

## RESOLUCIÓN DEL RECTORADO N° 199/24

### VISTO:

La presentación realizada con fecha 25 de marzo de 2024 que tramita bajo expediente de investigación N° 313-24, del Proyecto de Investigación ***“Hacia un Diagnóstico Preciso de la Otoesclerosis: Aprovechando la Inteligencia Artificial y la Tomografía Computada para la Detección Temprana y el Apoyo en la Toma de Decisiones de Tratamiento”*** presentado por la Facultad de Ingeniería y la Facultad de Ciencias Médicas, y;

### CONSIDERANDO:

Que dicho proyecto, se ajusta a los requisitos establecidos por Resolución de Rectorado N° 463/22 del Régimen de Investigación en su art. 26°, y;

Que el mismo se enmarca en el Grupo de Investigación ***Informática y Salud***, y será realizado por investigadores y auxiliares, de la **Facultad de Ingeniería y de la Facultad de Ciencias Médicas**;

Que la evaluación de viabilidad y conveniencia ha sido realizada por el Dr. José Massa y el Dr. Rubén Carlos Acevedo, y se ajustan a las recomendaciones realizadas;

Que conforme lo establecido en los artículos 27° y 28° del mentado Régimen, el proyecto de investigación estará bajo la responsabilidad de su ***Directora, Dra. Virginia Laura Ballarín, Investigador SN I***, y de su ***Co-Director, Dr. Gustavo Javier Meschino, Investigador SN II***, propuestos por el Secretaría de Investigación de la Facultad de Ingeniería y la Secretaría de Investigación de la Facultad de Ciencias Médicas;

Que es necesario destacar particularmente la extensa y rica trayectoria científica, profesional y académica con la que cuenta la Dra. Virginia Laura Ballarín y el Dr. Gustavo Javier Meschino;

Que atento a lo dispuesto por la Resolución del Rectorado N° 463/22, en sus artículos 7, 8, 9, 10, 14 y concordantes; y en uso de las atribuciones que le confieren los Arts. 28° inc. d) y concordantes del Estatuto Universitario:

**EL RECTOR DE LA UNIVERSIDAD FASTA**

**DE LA FRATERNIDAD DE AGRUPACIONES SANTO TOMÁS DE AQUINO**

**RESUELVE:**

**Artículo 1º:** Aprobar el proyecto de investigación “*Hacia un Diagnóstico Preciso de la Otoesclerosis: Aprovechando la Inteligencia Artificial y la Tomografía Computada para la Detección Temprana y el Apoyo en la Toma de Decisiones de Tratamiento*” que se adjunta en Anexo I de a presente.-

**Artículo 2º:** Designar a la **Dra. Virginia Laura BALLARIN** (DNI 13.233.021) como Directora e Investigadora SN I del Proyecto de Investigación denominado “*Hacia un Diagnóstico Preciso de la Otoesclerosis: Aprovechando la Inteligencia Artificial y la Tomografía Computada para la Detección Temprana y el Apoyo en la Toma de Decisiones de Tratamiento*” por el término de 36 meses a partir del 1º de abril de 2024, según los alcances del art. 27 y cc. de la Resolución Rectoral N° 463/22.-

**Artículo 3º:** Designar al **Dr. Gustavo Javier MESCHINO** (DNI 22.802.614) como Co - Director e Investigador SN II del Proyecto de Investigación denominado “*Hacia un Diagnóstico Preciso de la Otoesclerosis: Aprovechando la Inteligencia Artificial y la Tomografía Computada para la Detección Temprana y el Apoyo en la Toma de Decisiones de Tratamiento*” por el término de 36 meses a partir del 1º de abril de 2024.-

**Artículo 4º:** Designar al **Esp. Méd. Carlos Alfredo CAPIEL** (DNI 18.478.156) como Investigador Titular categorizado por la UFASTA del Proyecto de Investigación denominado “*Hacia un Diagnóstico Preciso de la Otoesclerosis: Aprovechando la Inteligencia Artificial y la Tomografía Computada para la Detección Temprana y el Apoyo en la Toma de Decisiones de Tratamiento*” por el término de 36 meses a partir del 1º de abril de 2024.-

