



CONSORCI
HOSPITAL GENERAL
UNIVERSITARI
VALÈNCIA



Servicio de Anestesia,
Reanimación y Tratamiento del Dolor
HOSPITAL GENERAL UNIVERSITARIO VALENCIA

Anestesia para pacientes en Resonancia Magnética: una revisión de las prácticas en paciente pediátrico y adultos. Directrices actuales.

Dra. Sara Nieto Conejos (Médica Adjunta)

Dr. Arturo Rodríguez Testón (Médico Residente 3º)

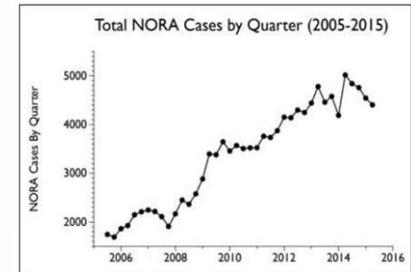
**Servicio de Anestesia Reanimación y Tratamiento del Dolor
Consorcio Hospital General Universitario de Valencia**

Índice

- 1) **Generalidades de la AFQ: monitorización básica, seguridad y principales procedimientos.**
- 2) **Generalidades de la RMN: principios físicos, epidemiología, indicaciones y tipos.**
- 3) **Seguridad y monitorización. Eventos adversos. Manejo de dispositivos.**
- 4) **Manejo anestésico: valoración preanestésica, farmacología, vía aérea y recuperación.**
- 5) **Paciente pediátrico: generalidades, posibles complicaciones, sedación y anestesia general.**
- 6) **Situaciones especiales: embarazo, pacientes críticos, RMN intraoperatoria, HIFU, RMN cardiaca y entero-RMN.**

1. GENERALIDADES DE LA AFQ

- Anestesia/sedación a pacientes sometidos a procedimientos intervencionistas (diagnósticos y terapéuticos) **por especialistas no quirúrgicos**.
- Las tecnologías médicas nos permiten tratar a los pacientes de manera mínimamente invasiva **fuera del quirófano**.
- Los casos de AFQ están **aumentando**. En la próxima década supondrá hasta el 50% de los actos anestésicos.
- Ubicación remota, espacios de trabajo **inadecuados**, falta de personal de apoyo y equipo desconocido.
- Los equipos más **antiguos** o con diferentes componentes y monitores se ubican a menudo en estas áreas.
- Es posible que el anestesista **no tenga fácil acceso** a la máquina de anestesia, a los monitores o al paciente.
- El anestesiólogo suele ser un "**extraño en tierra desconocida**".



1. GENERALIDADES DE LA AFQ

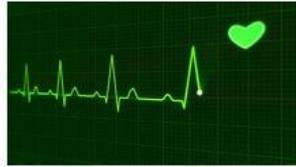
1.1. MONITORIZACIÓN BÁSICA



Pulsioxímetro



PANI



ECG continuo



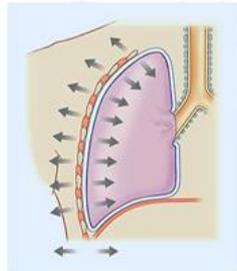
Oxígeno inspirado y espirado



Capnografía



N₂O y anestésicos volátiles



Presiones en vía aérea



Monitorización de la profundidad anestésica (TIVA)



TOF (si se emplean BNM)



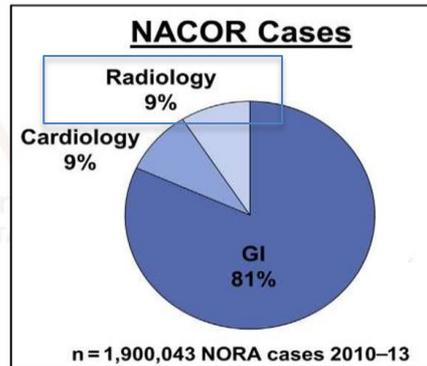
Diuresis + temperatura (si > 30 min de duración)

SARTD-CHGUV Sesión de Formación Continua
Valencia, 9 de julio de 2024

1. GENERALIDADES DE LA AFQ

1.2. SEGURIDAD

- Fuente de **oxígeno**.
- Sistema de **succión**.
- **Analizador** de gases.
- **Resucitador** auto-inflable.
- **Drogas** anestésicas y bombas de infusión.
- Equipo de **monitorización** y alarmas.
- **Suministro** eléctrico.
- **Iluminación** adecuada.
- Material de **resucitación**.
- Cuidados **postanestésicos** adecuados.
- **Personal** entrenado. **Equipo** multidisciplinar.



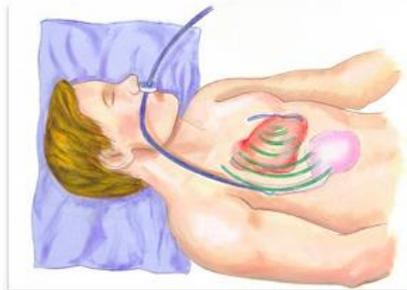
SARTD-CHGUV Sesión de Formación Continua
Valencia, 9 de julio de 2024

1. GENERALIDADES DE LA AFQ

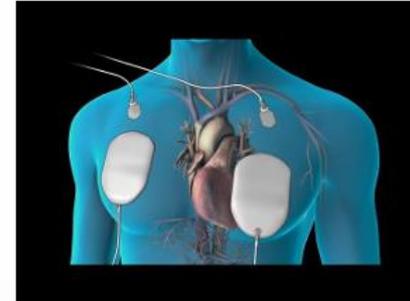
1.3. PRINCIPALES PROCEDIMIENTOS



Radiología intervencionista



Ecocardiografía transesofágica



Electrofisiología



Cardiología intervencionista



Endoscopias



Resonancia magnética y TAC

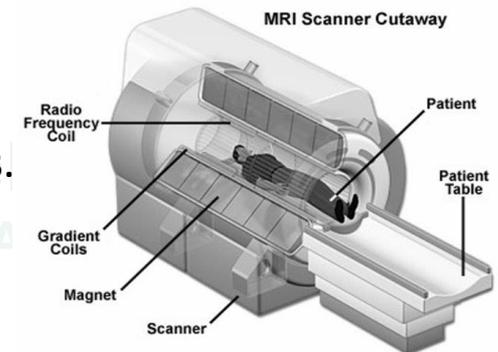


2. GENERALIDADES DE LA RMN

Basic Principles of Magnetic Resonance Imaging

Joseph C. McGowan, PhD, PE^{a,b,*}

- Modalidad de **imagen clínica** de alta calidad (3 dimensiones) muy extendida, con una aplicabilidad generalizada, principalmente no invasiva.
- Puede aplicarse a cualquier parte del cuerpo y en múltiples **patologías** (neurológicas, cardiovasculares, oncológicas, vasculares, hepáticas, pélvicas, y musculoesqueléticas). Permite evaluar la respuesta al tratamiento.
- Permite obtener estudios **anatómicos y funcionales**.
- Permite una exquisita diferenciación de los **tejidos blandos**.
- No genera **radiación** ionizante.
- Los **artefactos** pueden comprometer la calidad de la imagen.
- Bloch y Purcell (1952). Paul Lauterbur en los años 70. En 1981 **Aberdeen Royal Infirmary** realizó la primera exploración clínica.



2. GENERALIDADES DE LA RMN

2.1. EPIDEMIOLOGÍA

- Enorme **aumento** en el uso de esta modalidad en el entorno clínico.
- 80 millones de procedimientos de RM cada año en todo el mundo.
- Coste medio de **500 euros** por resonancia magnética.



2.2. INDICACIONES

- Patología de fosa **posterior** e infratentorial.
- Patología de los senos paranasales, **órbita** y pares craneales.
- Enfermedades inflamatorias y accesos **cerebrales**.
- ACV.
- Patología **medular**.
- Patología **desmielinizante**.
- **Malformaciones** vasculares y de vía aérea.
- Patología **hepática**.
- Patología **musculoesquelética** de partes blandas.

2. GENERALIDADES DE LA RMN

2.3. PRINCIPIOS FÍSICOS

- Procesos de **transferencia de energía** que subyacen a la polarización y relajación de los espines de las partículas magnetógenas.
- **Interacciones** entre un campo magnético estático generado por el escáner y pequeños campos que surgen de núcleos atómicos individuales.
- La mayoría de los sistemas clínicos están sintonizados para interactuar con los núcleos de **hidrógeno**.
- Principio fundamental de la resonancia magnética: una muestra y un imán más grande proporcionan una **mejor señal**.

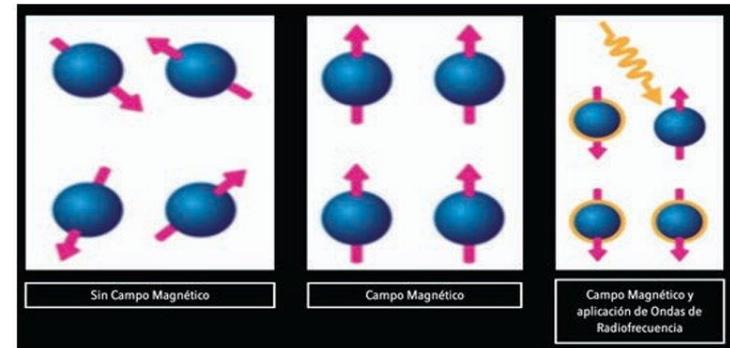


Figura 1. Bases físicas de la RM. Campo magnético y pulso de radiofrecuencia.

