

Medicina personalizada para tratar el vértigo posicional paroxístico benigno refractario, mediante el análisis de la dinámica de fluidos computacional a partir de reconstrucciones de imagen médica.

Equipo

El proyecto surge de la colaboración entre el Grupo de Física No Lineal (GFNL) de la Universidad de Santiago de Compostela con las Unidades de Otoneurología del Complejo Hospitalario Universitario de Santiago (CHUS) y del Complejo Hospitalario Universitario de Pontevedra (CHUP). El GFNL aporta su experiencia en la simulación numérica de fluidos biológicos y los recursos informáticos necesarios para la realización de las simulaciones de forma exitosa, mientras que ambas unidades aportan su experiencia en el ámbito otorrinolaringológico y los recursos necesarios para la validación clínica de las simulaciones numéricas mediante el diagnóstico y tratamiento de pacientes. Todos los centros presentes en este proyecto gozan de una amplia trayectoria investigadora en sus respectivos campos de conocimiento.

Los miembros representantes del proyecto en cada uno de los centros son:



Dr. Andrés Soto Varela (CHUS). Miembro de la unidad de Otoneurología, en el Servicio de Otorrinolaringología del Complejo Hospitalario Universitario de Santiago de Compostela. Presidente de la Sociedad Gallega de Otorrinolaringología y Patología Cérvico-Facial. Profesor asociado en la Univ. de Santiago de Compostela. Experto en Otoneurología.



Dr. Ismael Arán González (CHUP). Jefe de Servicio de Otorrinolaringología. Jefe de Estudios de formación MIR en el Complejo Hospitalario de Pontevedra.. Especializado en Otoneurología y Cirugía robótica



Prof. Alberto Pérez Muñuzuri (GFNL). Coordinador del Grupo de Física No Lineal de la Universidad de Santiago de Compostela y Asociado de la Univ. de Harvard (USA). Experto en complejidad, física de fluidos y fluidos en conductos de interés biológico.

Participan además el resto de colaboradores de los grupos involucrados, así como los servicios de Radiología de ambos hospitales, estudiantes predoctorales y médicos internos residentes, que también colaboran en el proyecto.

Problema

El VPPB es la causa más frecuente de vértigo, con una incidencia anual del 0.6% y una prevalencia a lo largo de la vida del 2,4%. Basados en estos datos epidemiológicos, en España hay aproximadamente 280.000 personas cada año que sufren VPPB por primera vez. Estos pacientes se encuentran muy limitados para la realización de sus actividades cotidianas y, por supuesto, para su desempeño laboral, puesto que los episodios de vértigo se desencadenan ante pequeños movimientos de la cabeza. Estos episodios se pueden repetir a lo largo de varias semanas e incluso de meses. Esto implica que, además del daño personal y emocional, también exista un repercusión familiar y laboral que, indirectamente, repercute en unos importantes costos a la Seguridad Social y al Sistema Nacional de Salud.

El tratamiento del VPPB se basa en las llamadas maniobras de reposicionamiento, que pretenden reconducir las otoconias desplazadas al interior de los conductos semicirculares hasta su lugar de origen, en el utrículo. Estas maniobras tienen una eficacia alta, del 80-90%, pero existe un grupo no desdeñable de pacientes refractarios al tratamiento (aproximadamente, en España 27.000 enfermos con BPPV refractario cada año). Además, los pacientes refractarios se caracterizan por sus frecuentes visitas y pruebas médicas. Esto favorece el colapso del sistema sanitario y un aumento de los costes económicos, ya que el tratamiento de un paciente refractario es entre 4 y 6 veces más caro que el de un paciente con VPPB no refractario.

Una explicación plausible de la no eficacia de las maniobras sería la presencia de variaciones individuales en la disposición espacial de los conductos semicirculares. Estos forman entre sí ángulos de aproximadamente 90° y las maniobras de reposicionamiento de otoconias están diseñadas asumiendo que esta es la disposición exacta de los conductos. Por este motivo, cabe la posibilidad de que los movimientos que se realizan en las maniobras no sean los adecuados para la anatomía de un paciente concreto.

Solución

Este proyecto propone desarrollar un estudio de los modelos geométricos del laberinto membranoso de los pacientes que muestren dicha sintomatología. Esto se haría a partir de una reconstrucción de una imagen de resonancia magnética obtenida del paciente, similar a la que se observa en la Figura 1. Conocida la anatomía vestibular de cada paciente, se puede personalizar la maniobra de reposicionamiento de las otoconias para ese paciente en concreto, para optimizar el efecto.