**Artículo 5º:** Designar al **Méd. Sebastián Alberto COSTANTINO** (DNI 18.478.156) como Investigador Adjunto categorizado por la UFASTA del Proyecto de Investigación denominado “*Hacia un Diagnóstico Preciso de la Otoesclerosis: Aprovechando la Inteligencia Artificial y la Tomografía Computada para la Detección Temprana y el Apoyo en la Toma de Decisiones de Tratamiento*” por el término de 36 meses a partir del 1º de abril de 2024.-

**Artículo 6º:** Designar al **Ing. Daniel Francisco ALBORNOZ** (DNI 29.698.883) como Auxiliar de Investigación Graduado categorizado por la UFASTA del Proyecto de Investigación denominado “*Hacia un Diagnóstico Preciso de la Otoesclerosis: Aprovechando la Inteligencia Artificial y la Tomografía Computada para la Detección Temprana y el Apoyo en la Toma de Decisiones de Tratamiento*” por el término de 36 meses a partir del 1º de abril de 2024.-

**Artículo 7°:** Designar al **Méd. Nicolás Agustín NIETO ARIAS** (DNI 29.698.883) como Auxiliar de Investigación Graduado categorizado por la UFASTA del Proyecto de Investigación denominado “*Hacia un Diagnóstico Preciso de la Otoesclerosis: Aprovechando la Inteligencia Artificial y la Tomografía Computada para la Detección Temprana y el Apoyo en la Toma de Decisiones de Tratamiento*” por el término de 36 meses a partir del 1° de abril de 2024.-

**Artículo 8°:** Designar al **Ing. Cristian Ariel SPOSATO** (DNI 27.019.275) como Auxiliar de Investigación Graduado categorizado por la UFASTA del Proyecto de Investigación denominado “*Hacia un Diagnóstico Preciso de la Otoesclerosis: Aprovechando la Inteligencia Artificial y la Tomografía Computada para la Detección Temprana y el Apoyo en la Toma de Decisiones de Tratamiento*” por el término de 36 meses a partir del 1° de abril de 2024.-

**Artículo 9°:** Designar al **Sr. Manuel GARCIA HAMBRAN** (DNI 43.592.259) como Auxiliar de Investigación Alumno categorizado por la UFASTA del Proyecto de Investigación denominado “*Hacia un Diagnóstico Preciso de la Otoesclerosis: Aprovechando la Inteligencia Artificial y la Tomografía Computada para la Detección Temprana y el Apoyo en la Toma de Decisiones de Tratamiento*” por el término de 36 meses a partir del 1° de abril de 2024.-

**Artículo 10°:** Designar al **Méd. Nicolás Matías MAROTTE** (DNI 40.267.870) como Auxiliar de Investigación Alumno categorizado por la UFASTA del Proyecto de Investigación denominado “*Hacia un Diagnóstico Preciso de la Otoesclerosis: Aprovechando la Inteligencia Artificial y la Tomografía Computada para la Detección Temprana y el Apoyo en la Toma de Decisiones de Tratamiento*” por el término de 36 meses a partir del 1° de abril de 2024.-

**Artículo 11°** Dése a conocer, remítase copia a la Secretaría de Investigación de la Universidad FASTA, a la Secretaría de Investigación de las Unidades Académicas, a los investigadores designados, archívese.



Mg. Abg. MARÍA PAULA GUACCAGLIA  
SECRETARÍA GENERAL  
UNIVERSIDAD FASTA



DR. JUAN CARLOS MENA  
RECTOR  
UNIVERSIDAD FASTA

ANEXO

RESOLUCIÓN DEL RECTORADO N° 199/24

Proyecto de Investigación

*“Hacia un Diagnóstico Preciso de la Otoesclerosis: Aprovechando la Inteligencia Artificial y la Tomografía Computada para la Detección Temprana y el Apoyo en la Toma de Decisiones de Tratamiento”*

1. **EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**Título o denominación del Proyecto:**

*Hacia un Diagnóstico Preciso de la Otoesclerosis: Aprovechando la Inteligencia Artificial y la Tomografía Computada para la Detección Temprana y el Apoyo en la Toma de Decisiones de Tratamiento*

**Mes y año de inicio:** 01/04/2024

**Duración:** 36 meses

**Línea de Investigación:** Inteligencia Artificial aplicada al Procesamiento de Imágenes

**Grupo de Investigación:** Grupo de Informática y Salud

**Área de conocimiento**<sup>1</sup>: 1203.04 Inteligencia Artificial / 3201.11 Radiología

**Tipo de Investigación**<sup>2</sup>: Investigación Aplicada

**Unidad/es académica/s:** Facultad de Ingeniería / Facultad de Medicina

**Cátedra principal**<sup>3</sup>: Sistema de soporte de decisiones - Ing. Informática  
Diagnóstico por imágenes I y II - Medicina