2. GENERALIDADES DE LA RMN

2.3. PRINCIPIOS FÍSICOS

- **T1:**
 - Relajación de la red de espín.
 - Describe el intercambio de energía entre el sistema de espín y el medio ambiente.
 - La grasa aparece brillante y el agua aparece oscura.
- **T2:**
 - Coherencia del sistema de espín, una medida de cuán "juntos" están los espines.
 - La grasa aparece más oscura que el agua.
 - Identifica el tejido edematoso.

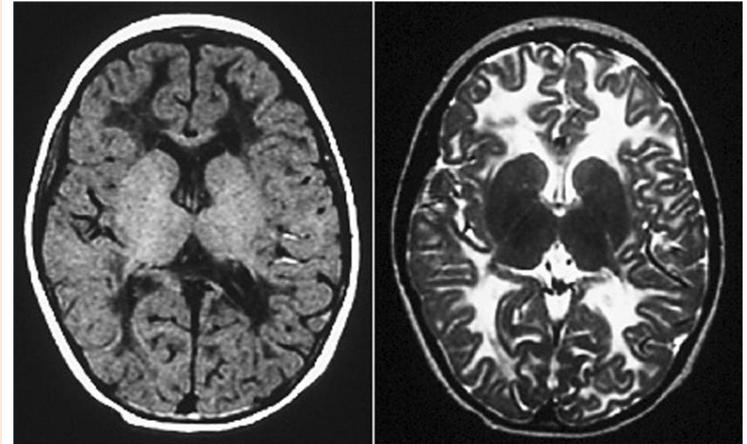


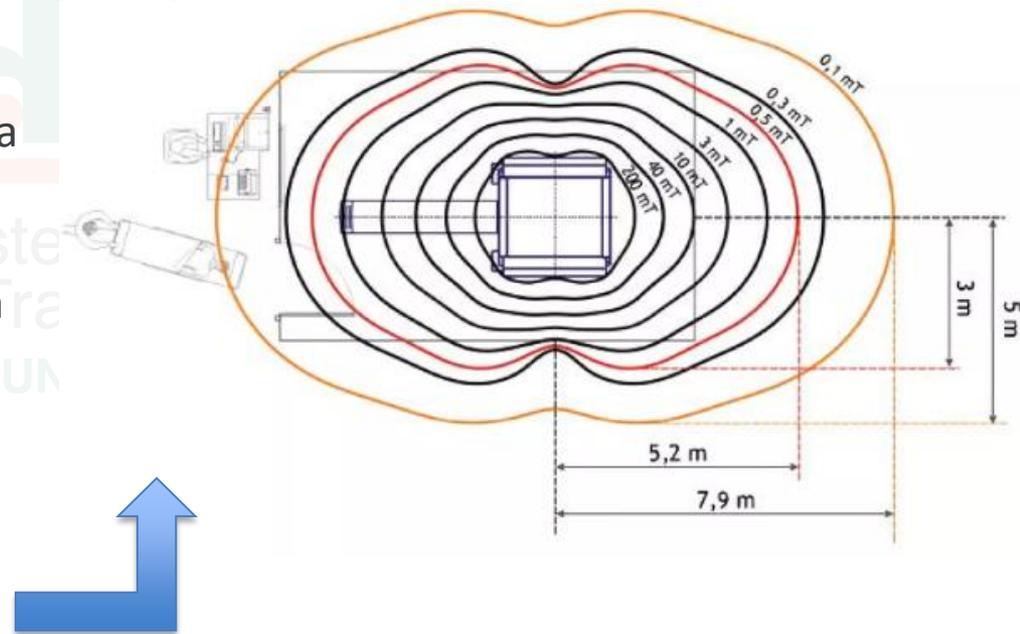
Figure 1. T1

Figure 2. T2

2. GENERALIDADES DE LA RMN

2.3. PRINCIPIOS FÍSICOS

- Requiere fuertes **campos magnéticos** de entre 0,2 y 3,0 Tesla.
- Más frecuente: **1,5 T** (alrededor de 30.000 veces el campo geomagnético de la Tierra).
- La calidad de la imagen depende de la **intensidad** del campo magnético.
- Para minimizar la resistencia eléctrica de las bobinas superconductoras se sumergen en **helio** líquido.
- La intensidad del campo magnético **disminuye** exponencialmente a medida que aumenta la distancia al imán.



2. GENERALIDADES DE LA RMN

Practice Advisory on Anesthetic Care for Magnetic Resonance Imaging

An Updated Report by the American Society of Anesthesiologists Task Force on Anesthetic Care for Magnetic Resonance Imaging

2.3. PRINCIPIOS FÍSICOS

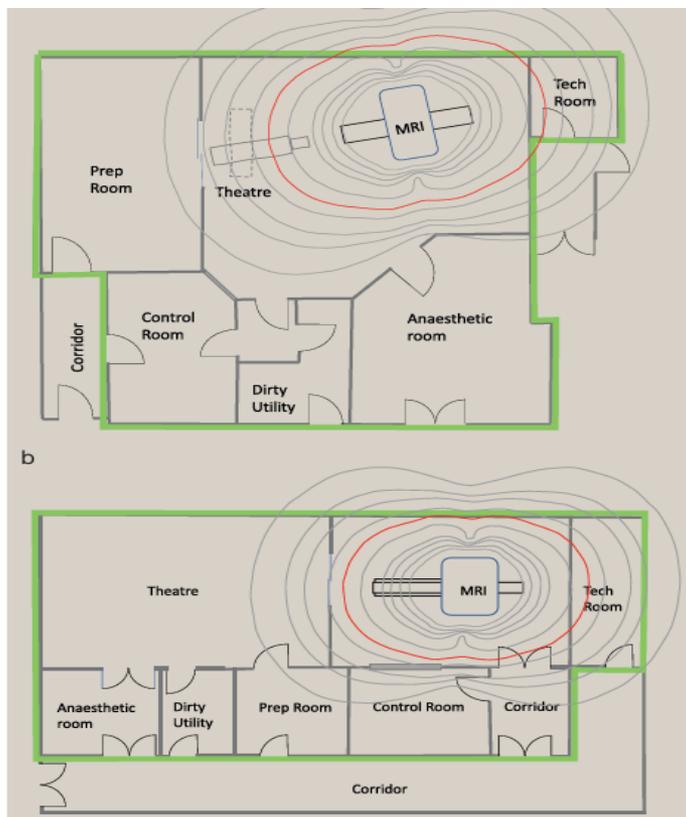


Figure 1 (a) Schematic of layout of the National Hospital for Neurology and Neurosurgery interventional MRI unit showing the extend of the 5-Gauss line in red. The operating table can rotate and attach to the scanner table. The dashed lines show the position of the table during surgery. (b) Schematic of layout of a two-room interventional MRI unit. The magnetic field lines are displayed for illustrative purposes. The MR Controlled Access areas are shown in green.

- **Zona 1:** acceso libre.
 - **Zona 2:** interfaz entre zona controlada y no controlada.
 - **Zona 3:** estrictamente restringida.
 - **Zona 4:** sala de imanes.
-
- Personal de atención médica no debe exceder un promedio ponderado en el tiempo de **200 mT** durante un período de 8 horas.

 - Lo ideal sería que todo el personal **abandonara** la sala de examen de resonancia magnética mientras se realiza la exploración.

