuanto a los parámetros respiratorios, encontramos la VE, a través de la cual es posible cuantificar la respiración y registrar el volumen de aire que ingresa en los pulmones y egresa de ellos ( $\text{L}/\text{min}$ ); el equivalente ventilatorio, que surge de la relación entre la ventilación ( $\text{mL}/\text{min}$ ) y la cantidad de  $\text{O}_2$  consumido ( $\text{VE}/\text{VO}_2$ ) o el  $\text{CO}_2$  producido ( $\text{VE}/\text{VCO}_2$ ), dándonos información estimativa del estado de la ventilación/perfusión del sistema respiratorio; la pendiente ventilatoria, que refleja la ventilación necesaria para eliminar cierta cantidad de  $\text{CO}_2$  producida, permitiendo objetivar la eficiencia respiratoria del paciente, y por último encontramos la reserva ventilatoria, la cual está relacionada con la

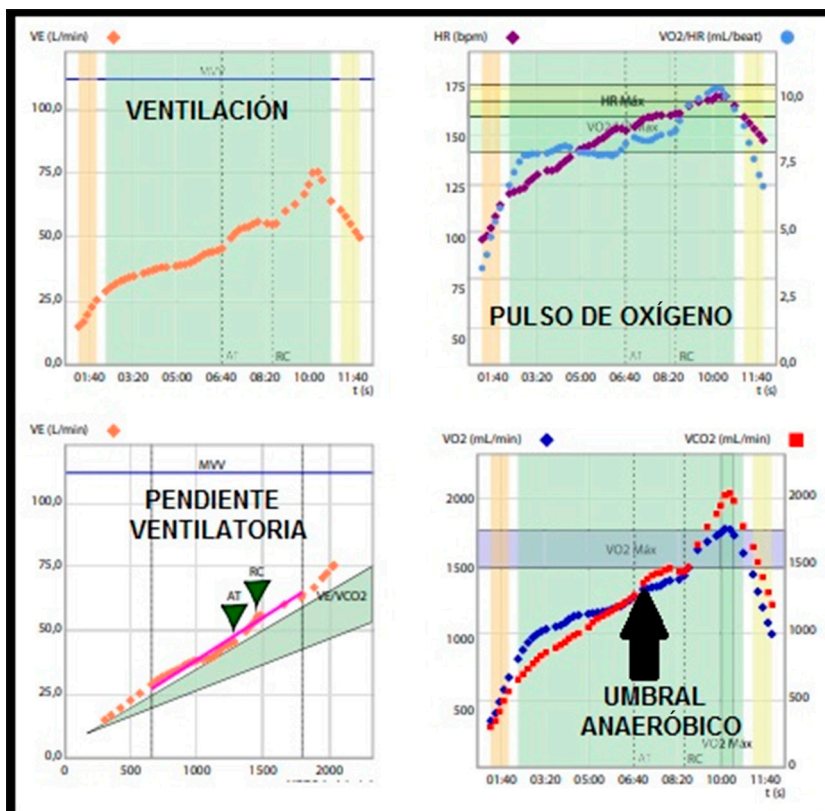
demanda ventilatoria que genera el ejercicio y la capacidad ventilatoria que presenta el paciente en respuesta al ejercicio propuesto. Los pacientes con menor reserva ventilatoria suelen tener mayor compromiso respiratorio. En la figura 1 pueden observarse los gráficos de los distintos parámetros mencionados.

Una gran cantidad de estudios muestran que determinados parámetros de la PECP, como el  $VO_2$ , el pulso de  $O_2$  o la pendiente ventilatoria, son marcadores de gravedad y pronóstico en ciertos escenarios clínicos. Como ejemplo podemos citar la insuficiencia cardíaca, la miocardiopatía hipertrófica, la hipertensión pulmonar, la enfermedad pulmonar obstructiva crónica y las cardiopatías congénitas, entre otras.

La pandemia por COVID-19, enfermedad causada por un nuevo coronavirus conocido como SARS-CoV-2, ha afectado a cientos de miles de personas en todo el mundo. Más allá del manejo agudo de la enfermedad y de las graves consecuencias que llevan a algunos sujetos a tener internaciones prolongadas en terapia intensiva o, incluso, a la muerte, la mayoría de los sujetos se recupera. En consecuencia, los médicos que atienden pacientes en el área ambulatoria, cada vez más frecuentemente atienden casos recuperados de COVID-19.