**Cátedras asociadas**<sup>4</sup>: Inteligencia computacional - Ing. Informática  
Antropología médica – Diagnóstico por imágenes

## 2. DIRECTOR

**Nombre y Apellido del director del proyecto:** Virginia Laura Ballarin

**Dirección de contacto del director:** 223-6568158 /

vballari@ufasta.edu.ar **Nombre y Apellido del co-Director :** Gustavo

Javier Meschino

**Dirección de contacto del co-director:** 223-5458485 / gmeschino@ufasta.edu.ar

## 3. RESUMEN DEL PROYECTO

Este proyecto propone una herramienta de mejora para el diagnóstico y tratamiento de la otoesclerosis, una enfermedad del oído que puede resultar en pérdida de audición si no se detecta a tiempo. El diagnóstico oportuno permite seguir de cerca la progresión de la enfermedad, lo que puede llevar a restaurar la capacidad auditiva del paciente. Sin embargo, debido a la complejidad de la anatomía del oído y la sutileza de las alteraciones radiológicas asociadas con la otoesclerosis, a menudo el diagnóstico puede ser difícil para los profesionales médicos no especializados.

Este proyecto propone abordar este desafío mediante la aplicación de técnicas de inteligencia artificial (IA) y análisis de imágenes de tomografía computarizada (TC). Se recopilarán imágenes de TC de pacientes con diagnóstico confirmado de otoesclerosis, que servirán como base de datos para el desarrollo de algoritmos de IA. Estos algoritmos utilizarán técnicas de aprendizaje automático y profundo para identificar características específicas asociadas con la otoesclerosis en las imágenes de TC.

El objetivo es desarrollar modelos de IA explicables, incluyendo redes neuronales profundas (DNN), que puedan detectar de manera precisa la presencia de otoesclerosis en las imágenes de TC. Estos modelos serán evaluados utilizando métodos de validación cruzada y pruebas en conjuntos de datos independientes para garantizar su precisión y generalización. Además, se planea desarrollar una interfaz de usuario que permita a los médicos utilizar el sistema de IA como una herramienta de apoyo en la toma de decisiones clínicas.

Los resultados esperados incluyen una mejora significativa en el diagnóstico y tratamiento de la otoesclerosis, lo que conducirá a una mejor calidad de vida para los pacientes.

En resumen, este proyecto representa una colaboración interdisciplinaria entre ingenieros y médicos para desarrollar una herramienta innovadora que mejore el diagnóstico y tratamiento de la otosclerosis, con el potencial de tener un impacto significativo en la práctica clínica y la calidad de vida de los docentes.

### 3. CARACTERIZACIÓN DEL PROYECTO

#### **Objetivo general:**

El diagnóstico de otosclerosis en tiempo y forma, permite el seguimiento de los pacientes con dicha patología, cuando la misma se encuentra en su estadio inicial, lo que resulta en la posibilidad de restauración de la capacidad auditiva.

#### **Objetivos específicos:**

1. Profundizar en la temática y en el ámbito clínico donde se realizan los estudios y avanzar en el estado del arte.
2. Generar una base de datos con estudios disponibles en el Instituto Radiológico de Mar del Plata, incluyendo imágenes de TC y su correspondiente diagnóstico.
3. Proponer modelos de IA explicables, incluyendo DNN, para la detección de otosclerosis a partir de la base de datos generada.
4. Evaluar todos los métodos propuestos

#### **Estado de la cuestión:**

La enfermedad de otosclerosis se produce cuando los focos de resorción ósea reemplazan al hueso previamente sano situado por delante de la ventana oval y progresan hacia la platina del hueso del estribo, provocando una fijación de las articulaciones de los huesecillos del oído, comprometiendo la conducción del sonido. Su diagnóstico correcto y a tiempo permite el seguimiento de los pacientes, cuando la misma se encuentra en su estadio inicial, posibilita la restauración de la capacidad auditiva tras la estapedectomía, cuando la patología tiene un compromiso estapedio-vestibular, y permite incluso el asesoramiento prequirúrgico y la toma de decisiones, cuando es necesaria la colocación de un implante coclear en pacientes con enfermedad avanzada. En tanto, el diagnóstico incorrecto acarrea la postergación del tratamiento, con la consecuente pérdida de la audición y el deterioro de la calidad de vida, la instauración de tratamientos cruentos, insatisfactorios e innecesarios. No obstante, la anatomía del oído es compleja y las alteraciones radiológicas suelen ser sutiles, pudiendo pasar desapercibidas por el ojo no entrenado. En este sentido, la medición del espesor de la cápsula ótica cuenta con una sensibilidad del 96,2%, un 100% de especificidad, un 100% de valor predictivo positivo y 96,4% de valor predictivo negativo para el