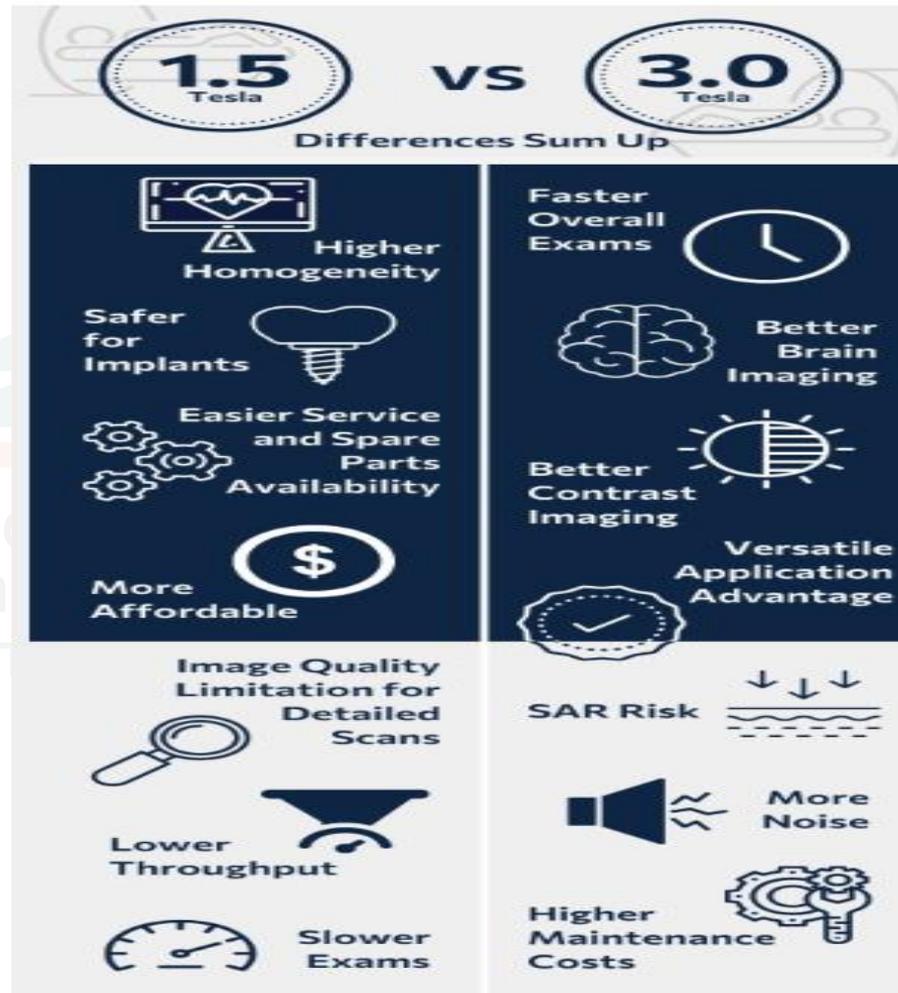
2. GENERALIDADES DE LA RMN

Effectiveness and safety of MRI 3 teslas *versus* MRI 1.5 teslas. Systematic Review.

2.4. TIPOS DE RMN

- Exámenes clínicos de rutina se pueden realizar utilizando bobinas de **1,5 Tesla o 3 Tesla**.
- **Ventajas 3T:** mayor resolución espacial y/o temporal (estructuras pequeñas), dosis reducida de agente de contraste, mayor calidad de imagen, tiempo de obtención de imágenes más corto, mayor capacidad para detectar enfermedad arterial coronaria, patología musculoesquelética y tumoral.
- **Inconvenientes 3T:** los artefactos relacionados con la susceptibilidad son más pronunciados, mayor SAR (evitar en embarazadas), mayor coste, menor seguridad en pacientes con dispositivos.
- La mayoría de estudios ofrecen igual **calidad** diagnóstica entre ambas intensidades de campo.
- Siempre escoger la técnica **más adecuada** para cada paciente y cada patología.

Difference Between 1.5 Tesla and 3 Tesla MRI Scanner – Price, Use, and More



SARTD-CHGUV Sesión de Formación Continua
Valencia , 9 de julio de 2024

3. SEGURIDAD Y MONITORIZACIÓN

Guidelines for the safe provision of anaesthesia in magnetic resonance units 2019

Guidelines from the Association of Anaesthetists and the Neuro Anaesthesia and Critical Care Society of Great Britain and Ireland

- Generalmente **muy seguras**.
- Las salas de radiología suelen estar **aisladas** de el resto del hospital.
- Fuerte campo **magnético** , pulsos de radiofrecuencia.
- **Acceso muy limitado al paciente** y a la vía aérea.
- **Visión limitada** del paciente y de los monitores.
- **Telemetría**: el anestesiólogo monitorea al paciente desde una sala de control.
- La unidad de RM debe tener un anestesista principal y un equipo **multidisciplinar**.
- Todo el equipo anestésico y la monitorización en la sala de RM deben ser **compatibles**.
- Equipos **no compatibles**: graves riesgos para el paciente.
- Equipos **compatibles**: más frágiles y costosos.

SARTD-CHGUV Sesión de Formación Continuada
Valencia , 9 de julio de 2024

3. SEGURIDAD Y MONITORIZACIÓN

- **"Seguro" para RM:** no presenta riesgos conocidos en ningún entorno de RM.
- **"Condicional" para RM:** no presenta ningún peligro conocido. La mayoría de equipos de monitorización.
- **"Inseguro" para RM:** presentan riesgos en todos los entornos de RM.

Understanding MRI Safety Labeling

The MR environment has unique safety hazards for patients with implants, external devices and accessory medical devices. Implants, medical devices and other equipment used in or near the MR environment should be labeled as **MR Unsafe**, **MR Conditional**, or **MR Safe**.



MR Unsafe items should not enter the MRI scanner room. Patients with MR Unsafe devices should not be scanned.

MR Conditional items may safely enter the MRI scanner room only under the very specific conditions provided in the labeling. Patients should not be scanned unless the device can be positively identified as MR Conditional AND the conditions for safe use are met.

The conditions for safe use will be different based on the intended use of the device.

For **items intended to enter the bore of the MRI system**, the MRI Safety labeling should be matched with the MRI system for:

- Static field strength
- Maximum spatial field gradient
- dB/dt limitations (usually only applicable to active implants)
- SAR limits
- Any other conditions needed for safe use of the device, for example restrictions on the types of coils that may be used

When present, information about expected temperature rise and artifact extent may inform the risk/benefit decision of whether or not a patient should undergo an MRI examination. Expected temperature rise and artifact extent information are not conditions that must be met.

Items NOT intended to enter the bore of the MRI system usually have gauss line positioning restrictions or requirements to tether or affix the device to an unmovable part of the room.

MR Safe items pose no safety hazards in the MR environment. They may be placed anywhere in the MR environment. Patients with MR Safe devices have no scanning restrictions.



SARTD-CHGUV Sesión de Formación Continuada
Valencia , 9 de julio de 2024

3. SEGURIDAD Y MONITORIZACIÓN

- La resonancia magnética puede **interferir** con la monitorización y los monitores pueden interferir con la resonancia magnética.
- **Quemaduras:** acolchado entre todos los cables y la piel del paciente. Cuidado con pulsioxímetros no compatibles (usar pulsioxímetros de fibra óptica).
- **ECG:** electrodos compatibles con RM.
 - La monitorización del ECG puede resultar afectado por el campo magnético.
 - Los monitores compatibles con RMN no permiten analizar el segmento ST.
- **Presión arterial no invasiva:** conexiones de plástico.
- **Presión arterial invasiva:** la longitud de las líneas de presión debe minimizarse para reducir la amortiguación.

3. SEGURIDAD Y MONITORIZACIÓN

- **Capnografía** : retardo de tiempo (hasta 20 s) de la visualización forma de onda.
- El cableado de **fibra óptica o de fibra de carbono** debe utilizarse siempre que sea posible.
- Las **bombas** de infusión pueden fallar si están cerca del imán.
- Jaulas de RF (**Faraday**) para evitar interferencias de escaneo. 
- Sistemas de **eliminación de gases** compatibles con RM.



3. SEGURIDAD Y MONITORIZACIÓN

Table 4: MRI compatible equipment required routinely

Equipment	Description
ECG	High impedance graphite electrodes and leads (thermal injury has been reported)
Blood pressure	Oscillometer with nonferrous gauge
Respiratory gas analyser	Side stream sampling with long sampling line
Pulse oximeter	Non-ferromagnetic with fiberoptic signals
Laryngoscope	Plastic scopes with paper or aluminium covered lithium cells
Temperature probe	Skin temperature sensing strips with radiofrequency filters
Stylet	Copper model to be used
Endotracheal tube	Spring within the cuff valve may distort images; nonmagnetic version needs to be used. Metal reinforced tubes & metal connectors need to be avoided
Laryngeal Mask Airway	Spring within the cuff valve may distort images; reinforced LMA (Proseal) LMA cannot be used
Infusion Pumps	Not permitted inside the MRI suite. Extensions are needed
Self-inflating bag	Need to be valve less with no ferromagnetic parts
Suction apparatus	Wall mounted with a 10-meter tubing
Anaesthesia workstation	Nonmagnetic machine, aluminum cylinders required (e.g., Aestiva-5 MRI workstation from Datex Ohmeda)
Defibrillator	Not permitted into the MRI suite. Resuscitation usually carried out outside magnetic field

3. SEGURIDAD Y MONITORIZACIÓN



Fig 1. Anaesthetic set-up for ultra-high-field anaesthesia, including an MR conditional Fabius MRI Dräger anaesthesia machine (Dräger, Lübeck, Germany) and Philips Invivo MR400 monitoring system (Philips, Amsterdam, The Netherlands) around a 7T Siemens Magnetom Terra scanner (Siemens AG, Munich, Germany). The black and yellow dashed lines represent where the MR conditional anaesthesia machine should be positioned. The black dashed line around the MRI scanner represents the 40 mT line.

3. SEGURIDAD Y MONITORIZACIÓN

Safety checks for the provision of an anaesthesia service in the MRI suite:



Table 1

Brief “checklist” before sedation/anaesthesia is carried out.