En los últimos meses se ha informado que muchos pacientes recuperados persisten sintomáticos luego de dicha infección. Surge así el llamado “síndrome pos-COVID-19”, el cual puede observarse en el 40 a 90% de los pacientes luego del alta hospitalaria. Dicho síndrome incluye síntomas que podrían estar relacionados con la inflamación residual (fase convaleciente), el daño orgánico, efectos inespecíficos relacionados con la hospitalización o la ventilación prolongada, el aislamiento social o el impacto del cuadro infeccioso sobre patologías preexistentes.

Si bien no existe una definición universal del “síndrome pos-COVID”, hacemos referencia a este como el síndrome posviral caracterizado por fatiga y disnea persistente, al menos 45 días posteriores a la infección. En este escenario, la PECP resulta útil para valorar los siguientes aspectos: a) posibilita objetivar, cuantificar e interpretar el origen de la disnea, permitiendo discernir entre el origen cardiovascular, pulmonar y/o muscular; b) en pacientes que manifiestan palpitaciones en reposo o asociadas al ejercicio permite desenmascarar potenciales arritmias no detectadas en condiciones basales; c) de forma similar, permite valorar –a través de la monitorización electrocardiográfica continua– eventuales cambios isquémicos en pacientes que



**Figura 1.** Gráfico de los principales parámetros registrados durante la prueba cardiopulmonar del ejercicio.

manifiestan dolores precordiales de difícil caracterización; d) asimismo permite valorar el rendimiento físico y la eficacia terapéutica de aquellos pacientes con deterioro grave de la capacidad funcional de origen respiratorio en rehabilitación cardiopulmonar.

Nuestra experiencia, desarrollada en forma conjunta por el Servicio de Cardiología y el Servicio de Neumología del Hospital Italiano de Buenos Aires, muestra que aproximadamente un tercio de los pacientes con síndrome pos-COVID-19 presentan disminución de la capacidad funcional al realizar la PECP. Asimismo, en comparación con los sujetos que tuvieron COVID-19

pero estaban asintomáticos, los pacientes con síndrome pos-COVID presentan menor tiempo de ejercicio, menor  $VO_2$  pico, mayor deterioro de la capacidad funcional de origen respiratorio y mayor disnea durante el ejercicio.

Dado que se trata de información preliminar, se necesitará completar las investigaciones en curso y esperar futuros estudios adicionales para determinar si las anomalías antes mencionadas durante la PECP en pacientes con síndrome pos-COVID tendrán valor pronóstico y/o podrán ser utilizadas para guiar ciertas intervenciones terapéuticas como los programas de rehabilitación cardiopulmonar.

---

**Conflictos de interés:** el autor declara no tener conflictos de interés.

---

## BIBLIOGRAFÍA

- Albouaini K, Egred M, Alahmar A, et al. Cardiopulmonary exercise testing and its application. *Postgrad Med J*. 2007; 83(985):675-82.
- Balady GJ, Arena R, Sietsema K, et al. Clinician's Guide to cardiopulmonary exercise testing in adults: a scientific statement from the American Heart Association. *Circulation*. 2010; 122(2):191-225.
- Carfi A, Bernabei R, Landi F, et al. Gemelli Against COVID-19 Post-Acute Care Study Group. Persistent Symptoms in Patients After Acute COVID-19. *JAMA*. 2020; 324(6):603-5.
- Clavario P, De Marzo V, Lotti R, et al. Assessment of functional capacity with cardiopulmonary exercise testing in non-severe COVID-19 patients at three months follow-up. doi: <https://doi.org/10.1101/2020.11.15.20231985>
- Dorelli G, Braggio M, Gabbiani D, et al. Importance of Cardiopulmonary Exercise Testing amongst Subjects Recovering from COVID-19. *Diagnostics (Basel)*. 2021; 11(3):507.
- Guazzi M, Bandera F, Ozemek C, et al. Cardiopulmonary Exercise Testing: What Is its Value? *J Am Coll Cardiol*. 2017; 70(13):1618-36.
- Guazzi M, Adams V, Conraads V, et al. Clinical recommendations for cardiopulmonary exercise testing data assessment in specific patient populations. *Eur Heart J*. 2012; 33(23):2917-27.
- Herdy AH, Ritt LE, Stein R, et al. Cardiopulmonary Exercise Test: Background, Applicability and Interpretation. *Arq Bras Cardiol*. 2016; 107(5):467-81.