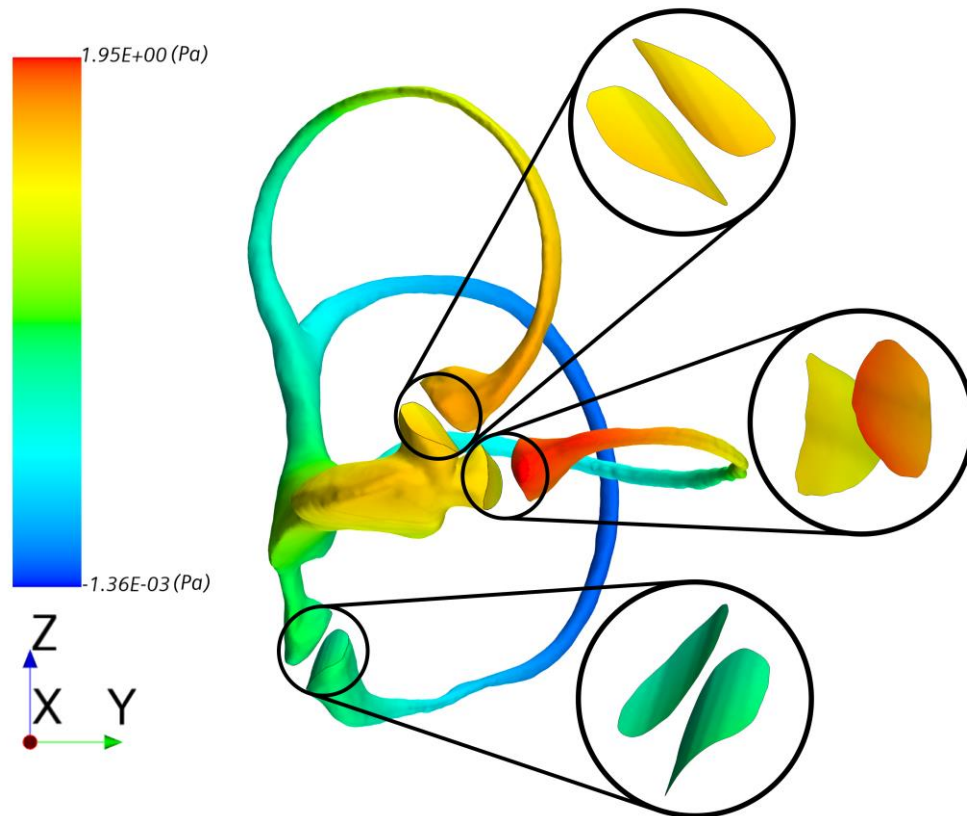


Figura 1: Laberinto membranoso izquierdo de un paciente y la respectiva distribución de presiones obtenida al aplicar una rotación en el plano horizontal.

La Figura 1 muestra la reconstrucción matemática del laberinto membranoso de un paciente ejemplo. Además del modelo geométrico, en la figura anterior se muestra la distribución de presiones que aparecen en las paredes del laberinto membranoso cuando aplicamos una rotación de la cabeza en el plano horizontal. A raíz de estos valores es posible determinar las presiones transcupulares, que se definen como las diferencias de presión que aparecen en las paredes sensitivas del sistema vestibular (regiones mostradas con zoom). Estas tienen una relación directa con el nistagmo, el parámetro clínico empleado por los otorrinolaringólogos para establecer un diagnóstico. Por lo cual, este parámetro físico sirve tanto para la validación del modelo numérico como para ayudar a discernir el tipo de VPPB que sufre el paciente.

Las maniobras de reposicionamiento empleadas para el tratamiento del VPPB varían dependiendo de donde se encuentren localizados los otolitos dentro del laberinto membranoso. En la mayoría de las ocasiones, los otolitos se desplazan dentro del conducto semicircular posterior, como se muestra en la Figura 2B. Para este caso, se

emplea la llamada maniobra de Epley, que consiste en aplicar ciertas rotaciones, de la cabeza o del cuerpo, de forma que los otolitos sean expulsados fuera del conducto semicircular posterior (Figura 2).