diagnóstico de otoposclerosis, por lo que resulta de vital importancia su abordaje con IA (Sanghan et al., 2018).

La TC logró tener gran éxito en diversos campos como es la detección de COVID-19 (Mei et al., 2020), la detección de nódulos pulmonares (Mukherjee et al., 2020), la delimitación de órganos en planificación de radioterapia (Tang et al., 2019). Ha demostrado ser de gran utilidad al momento de abordar el diagnóstico de otoposclerosis, con un índice diagnóstico del 74% al 95,1% (Naumann, Porcellini and Fisch, 2005; Lagleyre et al., 2009). Sin embargo, pocos estudios se han dedicado a diagnosticar afecciones del oído a partir de imágenes.

Entre ellos, pueden mencionarse: segmentación anatómica del hueso temporal tanto en TC como en IRM (Vaidyanathan et al., 2021; Ke et al., 2023); estudio de patología infecciosa del oído medio apuntando al diagnóstico diferencial entre las otitis medias crónicas y los colesteatomas (Eroğlu et al., 2022; Wang et al., 2022; Ayril et al., 2023); estudio del oído interno y su patología prevalente (Abouzari et al., 2020; Shapey et al., 2021); o bien estudiando su sintomatología más importante como es en el caso de los trastornos del equilibrio (Park et al., 2021), del tinnitus (Abouzari et al., 2020), o el compromiso por la histiocitosis de células de Langerhans (Duan et al., 2022), patología muy infrecuente.

Una pequeña parte de los trabajos existentes se han dedicado al diagnóstico de la otoposclerosis mediante TC, en algunos casos sin evaluación de las imágenes médicos especialistas de diagnóstico por imágenes, sino por médicos otorrinolaringólogos (Tan et al., 2021), mientras que sólo uno de ellos utilizó DNN contando con médicos especialistas (Fujima et al., 2021)

### **Diseño metodológico:**

Primero se realizará una recopilación de datos. Esto comprende la selección de imágenes de TC de pacientes con diagnóstico confirmado de otoposclerosis. Luego se realizará el preprocesamiento de datos. Esto implica la normalización y segmentación de las imágenes para mejorar la calidad y facilitar el análisis.

En cuanto el desarrollo de algoritmos de IA, se entrenarán modelos de IA utilizando técnicas de aprendizaje automático y profundo para la identificación de características específicas de la otoposclerosis en las imágenes de TC. Para la evaluación del modelo, se realizará validación cruzada y pruebas en un conjunto de datos independiente para evaluar la precisión y generalización del modelo. Por tratarse de un proyecto de carácter interdisciplinario en el



que trabajarán conjuntamente ingenieros y médicos, se tendrán entre los objetivos médicos intentar determinar el grado de relación que existe entre variables específicas.

Finalmente, para la integración en la detección temprana se planea desarrollar una interfaz de usuario para que los médicos puedan utilizar el sistema propuesto como herramienta de apoyo en la toma de decisiones clínicas. La idea es realizar un estudio piloto que permita evaluar el impacto del sistema en la precisión diagnóstica y la eficiencia del tratamiento.

Cronograma de actividades	Trimestres											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Recopilación de imágenes TC de pacientes con diagnóstico confirmado de otopresclerosis	■	■	■	■								
Normalización y segmentación de las imágenes		■	■	■	■							
Desarrollo de algoritmos de IA			■	■	■	■	■	■				
Reuniones de carácter interdisciplinario					■	■	■	■	■	■	■	
Validación cruzada									■	■		
Desarrollar una interfaz de usuario para la validación							■	■	■			
Evaluación de la precisión y generalización del modelo									■	■		
Desarrollar una herramienta de apoyo en la toma de decisiones clínicas										■	■	
Publicación de resultados							■	■	■	■	■	■

### Resultados esperados:

Se prevé una contribución al avance en el diagnóstico y tratamiento de la otopresclerosis que permita una mejora en la calidad de vida de los pacientes mediante la detección temprana y el tratamiento adecuado.