Checklist	
Overview	1.How much space and time is available to the patient during the scan? 2.Where is the “CODE BLUE” 3.Where is the nearest telephone? 4.Where is the nearest laryngeal mask or tracheal tube? 5.Where are the safety sockets? 6.Where is the nearest defibrillator?
Iv. accesses	1.Does the patient have venous access? 2.Are there extra venous access devices here?
Airway management	Anaesthesia device 1.Are all anaesthesia equipment powered on? 2.Have the anaesthesia machine and monitor completed the self-check and function normally? 3.Is there enough sevoflurane in the anesthetic vaporizer? 4.Has the soda lime been replaced? 5.Is the suction device connected to the negative pressure system of the examination room? 6.Are the following materials in the anaesthesia cart? Tracheal aspirator and oral aspirator, suction catheters; Venturi masks; Adult and pediatric respirationloop Ventilation masks of various sizes, pediatric ventilation masks, endotracheal tubes (cuffed and uncuffed), laryngeal masks; Laryngoscope (handle, blades of various sizes and children's blades), batteries, shapeable guide wires, stethoscopes, syringes, tapes;
Medicines	Epinephrine, isoproterenol, atropine, ephedrine, amiodarone, dexamethasone, diphenhydramine, methylprednisolone, β-blockers, naloxone, flumazenil, neostigmine
Monitoring	Pulse oximetry (finger and ear clip), Capnography, Blood pressure cuffs of various sizes, ECG cable
Other	Oxygen cylinder, temperature probe

Consultant Date: DD / MM / YYYY Time: HH : MM Scanner	Patient's name: Date of birth: Hospital No. NHS No. (affix patient addressograph)	
Patient has a completed MR safety checklist signed by a radiographer?	Yes	No
The patient is on an MR Safe trolley or undocked scanner table?	Yes	No
All MR Unsafe devices (laryngoscope, sharps, flowtron, patient warmer, EasyWarm blanket, gas cylinder) have been removed from the patient?	Yes	No
Any drip stands are MR Conditional?	Yes (or not used)	No
The patient monitor is MR Conditional, including all probes and cables?	Yes (or not used)	No
All drug infusion pumps are:	Yes	No
<ul style="list-style-type: none"> MR Conditional Mounted on a stand Positioned to enter the scan room behind the patient? 		
The tracheal tube or laryngeal mask is not reinforced (reinforced tubing is not MR Conditional)?	Not reinforced	Reinforced
The pilot balloon is taped away from the area to be scanned?	Yes	No
Have all MR Unsafe ECG dots or earth patches been removed?	Yes	No
The patient has been provided with hearing protection (ear plugs)?	Yes	No (insert in OR)
Final check of patient bed for any MR Unsafe items is clear?	Yes	No
Any equipment you have not personally used in MRI before on the patient? (check with the team out-load even if it seems obviously MR Safe)	Nothing new	Yes (Check safe)
All staff are safety checked and have empty pockets?	Yes	No
Radiographer supervising transfer sign and print name		

3. SEGURIDAD Y MONITORIZACIÓN

Guidelines for the safe provision of anaesthesia in magnetic resonance units 2019



Association of Anaesthetists



naccs Neuro Anaesthesia & Critical Care Society of Great Britain and Ireland

-  All hospitals providing a service for anaesthesia within the MR unit should have a lead anaesthetist responsible for provision of anaesthesia for MRI.
-  Training should be provided for all grades of anaesthetist delivering anaesthesia in this remote area; all anaesthetists should have an understanding of the hazards involved in anaesthetising a patient in the MRI unit.
-  Anaesthesia/sedation for a patient needing an MRI scan, including intensive care unit (ICU) patients, should take into account the patient's pathophysiological status and the remote location of the MRI unit.
-  Whenever possible, anaesthesia in remote sites should be provided by appropriately experienced consultants.
-  When care is delegated to a trainee or Specialty and Associate Specialist (SAS) doctor, they should have the appropriate competencies and level of training.
-  It is not acceptable for inexperienced staff, unfamiliar with the MR environment, to manage a patient in this environment, particularly out-of-hours.
-  Patients must be accompanied to the scanner by appropriately trained staff members, and if an anaesthetic machine is being used, then the anaesthetist should be supported throughout by an anaesthetic assistant who should be suitably skilled, trained and familiar with the anaesthetic requirements.
-  All patients and staff must be screened for the presence of implants and devices that may be a contraindication to a safe scan. The referring team should discuss the safety of the devices with the MR Responsible Person and the anaesthetist to plan a suitable management strategy.
-  Anyone remaining in the scanning room should be provided with ear protection during scanning.
-  The MRI for patients should only be undertaken if the diagnostic benefit outweighs the risk. This discussion must involve the multidisciplinary team, particularly for a patient on the ICU.
-  The MR safety checklists for general anaesthesia, intra-operative MRI and for transfer of ICU patients should be used in conjunction with the World Health Organization (WHO) checklist.

SARTD-CHGUV Sesión de Formación Continua
Valencia, 9 de julio de 2024

3. SEGURIDAD Y MONITORIZACIÓN

3.1. EVENTOS ADVERSOS

- La mayoría de reclamaciones están relacionadas con problemas **respiratorios**.
- Alta incidencia de **desaturación** de oxígeno.
- **Extravasación del contraste** (más frecuente gadolinio que yodados pero menos tóxico).
- **Incendios.**
- Movimiento y calentamiento de dispositivos quirúrgicos implantables, bobinas de RF, contacto con metal en la ropa, cables de ECG: **quemaduras** graves y rápidas.
- **Tatuajes:** riesgo teórico de calentamiento de pigmentos.
- **Parches** farmacológicos: riesgo de calentamiento.

3. SEGURIDAD Y MONITORIZACIÓN

3.1. EVENTOS ADVERSOS

- **Enfriamiento del imán** (1000 litros de helio líquido) → Acumulación de helio → Condensación de oxígeno líquido
→ Asfixia → Evacuación inmediata
- Náuseas y **vértigo** causado por la excitación de los canales semicirculares.
- Estimulación de los nervios periféricos y las células musculares, causando a veces **calambres** fuertes.
- Niveles de **ruido** superiores al nivel seguro de 85 db (hasta 125 db). Pérdida de audición. **Protección** auditiva (paciente y personal).
- Dificultad para escuchar **alarmas**.
- **Errores de medicación**: largas líneas de infusión.
- **Hipotermia**: prevención de la pérdida pasiva de calor (especialmente niños).

3. SEGURIDAD Y MONITORIZACIÓN

EFEECTO PROYECTIL

- El campo magnético está siempre **encendido**, incluso entre exploraciones.
- Densidad de 5 microT (**30 G**), los objetos ferromagnéticos tienen riesgo de convertirse en proyectiles.
- **Aplastar** a un paciente o miembro del personal.
- Contorno **5G** : control de seguridad.
- Bolígrafos, pinzas, tijeras, estetoscopios, baterías que no sean de litio, calculadoras, cilindros ferromagnéticos de gas comprimido y otros objetos que contengan material ferromagnético.
- **Apagado** de emergencia , **evacuar** al paciente.

Welcome to MRIsafety.com!

YOUR RESOURCE FOR MRI SAFETY, BIOEFFECTS,
& PATIENT MANAGEMENT

MRIsafety.com is the premier information resource for magnetic
resonance safety.

**** MRI BIOEFFECTS, SAFETY, AND PATIENT
MANAGEMENT: SECOND EDITION book available at
Amazon.com ****
(PDF version is available at MRIsafetybook.com)



3. SEGURIDAD Y MONITORIZACIÓN

EMERGENCIAS



- **Acceso mínimo** al paciente impide una intervención rápida.
- La mayoría del equipo de reanimación **no es compatible** con la RMN por lo que se suele encontrar en una sala anexa.
- Se debe **evacuar** al paciente del campo magnético tan pronto como sea posible y trasladar fuera de la zona IV a un área equipada con equipo de reanimación.
- **Plan** de evacuación.
- **Señales** de advertencia claras.
- **Planificación** y vigilancia.
- **Protocolos**, ayudas cognitivas.

3. SEGURIDAD Y MONITORIZACIÓN

GADOLINIO

- Medio iónico de baja osmolaridad.
- Mejora la **resolución** de los tejidos y estructuras vasculares.
- El Gd-DTPA o gadopentetato de dimeglumina (**gadolinio**) se utiliza en dosis de 0,2 ml/kg .
- La principal vía de excreción es la **renal**.
- Insuficiencia renal aguda o grave, **gestantes** y recién nacidos no deben recibir gadolinio.

3. SEGURIDAD Y MONITORIZACIÓN

GADOLINIO

Contrastes basados en gadolinio utilizados en resonancia magnética

3

Tabla 1 Medios de contraste basados en gadolinio clasificados según su estructura química y estabilidad

Compuestos de alta estabilidad		Compuestos de estabilidad intermedia	Compuestos de baja estabilidad
Macrocíclicos iónicos	Macrocíclicos no iónicos	Lineales iónicos	Lineales no iónicos
Gadoterato de meglumina (Dotarem®)	Gadobutrol (Gadovist®) Gadoteridol (ProHance®)	Gadopentetato de dimeglumina (Magnevist®) Gadobenato de dimeglumina (MultiHance®) Gadoxetato de sodio (Primovist®) Gadofosveset (Vasovist®)	Gadodiamida (Omniscan®) Gadoversetamida (OptiMark®)

3. SEGURIDAD Y MONITORIZACIÓN

GADOLINIO

- Efectos secundarios **leves** son más frecuentes (náuseas, vómitos y dolor a la inyección).
- Alergia **menos** frecuente que al contraste yodado.
- Reacción **anafiláctica grave** (0,01% de incidencia).
- La mayoría son reacciones **anafilactoides** no inmunomediadas.
- Si es necesario: **premedicar** con corticoides + antihistaminicos.