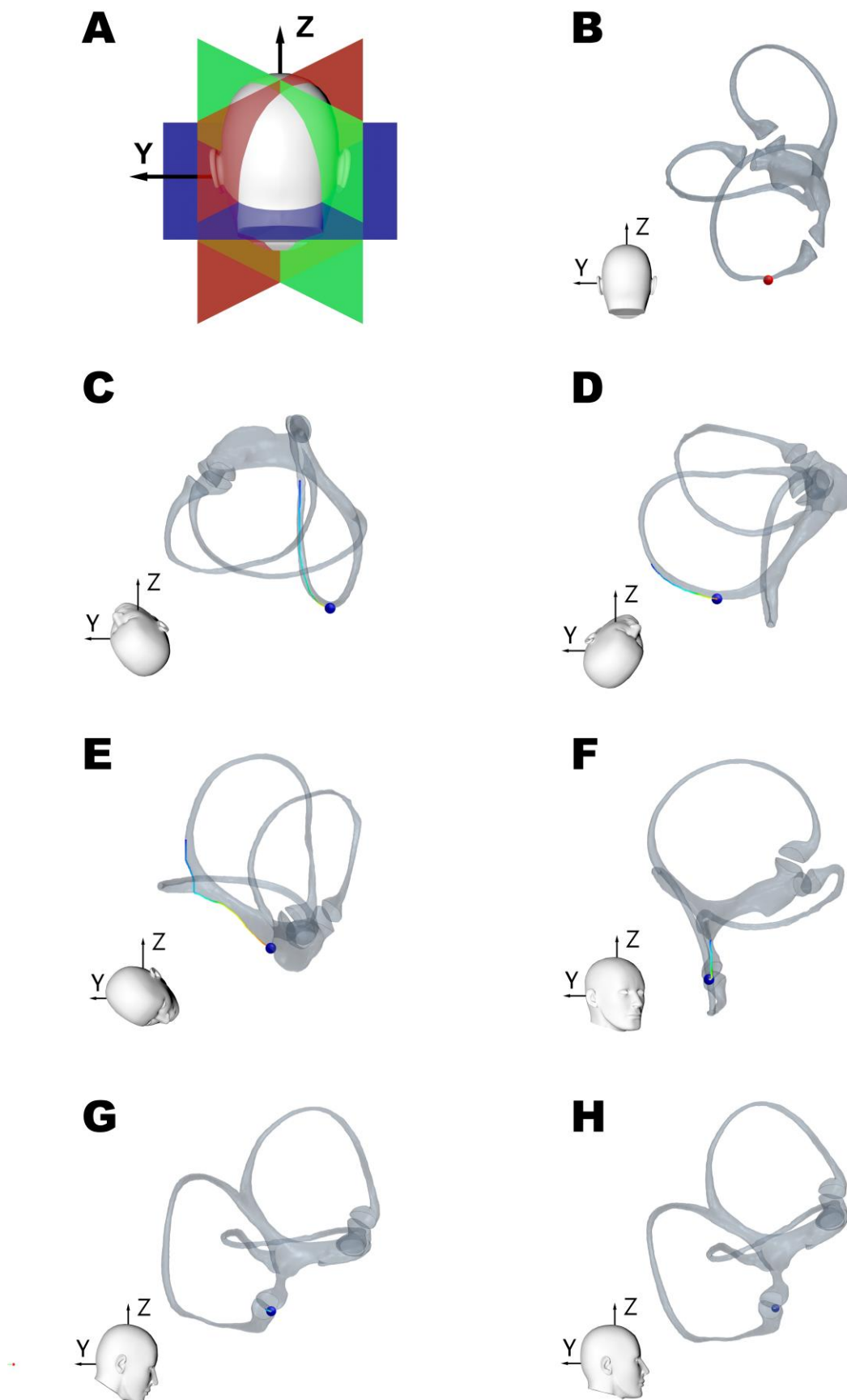


Figura 2: Maniobra de Epley, donde se puede visualizar el desplazamiento de los otolitos en cada una de sus etapas. La maniobra estandarizada falla en ocasiones, ya que no se consigue llevar los otolitos a la zona deseada.

El análisis de las simulaciones numéricas nos permiten identificar el tiempo y la distancia que recorren los otolitos en cada una de las etapas. Esto permite conocer que etapas de la maniobra conllevan un mayor riesgo y como podríamos modificar la maniobra estandarizada para mejorar los resultados de acuerdo con la geometría específica del sistema vestibular del paciente en cuestión. En la Figura 3, se muestra un ejemplo de las posiciones alcanzadas por los otolitos al final de la maniobra, cuando modificamos el ángulo de rotación en la etapa correspondiente a la Figura 2G. Mientras que la maniobra estandarizada señala que la rotación debe ser de 20°, las simulaciones sugieren que esta posición lleva los otolitos a una región no deseada. En cambio, una rotación de 75° sería lo adecuado para este paciente.