Además, se planea realizar la difusión de los resultados en revistas de la especialidad con referato de manera de que ese conocimiento será reconocido o valorado por pares. También presentaciones en eventos nacionales e internacionales.

**Protección de los resultados:**

Se deberá garantizar la confidencialidad y anonimato de la información del paciente, cumplimiento de las regulaciones y estándares éticos en la investigación médica.

Parte de los resultados los resultados del proyecto podrían ser pasibles de protección de la propiedad intelectual y si esto puede poner reparos a la libre difusión de los mismos.

**Actividades de transferencia:**

Las actividades de vinculación se desprenden naturalmente del proyecto ya profesionales del Instituto Radiológico Mar del Plata forman parte del proyecto de investigación.

**Internacionalización:**

En lo concreto por tratarse de investigación aplicada, y por ser proponer una herramienta de suma originalidad y utilidad en campo del soporte al diagnóstico por imágenes, una especialidad cada vez más importante dentro de la medicina y donde más evidente se hace el aporte de la ingeniería y tecnología a la salud, se prevén publicaciones internacionales.

Su utilidad podría ir más allá del Instituto Radiológico y llegar a todo el país e incluso otros países; sirviendo, además, como herramienta de apoyo a la actividad docente de la Facultad de Ciencias Médicas.

En lo institucional, el trabajo con el Instituto Radiológico en este proyecto fortalece más aun los lazos de colaboración académica y abre las puertas a otras acciones conjuntas derivadas de este proyecto.

Este proyecto significa la transferencia a la sociedad de tecnología desarrollada en la Universidad FASTA para una mejor calidad en la atención médica y, en definitiva, una mejor salud de la población. Esto es, dar respuesta a las necesidades de la sociedad.

En palabras de la UNESCO en su “Declaración Mundial sobre Educación Superior en el siglo XXI: Visión y Acción” de 1998, este proyecto significa cumplir con la misión de la Universidad: “...crear nuevos conocimientos;” y “... aplicar el conocimiento en acciones concretas que promuevan una mejora de la calidad de vida de la sociedad donde está inserta.”

En términos del estatuto de la Universidad FASTA, este proyecto significa cumplir efectivamente con la misión institucional, honrando la pretensión de “constituirse en ámbito de respuestas universitarias a las necesidades del pueblo argentino y las perspectivas de desarrollo humano, productivo, social y sostenible del país, atendiendo a los requerimientos de sus zonas de influencia y los procesos de integración regional”.

#### Bibliografía:

1. Abouzari, M. *et al.* (2020) ‘Prediction of vestibular schwannoma recurrence using artificial neural network’, *Laryngoscope Investigative Otolaryngology*, 5(2), p. 278. doi: 10.1002/LIO2.362.
2. Albornoz, D., Sposato, C., Meschino, G., Ballarin, V., Costantino, S., Capiel, C., Extracción automática de descriptores en imágenes para la estimación de edad ósea. Congreso Nacional de Ingeniería Informática y Sistemas de la Información CONAISI 2021.
3. Ayral, M. *et al.* (2023) ‘How advantageous is it to use computed tomography image-based artificial intelligence modelling in the differential diagnosis of chronic otitis media with and without cholesteatoma?’, *European review for medical and pharmacological sciences*, 27(1), pp. 215–223. doi: 10.26355/EURREV\_202301\_30874.
4. Comas, D. S., Meschino, G. J. and Ballarin, V. L. (2010) ‘Framework de segmentación y análisis de imágenes mediante reconocimiento de texturas’, *Argentinian Symposium of Technology (AST)*. Buenos Aires, Argentina, pp. 1529–1541.
5. Duan, B. *et al.* (2022) ‘An in-depth discussion of cholesteatoma, middle ear Inflammation, and langerhans cell histiocytosis of the temporal bone, based on diagnostic results’, *Frontiers in pediatrics*, 10. doi: 10.3389/FPED.2022.809523.
6. Eroğlu, O. *et al.* (2022) ‘Is it useful to use computerized tomography image-based artificial intelligence modelling in the differential diagnosis of chronic otitis media with and without cholesteatoma?’, *American Journal of Otolaryngology*, 43(3), p. 103395. doi: 10.1016/J.AMJOTO.2022.103395.