Frequency and Severity of Acute Allergic-Like Reactions to Gadolinium-Containing IV Contrast Media in Children and Adults

Hypersensitivity to Gadolinium-Based Contrast Media

M. Teresa Gracia Bara^{1,2†}, Alicia Gallardo-Higueras^{1†}, Esther M. Moreno^{1,2,3,4*}, Elena Laffond^{1,2,3}, Francisco J. Muñoz Bellido^{1,2,3}, Cristina Martín^{1,2}, Miriam Sobrino^{1,2}, Eva Macías^{1,2,3}, Sonia Arriba-Méndez^{1,2,3}, Rosita Castillo¹ and Ignacio Davila^{1,2,3,4}

TABLE 2. Classification System of Acute Adverse Reaction to Contrast Media

	Allergic-like	Physiologic
Mild	Patchy urticaria Subcutaneous edema Conjunctivitis/rhinorrhea	Transient nausea Flushing/chills Headache/anxiety Mild hypertension Transient vasovagal reaction
Moderate	Diffuse urticaria Facial edema without dyspnea Throat tightness without dyspnea Bronchospasm	Protracted nausea/vomiting Hypertensive urgency Chest pain Vasovagal reaction necessitating treatment
Severe	Facial edema with dyspnea Diffuse erythema with hypotension Laryngeal edema ± stridor/hypoxia Bronchospasm with pronounced hypoxia Anaphylactic shock	Vasovagal reaction unresponsive to treatment Hypertensive emergency Arrhythmia Seizures

3. SEGURIDAD Y MONITORIZACIÓN

GADOLINIO

- **Fibrosis sistémica nefrogénica** o dermatopatía fibrosante nefrogénica es una reacción **grave** y tardía, observada en asociación con **insuficiencia renal** y/o hepática (TFG < 30 ml/min).
- La mayoría de los casos están relacionados con la **gadodiamida**.
- **Nuevos compuestos** de contraste macrocíclicos de gadolinio evitan este efecto adverso.

Función renal, fibrosis sistémica nefrogénica y otras reacciones adversas asociadas a los medios de contraste basados en el gadolinio

Ana Canga¹, Maria Kislikova², María Martínez-Gálvez³, Mercedes Arias⁴, Patricia Fraga-Rivas⁵, Cecilio Poyatos⁶, Ángel L.M. de Francisco²

Tabla 2 Clasificación de los medios de contraste basados en gadolinio en función del riesgo de aparición de fibrosis sistémica nefrogénica

Bajo riesgo de aparición de FSN	Riesgo intermedio de aparición de FSN	Alto riesgo de aparición de FSN
Gadoterato de meglumina Gadoteridol	Gadobenato de dimeglumina Gadoxetato de disodio	Gadodiamida Gadoversetamida
Gadobutrol	Gadofosveset	Gadopentetato de dimeglumina

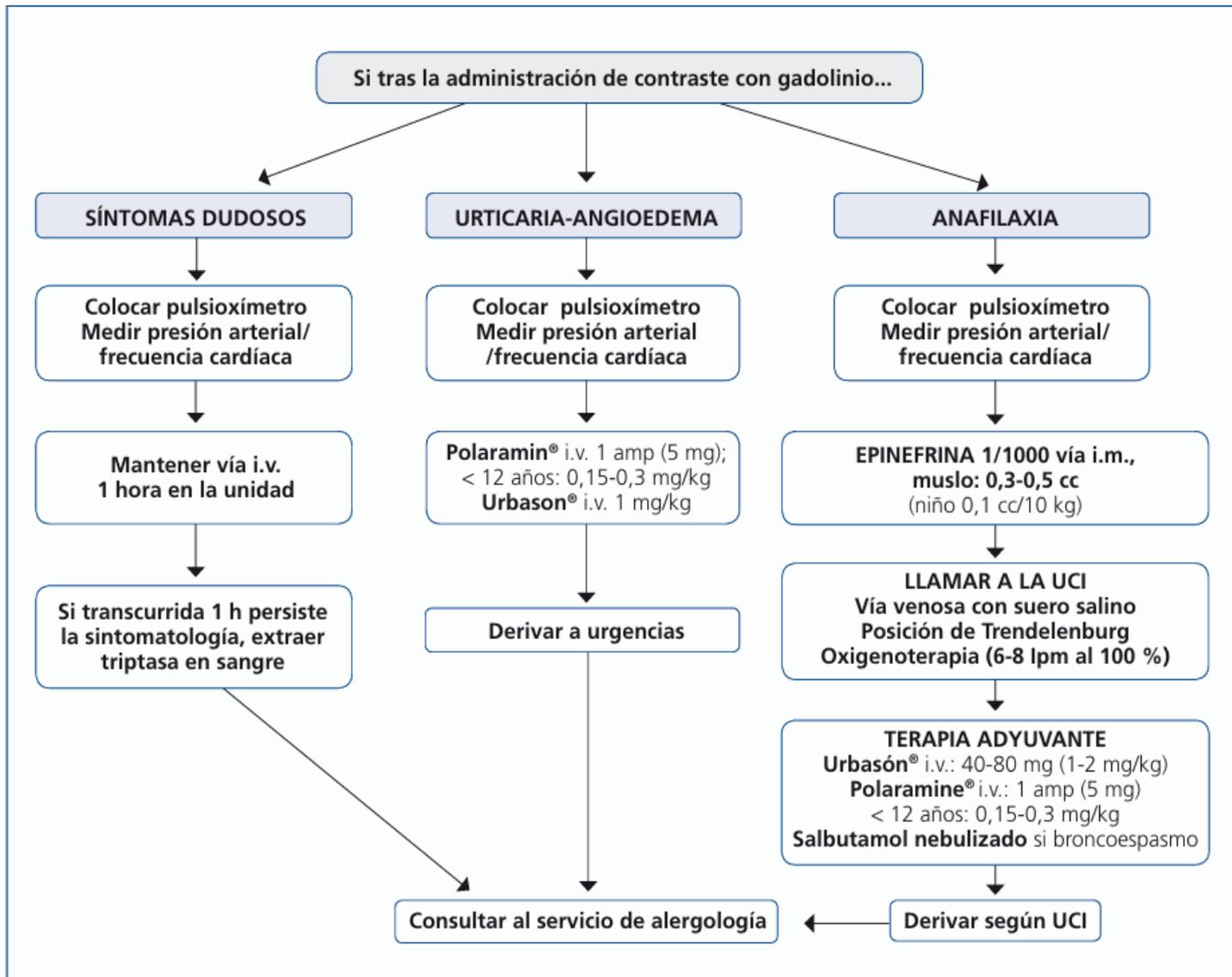


Figura 1. Protocolo de tratamiento a las reacciones adversas con gadolinio.

SARTD-CHGUV Sesión de Formación Continua
Valencia , 9 de julio de 2024

3. SEGURIDAD Y MONITORIZACIÓN

CLAUSTROFOBIA



- El escaneo puede tardar hasta **2 horas** → Terminación precoz del estudio
- Hasta el 37% de los pacientes que se sometieron a una resonancia magnética informaron **ansiedad** de moderada a alta.
- Hasta el 10% de los pacientes no puede someterse a una resonancia magnética debido a un desencadenante de **claustrofobia** grave o requieren sedación.
- Contraindicación **relativa** para RMN.
- Principal FR: pacientes **ansiosos**.

3. SEGURIDAD Y MONITORIZACIÓN

CLAUSTROFOBIA



- **Nuevos escáneres** de RM cerrados con diseño centrado en el paciente (calibre corto y ancho).
- Escáneres **abiertos**.
- Pacientes **sentados** y en posición vertical.
- Reducción de **ruido**.
- Poner a los pacientes **boca abajo** durante el examen.
- Presencia de un **familiar** o amigo en la habitación.
- Música, gafas prismáticas.
- Técnicas de **desensibilización**.
- Intervención **psicológica**.
- **Sedación**, ansiólisis.

Quality and Reliability Analysis of YouTube Videos on Magnetic Resonance Imaging Claustrophobia



Fuldem Mutlu ¹, Erbil Arik ²

Randomized controlled trial on the effects of mindfulness-based respiratory decompression therapy in claustrophobic patients undergoing MRI inspection

Yi Zhou, Yanqing Cao, Shan Xu, Sijin Li, Yidan Liang, Wei Zhang* and Yunping Xiao*



Figure 1. Appearance of the clinical MR scanners used. **a:** Conventional MR scanner with a flat front and a bore with a length of 2.25 m and a width of 0.6 by 0.53 m. **b:** Recent MR scanner with a short (1.6 m) and wider conical-shaped magnetic bore (0.6 m).

