

## MEMORIA

# EL RECORRIDO DE UNA IDEA ALTRUISTA: DE LOS PULSOS REVERSOS DE PRESIÓN A LA VENTILACIÓN MECÁNICA DE ALTA FRECUENCIA

*The journey of an altruistic idea: from reverse pressure pulses to high-frequency mechanical ventilation*

Al inicio de la pandemia por COVID-19, en medio de un mar de dudas, una de las pocas certezas que se tenía sobre el curso de la enfermedad era que la disponibilidad de ventiladores mecánicos en unidades de cuidado intensivo en todo el mundo era insuficiente para atender el alto flujo de pacientes en estado crítico. Por esto, en medio de la convulsión generada en las actividades de la Universidad por la pandemia, en este artículo de Memoria de la **REVISTA DE INGENIERÍA** recordamos los trabajos de José Gabriel Venegas Torres, uno de nuestros egresados y profesor de la Facultad en la década del setenta, que resaltan la importancia de la investigación en el campo de la mecánica respiratoria, tan en boga en estos momentos.

A mediados de los años setenta, después de graduarse como ingeniero mecánico de Los Andes, y de haber culminado sus estudios de maestría en la Universidad de Aston en Birmingham en Reino Unido, José Gabriel Venegas regresó a Colombia con la idea de ayudar a pacientes con enfisema pulmonar usando un equipo diseñado por él mismo que, mediante pulsos reversos de presión, permitía abrir las vías aéreas y aliviar el atrapamiento de aire. Su investigación, pionera e innovadora para aquel momento, dio paso a una serie de trabajos posteriores, logros científicos aún vigentes y la consolidación de la investigación en Ingeniería Biomédica en la Universidad de los Andes.

Ganador dos veces del Premio Nacional de Ciencias en Colombia, alumno de Ascher Shapiro en MIT y profesor de la Escuela de Medicina de Harvard, José Gabriel Venegas emprendió un camino en la investigación en bioingeniería

gracias a su profesor de pregrado John Burton quien, después de su grado en Ingeniería Mecánica en Los Andes, lo llevó a la librería del Consejo Británico en Bogotá para que conociera los programas de algunas universidades en el Reino Unido y motivarlo a estudiar allí una maestría. La consejería de Burton, una figura emblemática en el Departamento de Ingeniería Mecánica –protagonista del acuerdo de cooperación técnica entre Gran Bretaña y la Facultad de Ingeniería en la década del sesenta– le permitió escoger un programa sobre tecnología de producción en la Universidad de Aston en Birmingham.

En la actualidad, esta ciudad se ha destacado por liderar proyectos de investigación cruciales en el estudio del coronavirus, el curso de la pandemia y posibles curas para la enfermedad. Por ejemplo, estudios sobre la reciente mutación del virus en Reino Unido, el riesgo de infección grave de COVID-19 en niños con cáncer y el desarrollo de

un spray nasal que protege contra el virus. Allí, en 1974, Venegas estudió fisiología respiratoria y se encontró con las enfermedades pulmonares obstructivas crónicas (EPOC) y, de manera particular, con el enfisema. La idea de encontrar una solución para paliar esta afección se convirtió en su proyecto de grado de maestría. Y, el profesor Robinson, director de anestesiología e investigador del Hospital Queen Elizabeth de Birmingham, le dio acceso a su laboratorio, en donde se dedicó a construir un equipo que enviaba pulsos de presión a un tubo colapsable para que se abriera y aumentara así el flujo de aire.

De vuelta en Colombia, José Gabriel Venegas regresó a la Universidad de los Andes, en donde se desempeñó como profesor de 'Dinámica' y continuó desarrollando el equipo en los laboratorios de la Universidad con el objetivo de perfeccionarlo para hacer pruebas en pacientes. "Los pulsos reversos eran una forma de ayudarlo a las personas con enfisema a espirar, pues con esta enfermedad, las vías aéreas se colapsan y el gas queda atrapado. La idea era producir unos pulsos reversos de presión para que cuando la persona exhalara, éstos entraran en reversa y abrieran las vías aéreas, permitiéndole así respirar", detalla.