7. Fujima, N. *et al.* (2021) 'Utility of deep learning for the diagnosis of otosclerosis on temporal bone CT', *European radiology*, 31(7), pp. 5206–5211. doi: 10.1007/S00330-020-07568-0.
8. Ke, J. *et al.* (2023) 'Deep learning-based approach for the automatic segmentation of adult and pediatric temporal bone computed tomography images', *Quantitative Imaging in Medicine and Surgery*, 13(3), pp. 1577–1591. doi:10.21037/QIMS-22-658/COIF).
9. Lagleyre, S. *et al.* (2009) 'Reliability of high-resolution CT scan in diagnosis of otosclerosis', *Otology & neurotology : official publication of the American Otological Society, American Neurotology Society [and] European Academy of Otology and Neurotology*, 30(8), pp. 1152–1159. doi: 10.1097/MAO.0B013E3181C2A084.
10. Mei, X. *et al.* (2020) 'Artificial intelligence-enabled rapid diagnosis of patients with COVID-19', *Nature Medicine* 2020 26:8, 26(8), pp. 1224–1228. doi: 10.1038/s41591-020-0931-3.
11. Meschino, G. J., Andrade, R. E. and Ballarin, V. L. (2008) 'A framework for tissue discrimination in Magnetic Resonance brain images based on predicates analysis and Compensatory Fuzzy Logic', *International Journal of Intelligent Computing in Medical Sciences and Image Processing IC-MED*, 2(3), pp. 209–224.
12. Montavon, G., Samek, W. and Müller, K. R. (2018) 'Methods for interpreting and understanding deep neural networks', *Digital Signal Processing*, 73, pp. 1–15. doi: 10.1016/j.dsp.2017.10.011.
13. Mukherjee, P. *et al.* (2020) 'A shallow convolutional neural network predicts prognosis of lung cancer patients in multiinstitutional computed tomography image datasets', *Nature Machine Intelligence* 2020 2:5, 2(5), pp. 274–282. doi: 10.1038/s42256-020-0173-6.
14. Naumann, I. C., Porcellini, B. and Fisch, U. (2005) 'Otosclerosis: incidence of positive findings on high-resolution computed tomography and their correlation to audiological test data', *The Annals of otology, rhinology, and laryngology*, 114(9), pp. 709–716. doi: 10.1177/000348940511400910.
15. Park, C. J. *et al.* (2021) 'A Fully Automated Analytic System for Measuring Endolymphatic Hydrops Ratios in Patients With Ménière Disease via Magnetic Resonance Imaging: Deep Learning Model Development Study', *Journal of medical Internet research*, 23(9). doi: 10.2196/29678.
16. Sanghan, N. *et al.* (2018) 'Retrospective Review of Otic Capsule Contour and Thickness in

Patients with Otosclerosis and Individuals with Normal Hearing on CT', *AJNR. American journal of neuroradiology*, 39(12), pp. 2350–2355. doi:10.3174/AJNR.A5892.

17. Shapey, J. *et al.* (2021) 'Segmentation of vestibular schwannoma from MRI, an open annotated dataset and baseline algorithm', *Scientific Data 2021 8:1*, 8(1), pp. 1–6. doi: 10.1038/s41597-021-01064-w.

18. Tan, W. *et al.* (2021) 'The use of explainable artificial intelligence to explore types of fenestral otosclerosis misdiagnosed when using temporal bone high-resolution computed tomography', *Annals of translational medicine*, 9(12), pp. 969–969. doi: 10.21037/ATM-21-1171.

19. Tang, H. *et al.* (2019) 'Clinically applicable deep learning framework for organs at risk delineation in CT images', *Nature Machine Intelligence 2019 1:10*, 1(10), pp. 480–491. doi: 10.1038/s42256-019-0099-z.

20. Vaidyanathan, A. *et al.* (2021) 'Deep learning for the fully automated segmentation of the inner ear on MRI', *Scientific Reports 2021 11:1*, 11(1), pp. 1–14. doi: 10.1038/s41598-021-82289-y.

21. Wang, J. *et al.* (2017) 'Detecting Cardiovascular Disease from Mammograms with Deep Learning', *IEEE Transactions on Medical Imaging*, 36(5), pp. 1172–1181. doi: 10.1109/TMI.2017.2655486.