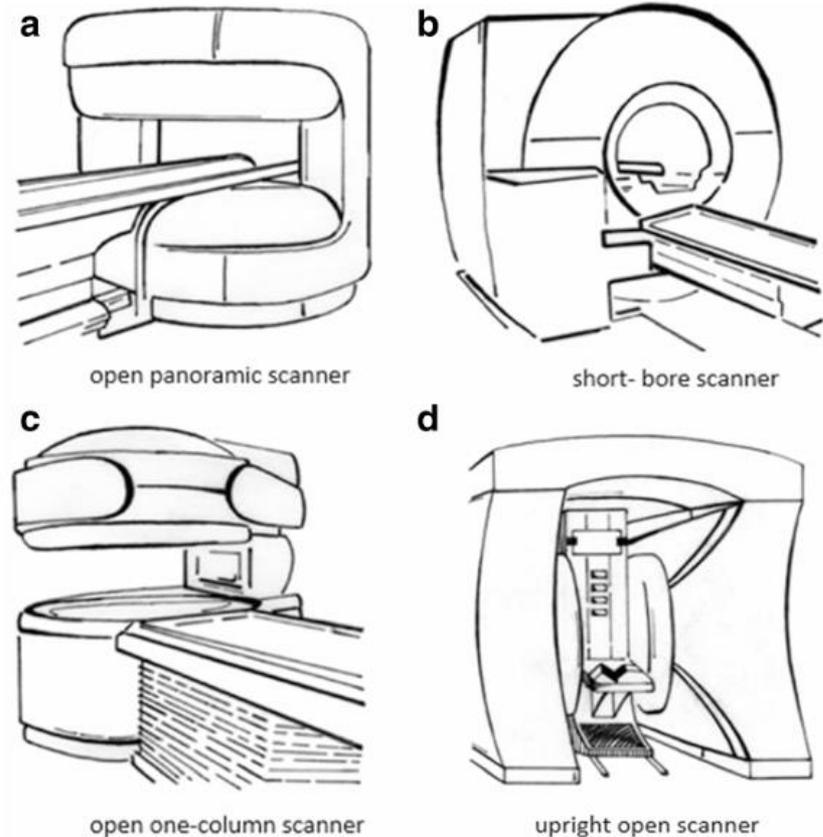
3. SEGURIDAD Y MONITORIZACIÓN

Reduction of claustrophobia during magnetic resonance imaging: methods and design of the "CLAUSTRO" randomized controlled trial

Judith Enders¹, Elke Zimmermann¹, Matthias Rief¹, Peter Martus², Randolf Klingebiel³, Patrick Asbach¹, Christian Klessen¹, Gerd Diederichs¹, Thomas Bengner⁴, Ulf Teichgräber¹, Bernd Hamm¹, Marc Dewey¹

RNM ABIERTA VS CERRADA

- Sistemas "**abiertos**" utilizan un par de imanes que pueden ser superconductores.
- Procesos **intervencionistas** (biopsia guiada por imágenes, cateterismo cardíaco) y para pacientes **claustrofóbicos** u obesos.
- Intensidades de campo **más bajas** con una menor calidad de imagen y tiempos **más prolongados**.
- Los escáneres de RM abiertos **recientemente introducidos** cuentan con una visión panorámica, un alto campo (1,0 T) y un alto gradiente.



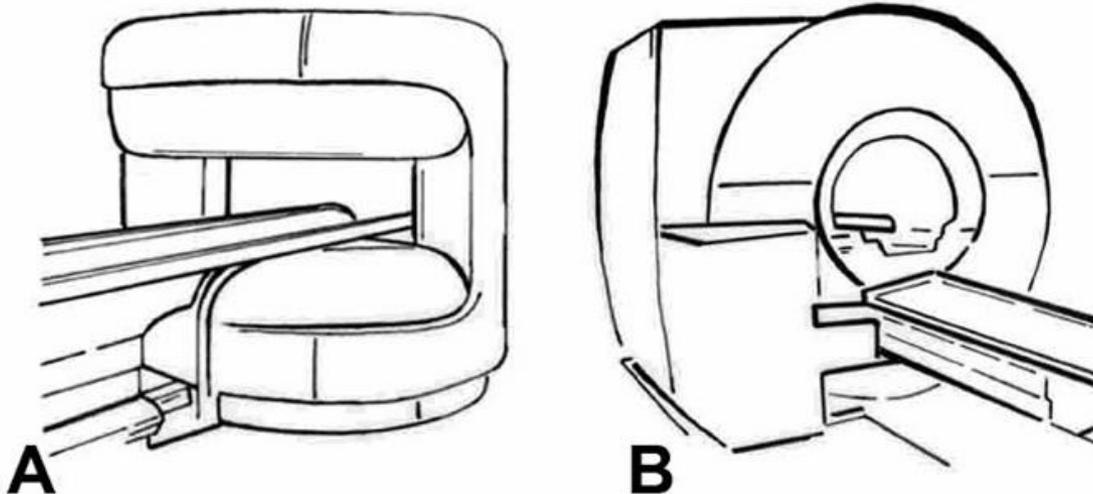


Figure 2 Drawings of the two MR scanners to which patients will be randomized in the study. Panel A shows the open MR scanner with a vertical magnetic field with 1.0-T field strength (Panorama, Philips), up to 26 mT/m gradient strength, acoustic scanner noise of maximum 150 dB(A), and a 0.45 m high and 1.6 m wide patient aperture (0.7 m wide patient table). Panel B shows the closed MR scanner with 1.5-T field strength, up to 45 mT/m gradient strength, 97% noise reduction to below 99 dB(A), and a conical shaped wide (0.6 m) and short (1.5 m) bore resembling the gantry of a computed tomography scanner, which has been shown to reduce claustrophobia by a factor of 3 (Magnetom Avanto, Siemens).

**SARTD-CHGUV Sesión de Formación Continuada
Valencia , 9 de julio de 2024**

3. SEGURIDAD Y MONITORIZACIÓN

RNM CERRADA

VENTAJAS

- Mayor precisión diagnóstica.
- Menor tiempo de estudio.
- Mayor calidad de imagen.
- Mejor para lesiones de partes blandas, neurológicas y vasculares.

DESVENTAJAS

- Paciente totalmente inmóvil.
- Claustrofobia.
- Ruidoso.
- Sobrepeso.

RNM ABIERTA

VENTAJAS

- No claustrofobia.
- Menos ruido.
- Más barata.

DESVENTAJAS

- Menor calidad de imagen.
- Menor rentabilidad diagnóstica.

3. SEGURIDAD Y MONITORIZACIÓN

TASA DE ABSORCIÓN ESPECÍFICA (SAR)

- Mide la **deposición de energía** y se define como potencia de RF absorbida por unidad de masa del tejido (vatios/kg).
- Linealmente proporcional a la **intensidad** del campo.
- Depende de múltiples **factores**, como la forma del cuerpo, la superficie, la composición y la ubicación espacial dentro del escáner.
- Requiere su **modificación** en pacientes portadores de dispositivos o prótesis.
- Al disminuir el SAR disminuye la **temperatura** que alcanza el área estudiada.
- Una disminución del SAR puede aumentar el **tiempo** de adquisición de una secuencia.

3. SEGURIDAD Y MONITORIZACIÓN

3.2. MANEJO DE DISPOSITIVOS

Resonancia magnética para portadores de dispositivos cardiovasculares.
Consenso SEC-GT CRMTC/SEC-Asociación del Ritmo Cardíaco/SERAM/
SEICAT

DISPOSITIVOS CARDIACOS

- El número de pacientes con diferentes dispositivos cardiovasculares ha **crecido** de manera exponencial.
- Tradicionalmente **contraindicación absoluta**, aunque algunos pacientes pueden ser explorados en condiciones estrictamente controladas en centros especializados con ciertas condiciones de seguridad → **contraindicación "relativa"**
- La mayoría de los dispositivos fabricados actualmente son RM **condicionales**.
- Artafectar a la calidad de la imagen y **comprometer** la validez del estudio.
- Técnicas de imágenes **alternativas** y evaluar riesgos vs. beneficios y siempre consentimiento informado.
- **Verificar** con el fabricante y valoración con Electrofisiología.

SARTD-CHGUV Sesión de Formación Continua

Valencia , 9 de julio de 2024

3. SEGURIDAD Y MONITORIZACIÓN

3.2. MANEJO DE DISPOSITIVOS

DISPOSITIVOS CARDIACOS

- Microdesplazamientos y vibración de los catéteres → fallo de sensado, de captura o aumento de los umbrales
- MCP y TRC pueden **desactivarse** o **reprogramarse** a un modo asíncrono (VOO).
- DAI: Desactivar la función **antitaquicardia**.
- **Válvulas** cardíacas protésicas biológicas y mecánicas, TAVI, cerclajes de esternotomía, endoprótesis aórticas, dispositivos de oclusión cardíaca, filtros de vena cava, y todos los *stents* coronarios se consideran seguros hasta 3 T.
- **No seguros:** asistencias ventriculares, catéter de *Swan-Ganz*.