Los resultados de la puesta en marcha del proyecto fueron alentadores: el equipo investigador probó la máquina en 12 personas que padecían la enfermedad y comprobó que, gracias a los pulsos reversos, era posible aumentar la oxigenación de los pacientes. Como parte de esta investigación, en 1978, Venegas, junto con el médico Manuel Venegas Gallo recibieron el Premio Nacional de Ciencias de la Fundación Alejandro Ángel Escobar por su trabajo "Pulsos reversos de presión, una nueva alternativa para el tratamiento de las enfermedades pulmonares obstructivas crónicas (EPOC)". Y, junto con otros reconocimientos y avances de la época, este acontecimiento fue crucial para la posterior consolidación de la Ingeniería Biomédica uniandina.

Pero a pesar de los logros obtenidos en las pruebas del equipo, los investigadores identificaron que en algunos pacientes las reacciones eran significativas y en otros no. La necesidad de entender el por qué de la alta variabilidad

entre las personas con enfisema se hizo más evidente y la fisiología respiratoria disponible en ese momento era escasa.

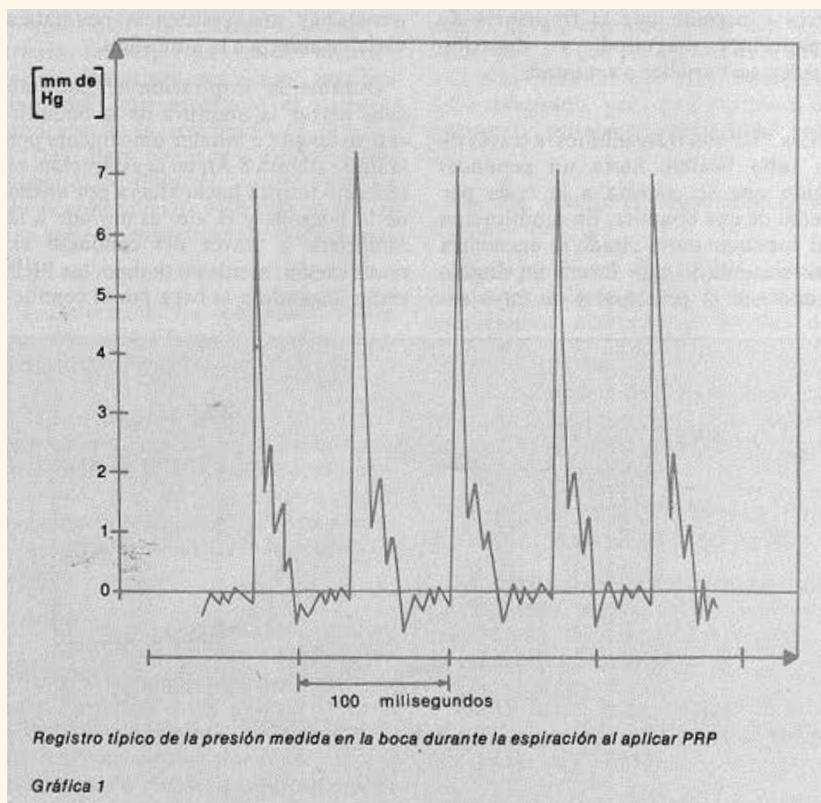
En aquel momento, Emerson, una compañía de dispositivos médicos norteamericana, había logrado avances importantes en el desarrollo de un equipo que hacía oscilaciones, y Venegas contactó a su propietario con el objetivo de ahondar más en su funcionamiento. Éste, a su vez, lo presentó con el profesor Jerry Mead, un renombrado fisiólogo respiratorio que trabajaba en la Escuela de Salud Pública de Harvard quien le compartió algunos artículos de Ascher Shapiro sobre tubos colapsables y limitación del flujo espiratorio en enfisema.

Shapiro, un profesor emérito del Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT) pionero en el campo de la ingeniería biomédica y líder en la investigación y educación en mecánica de fluidos –cuyos conocimientos en mecánica e ingeniería de fluidos fueron decisivos se interesó en la iniciativa y apoyó a Venegas en su aplicación para hacer un doctorado en MIT.

Evidentemente, la opción de construir formalmente el equipo estaba sobre la mesa. Pero en ese momento, con Ronald Reagan en la presidencia y en plena carrera armamentista, las compañías de bioingeniería se dedicaron a otro tipo de proyectos y la máquina de pulsos reversos no pudo ver la luz. "Decidí entonces dedicarme a hacer un ventilador de alta frecuencia como parte de mi tesis de doctorado. Al graduarme, fui invitado a trabajar en Harvard y poco a poco fui conformando mi laboratorio en el Hospital General de Massachusetts", comenta el investigador.