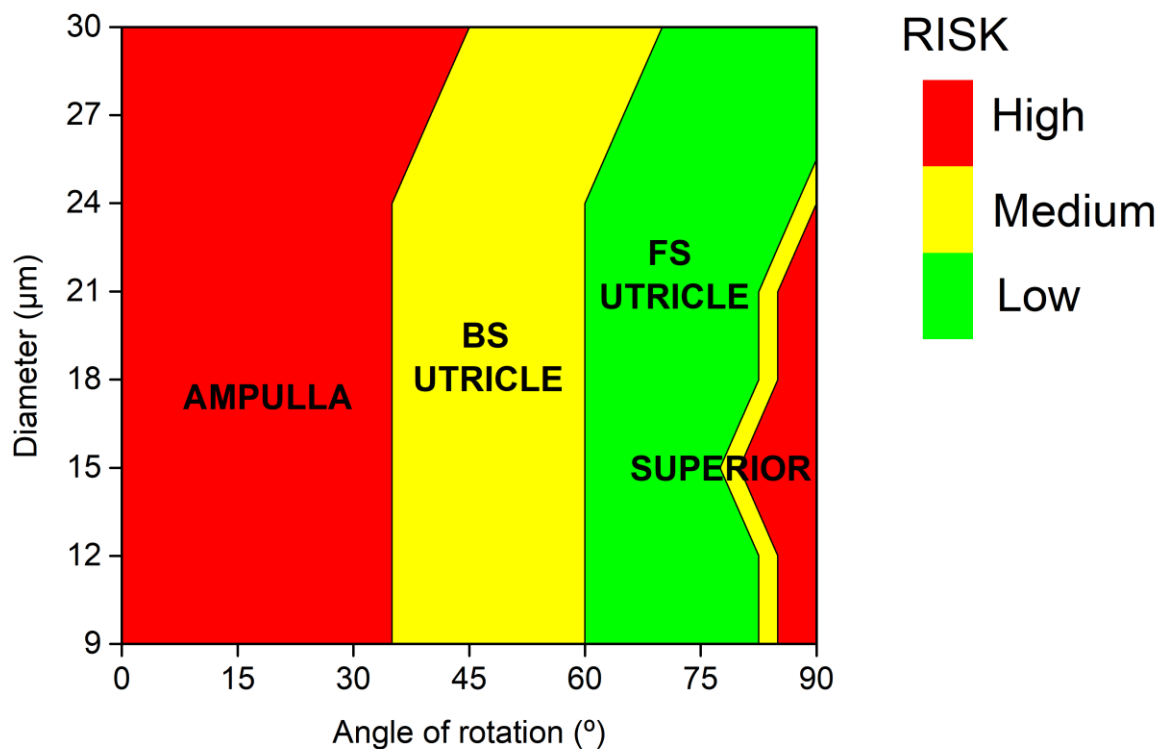


Figura 3: Posiciones finales de los otolitos dependiendo de su tamaño y del ángulo de rotación escogido al bajar la cabeza del paciente al final de la Maniobra de Epley. Las zonas de mayor riesgo indican un fallo en la maniobra, mientras que las de bajo riesgo indican que la posición final es satisfactoria.

Además, los otolitos se moverán más o menos rápido dependiendo de su tamaño. Entre cada una de las etapas mostradas en la Figura 2, se deja un tiempo de reposo, en el cual el paciente está inmovilizado para permitir a los otolitos avanzar por el efecto de la gravedad. Esperando más o menos tiempo entre cada etapa, es posible que una mayor o menor cantidad de otolitos consigan salir fuera del conducto semicircular posterior. Cuando observamos la Figura 4B, vemos que los otolitos entre 12 y 9 μm consiguen salir del conducto (línea negra marcada en los 211.3°) si esperamos 60

segundos en cada posición, mientras que esperando la mitad de tiempo, no es posible (Figura 4A).