Condición	Recomendación	Comentario
Interrogación antes de la RM	En todos los casos	Independientemente de la condición del sistema y para hacer una comprobación previa de su estado
Disponible modo de RM	Se recomienda su activación	Ajuste de parámetros acorde a las necesidades particulares de cada paciente
Modo de estimulación	DOO/VOO	Pacientes dependientes
	DDI/VVI	Pacientes con ritmo intrínseco (no dependientes)
	ODO/OVO/OAO/OOO	Pacientes no dependientes como alternativa al anterior
Parámetros de estimulación	Estimulación bipolar/amplitud 5 V/anchura de impulso 1 ms	Como norma general en todos los dispositivos
Parámetros de sensado	Sensado bipolar	Como norma general en todos los dispositivos
Funciones adicionales de estimulación	Desactivadas	Respuesta a la caída de frecuencia, funciones de optimización de la resincronización (respuesta a la fibrilación auricular conducida, disparo por sensado de extrasístoles, etc.), terapia antitaquicardia auricular, etc.
Funciones antitaquicardia de DAI	Desactivadas	Desactivar sensado y terapias de taquicardia ventricular/fibrilación ventricular
Acompañamiento y monitorización del paciente durante la RM	Monitorización ECG/pulsioximetría	En todos los casos
	Disponibilidad de equipo para resucitación avanzada	En todos los casos
	Personal sanitario en sala con capacidad de asistencia inmediata y soporte vital	En todos los casos
	Personal cualificado en sala con capacidad de programación inmediata del dispositivo	En caso de sistemas no condicionales con RM y pacientes dependientes
	Personal cualificado en el entorno hospitalario con capacidad de programación inmediata del dispositivo	En caso de sistemas no condicionales con RM y pacientes no dependientes Acorde a la política del centro en el caso de sistemas condicionales con RM
Reprogramación tras la RM	Inmediata	Sistemas no condicionales con RM; sistemas programados a modo ODO/OVO/OAO/OOO; sistemas DAI
	Dentro de las 24 h	Pacientes dependientes con sistemas de estimulación condicionales con RM y modo de estimulación DOO/VOO
	Dentro de las primeras 48 h	Pacientes no dependientes con sistemas de estimulación condicionales con RM y modo de estimulación DDI/VVI
Seguimiento evolutivo	Al cabo de 1 semana. Valorar la posibilidad de efectuarlo mediante seguimiento a distancia	Interrogación general del estado del sistema

SARTD-CHGUV Sesión de Formación Continuada

Valencia , 9 de julio de 2024

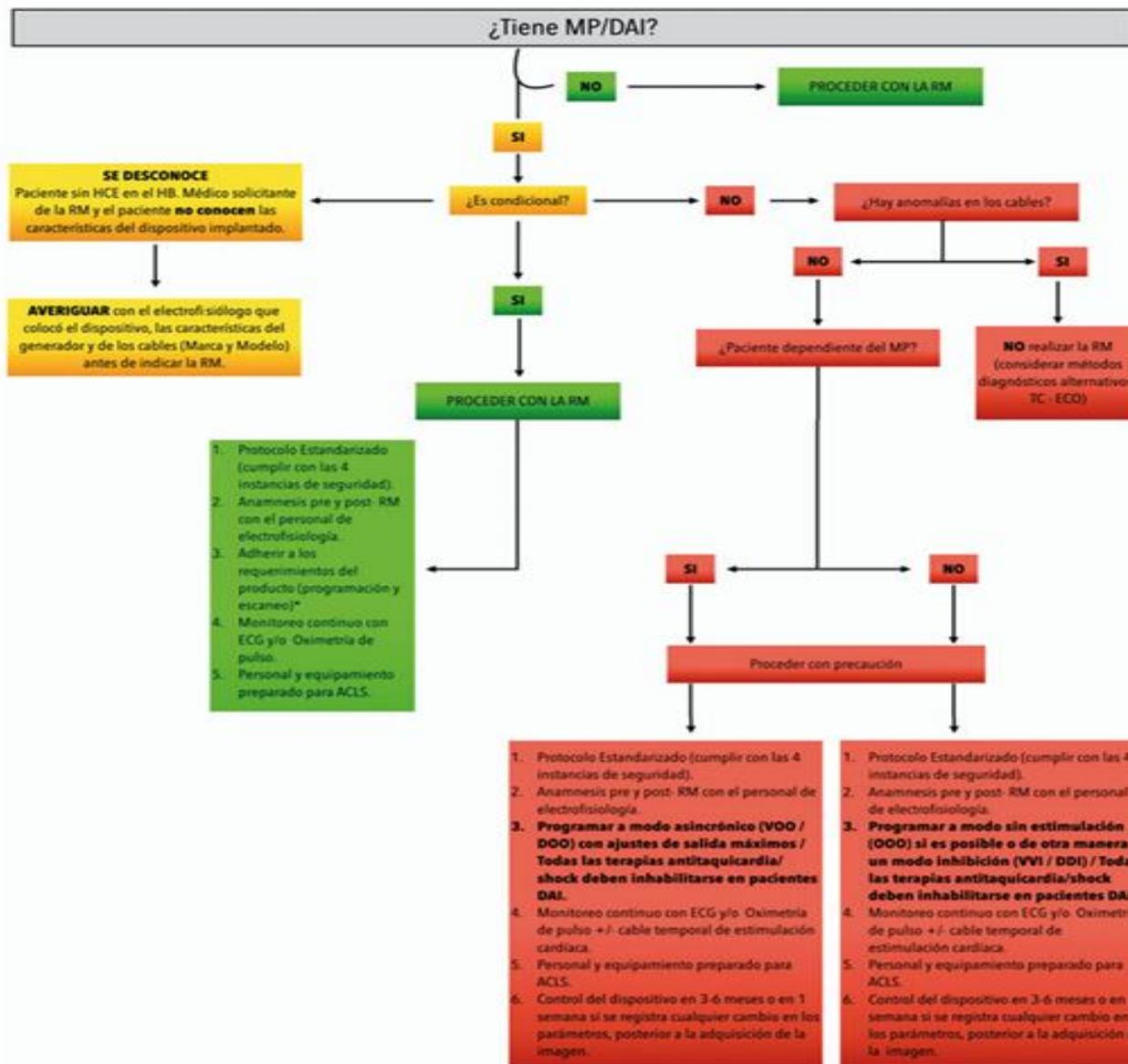


Figura 8. Algoritmo en el manejo de pacientes portadores de dispositivos electrónicos cardioimplantables que son referidos al Departamento de RM (Adaptado desde las guías de la Heart Rhythm Society; 2017). *Protocolo de RM: SAR < 2,0 W/kg; Cabeza: SAR < 3,2 W/kg.

3. SEGURIDAD Y MONITORIZACIÓN

3.2. MANEJO DE DISPOSITIVOS

DISPOSITIVOS NEUROLÓGICOS

- **Válvulas de derivación:** Generalmente compatibles. Drenaje insuficiente o excesivo después de la exploración. Derivaciones programables que no se ven afectadas por la RM.
- **Neuroestimuladores:** daños térmicos.
- **Bombas** analgésicas o de baclofeno: contraindicación relativa.
- **Clips de aneurisma** intracraneal de acero inoxidable pueden desprenderse y están contraindicados. Los de titanio son compatibles.
- Sistemas de **estimulación** cerebral profunda: SAR de no más de 0.4 W/kg.
- **Estimuladores** medulares: compatibles.

3. SEGURIDAD Y MONITORIZACIÓN

3.2. MANEJO DE DISPOSITIVOS

DISPOSITIVOS NEUROLÓGICOS

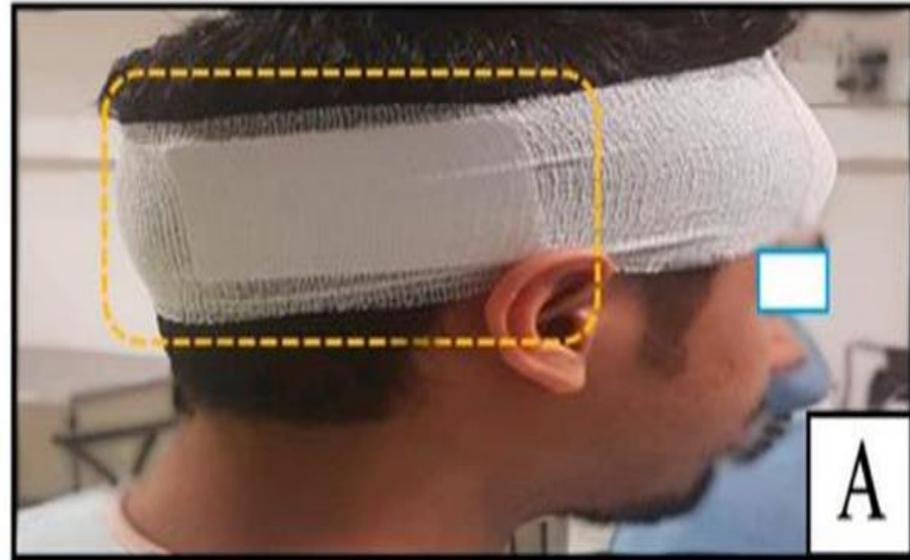
- **Placas** de fijación de colgajos óseos intracraneales: compatibles.
- **Catéteres** epidurales: compatibles.
- **Biohacking** : bajo riesgo pero pueden causar artefactos.
- Implantes **retinianos**: compatibles.
- Dispositivos de drenaje de **glaucoma**: condicionales.