## De los pulsos a la alta frecuencia

"La relación entre los pulsos reversos y la ventilación de alta frecuencia resultó ser muy cercana. La diferencia es que uno es un pulso muy corto que



Pulsos  
reversos de  
presión.



permite abrir la vía aérea y la otra es una ventilación de alta frecuencia (10 por segundo) con un volumen capaz de movilizar el flujo suficiente para que pueda salir el  $\text{CO}_2$ ”, explica Venegas, quien, como parte de su doctorado participó en varios proyectos de investigación trascendentales para entender el funcionamiento de la ventilación de alta frecuencia. De su tesis, se desprendió el trabajo titulado *Efficiency and regional distribution of high frequency ventilation*, un citado artículo científico que, en aquel momento y aún hoy en día, suele ser entregado por fabricantes de dispositivos médicos en todo el mundo cuando venden un ventilador de alta frecuencia.

Con el pasar de los años se determinó que los pulsos reversos, en lugar de curar a los pacientes con enfisema, les prolongaban la agonía y aunque, en efecto, les ayudaban a espirar, debían permanecer todo el tiempo usando el equipo para mantener la ventilación. “Me enfoqué en otros proyectos y, sobretodo, a investigar

sobre imágenes de pulmón, a estudiar la distribución de la ventilación pulmonar y la perfusión”.

Después de un tiempo, retomó los pulsos reversos al investigar sobre la distribución de aerosoles inhalados para broncodilatadores, que se usan mucho en enfisema pulmonar. A pesar de no lograr una cura efectiva para pacientes con enfisema, Venegas ideó una manera en que los pulsos reversos sirvieran para el suministro de fármacos en personas con la enfermedad y, producto de esta investigación, el Hospital General de Massachusetts patentó una solución que permite distribuir fármacos que detienen el enfisema en las regiones específicas del pulmón que lo necesitan.

### Un trabajo fundador

Más allá de diseñar un ventilador de alta frecuencia, el trabajo de José Gabriel Venegas sobre pulsos reversos



José Gabriel Venegas experimentando con pulsos reversos de presión en su laboratorio en el Massachusetts General Hospital, de la ciudad de Boston, Estados Unidos. Año 1989.

que consolidó en la década del setenta en Los Andes dio origen a diferentes estudios sobre fisiología respiratoria de alta frecuencia, que han permitido avances importantes en la materia y han cobrado suma relevancia en la época actual, en la que el mundo se enfrenta a una pandemia por una enfermedad respiratoria.

El carácter innovador de este trabajo dio paso a investigaciones que hoy son imprescindibles, como el entendimiento del comportamiento de los aerosoles en los pulmones, un tema muy en boga en la actualidad para el estudio de la transmisión del virus SARS CoV-2.

Más recientemente, desde su posición como investigador del Hospital General de Massachusetts, Venegas apoyó a la empresa Noatec, con sede en Manizales, en el desarrollo un ventilador mecánico hecho en Colombia, de bajo costo y con uso de piezas fabricadas localmente. Este ventilador fue sometido a pruebas de compatibilidad electromagnética en el laboratorio cámara anecoica de la Facultad de Ingeniería

de la Universidad de los Andes, y actualmente se encuentra el proceso de aprobación ante el Invima.

“Indirectamente, el impacto de mi trabajo con los pulsos reversos fue lo que me permitió diseñar un ventilador de alta frecuencia y hacer una serie de estudios que hicieron posible entender mucho más sobre fisiología respiratoria de alta frecuencia. Este trabajo no solo se mantiene vigente, sino que también ha cobrado fuerza en medio de la emergencia por la pandemia, y eso es algo que me hace sentir muy orgulloso y motivado”.

Para Los Andes, la investigación sobre pulsos reversos de José Gabriel Venegas hizo parte importante de la oleada de trabajo conjunto entre médicos e ingenieros mecánicos que surgió en la década del 70 en la Universidad de los Andes. Y junto con otras destacadas figuras, como Luís Enrique Amaya, Alejandro Arciniegas, Amador Burgos, John Burton, Jaime Garcés, Salomón Hakim, Jaime Loboguerrero, Enrique Susemihl y Jorge Zapp, dio un impulso al desarrollo de la Ingeniería Biomédica en la Universidad. ●