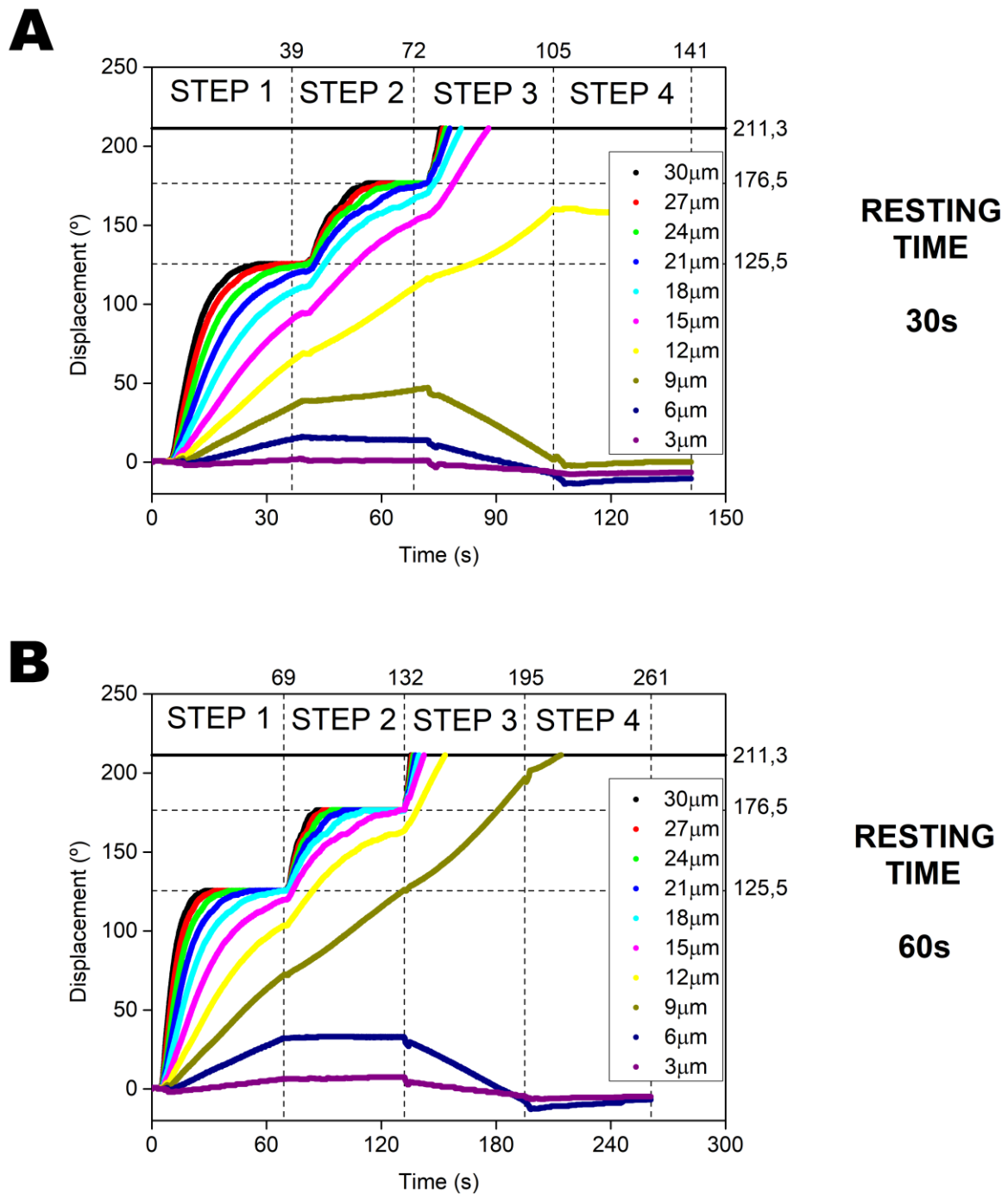


Figura 4: Desplazamiento de los otolitos en cada una de las etapas de la Maniobra de Epley según su tamaño. Cuando esperamos A) 30s o B) 60s.

Estructura del proyecto

El proyecto busca comprobar si las simulaciones numéricas sirven para mejorar el tratamiento de pacientes con VPPB refractario, personalizando las maniobras de reposicionamiento. Para ello, durante 3 años, se estudiarán los casos de 54 pacientes que hayan sido considerados refractarios en el tratamiento.

Los resultados esperables ya han sido protegidos con una solicitud de patente (*Solicitud de patente*, en la documentación complementaria) con número de solicitud EP21382901.3 del 7 de octubre de 2021. Sin lugar a dudas, este tipo de programas puede tener una gran aceptación en medios hospitalarios una vez que haya sido validado mediante la comparación con datos clínicos. De hecho, varias empresas han mostrado su interés en los resultados obtenidos y en la licencia de la patente presentada.

Este proyecto supone un gran avance en el campo de la medicina personalizada en Otoneurología, contribuyendo a dar solución a una patología como el VPPB, de alta incidencia y elevada morbilidad.