3. SEGURIDAD Y MONITORIZACIÓN

3.2. MANEJO DE DISPOSITIVOS

IMPLANTES COCLEARES

- Tradicionalmente contraindicación **absoluta** → extracción y reemplazo quirúrgico del imán.
- **Actualidad:** Existen dispositivos con compatibilidad con RM de 1,5 T y 3 T (modelo PULSAR CI100).
- **Resto:** extracción del imán del componente interno del IC y utilización de vendajes cefálicos o férulas.
- Valoración previa por **ORL**.
- **Valoración** riesgo vs beneficio.



SARTD-CHGUV Sesión de Formación Continuada
Valencia , 9 de julio de 2024

3. SEGURIDAD Y MONITORIZACIÓN

3.2. MANEJO DE DISPOSITIVOS

Seguridad en RM: Qué se puede y qué no se puede introducir en un equipo de RM.

OTROS DISPOSITIVOS

- **Piercings y tatuajes:** riesgo de quemaduras pero no contraindican la RM.
- **Grapas** quirúrgicas: compatibles
- **Bombas** de insulina: las externas deben retirarse y las internas depende del modelo.
- **Implantes** de pene y mamarios: condicionales.
- Dispositivos **contraceptivos:** compatibles
- **Implantes dentales:** compatibles.
- **Bombas de O2:** contraindicación absoluta (efecto proyectil).
- **Dispositivos de fijación externa:**
 - Múltiples componentes.
 - Principal riesgo: calentamiento y vibración.

RM-Compatibles	Contraindicación relativa (riesgo intermedio)	RM-Contraindicados
<ul style="list-style-type: none"> • Válvulas cardíacas • Anillos de anuloplastia • Clips hemostáticos • Stents coronarios 	<ul style="list-style-type: none"> • MP • DAI 	<ul style="list-style-type: none"> • Electrodos ECG
	<ul style="list-style-type: none"> • Catéteres/accesorios cardiovasculares 	
<ul style="list-style-type: none"> • Válvulas de derivación LCR • Catéter dural intraespinal • Ojo biónico (implante retina) • Implantes de conducción auditiva (Baha) 	<ul style="list-style-type: none"> • Sistemas de estimulación cerebral profunda • Implante drenaje glaucoma 	<ul style="list-style-type: none"> • Implantes cocleares • Cuerpos metálicos orbitarios
	<ul style="list-style-type: none"> • Clips aneurismas cerebrales 	
<ul style="list-style-type: none"> • Implantes dentales • ESSURE • DIU • Dispositivos de fijación externa ortopédica* • Placas de fijación de colgajo óseo craneal 	<ul style="list-style-type: none"> • Clips de marcaje endoscópico o cierres de perforación G-I, y grapas quirúrgicas • Expansores mamarios • Implantes de pene 	<ul style="list-style-type: none"> • Bombas de infusión continua • Bombas de insulina • Bombas O2 • Agujas y dispositivos biopsia

SARTD-CHGUV Sesión de Formación Continuada
Valencia , 9 de julio de 2024

4. CONSIDERACIONES ANESTÉSICAS

- El paciente debe permanecer totalmente **inmóvil** en un espacio ruidoso y restringido durante períodos prolongados (hasta 2h). Cualquier movimiento degrada y distorsiona las imágenes.
- **Objetivo:** procedimiento indoloro, proporcionando inmovilidad, seguridad, comodidad y ansiolisis.
- La gran mayoría de los pacientes deberían poder lograrlo sin la intervención de un **anestesista**.
- 14% de los pacientes adultos requieren ya sea **sedación o anestesia** general.
- La sedación adecuada mejora significativamente la **calidad** de la imagen.
- Siempre se requiere **acceso venoso**.

4. CONSIDERACIONES ANESTÉSICAS

Anestesia *inventada en 1846*

Doctores en 1845:



Table I Patients requiring anaesthesia for MRI

Infants and children with neurological disease, vascular malformations, or oncological tumour growth

Children or adults with learning disorders

Patients with severe movement disorders

Patients whose position is limited by pain

Claustrophobic patients

Ventilated and other ITU patients

Certain patients undergoing stereotactic neurosurgical procedures

Patients having surgery with intraoperative MRI

4. CONSIDERACIONES ANESTÉSICAS

4.1. VALORACIÓN PREANESTÉSICA

- Estado clínico actual del paciente, **alergias** a medicamentos y medios de contraste, antecedentes de uso de **medicamentos** y antecedentes de cirugía y materiales de **implantación**, ansiedad severa o claustrofobia, incapacidad para permanecer en decúbito supino, incapacidad para **cooperar**, obesidad, vía aérea difícil, bebés ex-prematuros...
- Pautas generales de **ayuno**.
- El anestesista responsable debe **informar** al paciente de la anestesia y riesgos.
- Médico remitente o radiólogo es responsable de buscar el **consentimiento** formal por escrito.

Table 2: Devices that are absolute contra-indications to MRI^{2,6,13}

1. Cochlear implants
2. Intra-ocular foreign bodies
3. Arterial or aneurysm clips – depending on specification
4. Cardiac pacemakers and implantable cardioverter-defibrillators
5. Spinal cord stimulators and other central nervous stimulators
6. Implanted dental magnet keepers
7. Pulmonary artery catheters and other indwelling cardiac monitoring catheters
8. Other electronic devices not for medical purposes (e.g. cell phones)

**SIEMPRE SE DEBE CONOCER MARCA Y MODELO
EXACTO DE CUALQUIER IMPLANTE MÉDICO**

4. CONSIDERACIONES ANESTÉSICAS

Perioperative management and drug selection for sedated/anesthetized patients undergoing MRI examination

A review

Xiaoyu Wang, MD^a, XueQuan Liu, MD^a, Junqiao Mi, MD^{b,*} 

- Lo ideal sería disponer de una **sala** de inducción exclusiva con un asistente capacitado y posterior trasladado a la sala de exploración.
- Siempre que sea posible debe ser realizada por un **anestesiólogo**.
- La **profundidad** depende del procedimiento realizado, el grado de dolor anticipado, movimiento permitido del paciente, duración del procedimiento y otros factores del paciente como la última ingesta, comorbilidades, urgencia...
- Sedación ligera o moderada es apropiada para personas **sanas**.
- Sedación profunda y anestesia general es más recomendada en pacientes con trastornos mentales y psiquiátricos graves y en **niños**.
- Generalmente no se requiere **analgesia**.

4. CONSIDERACIONES ANESTÉSICAS

- **Fármaco ideal:** inicio de acción rápido, eliminación rápida, mínimos efectos secundarios y fácil de titular.
- **Mantenimiento** con agentes inhalatorios o i.v. No existen datos sobre si una técnica anestésica es superior a la otra.
- **TIVA:** Bombas compatibles con RM.



4. CONSIDERACIONES ANESTÉSICAS

4.2. FARMACOLOGÍA



- **Midazolam:**

- Ansiolíticas, sedantes, analgésicas, relajantes musculares, amnesia anterógrada.
- Oral se puede utilizar para sedación ligera o moderada.
- Intravenoso tiene un inicio de acción más rápido.
- Intranasal para el tratamiento de la claustrofobia.
- Se puede emplear combinado con otros sedantes (dexmedetomidina intranasal).
- Alta tasa de fracaso de la sedación, corta duración y depresión respiratoria.

- **Remimazolam:**

- Nuevo sedante de acción ultracorta.
- 1 mg/kg/hora.

4. CONSIDERACIONES ANESTÉSICAS

4.2. FARMACOLOGÍA

- **Dexmedetomidina:**

- Sedantes, analgésicas, antisimpáticas y ansiolíticas.
- Conserva respiración espontánea.
- Hipotensión y bradicardia.
- Vía oral, nasal, rectal, subcutánea, intramuscular e intravenosa.
- Dosis de carga de 1 $\mu\text{g}/\text{kg}$ durante 10 minutos, seguido de una infusión de mantenimiento que oscila entre 0,2 a 0,7 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{hora}$.
- Intranasal (3 $\mu\text{g}/\text{kg}$) puede ser útil en niños.
- Generalmente combinación con otros medicamentos.

- **Ketamina:**

- Sedantes, disociativas, amnésicas y analgésicas.
- Iv (0,05 a 2 mg/kg), intramuscular (4 a 5 mg), oral.
- Mantiene la ventilación espontánea.
- Delirio, agitación, náuseas, vómitos, picazón, hipersalivación y laringoespasma.
- Puede aumentar los artefactos de movimiento.
- Se recomienda en combinación con otros fármacos.

4. CONSIDERACIONES ANESTÉSICAS

4.2. FARMACOLOGÍA

- **Propofol:**
 - Rápida acción, corto tiempo de recuperación, buen efecto antiemético, baja incidencia de delirio y alta tasa de éxito.
 - Solo vía intravenosa.
 - Pacientes pediátricos suelen requerir dosis más altas debido a su mayor volumen de distribución (2 a 5 mg/kg/hora).
 - Pocos efectos secundarios (hipotensión, depresión respiratoria).
- **Sevofluorano:**
 - Es el fármaco de primera línea en RMN.
 - Fármaco óptimo para bebés y niños pequeños.
 - Tiempo de inducción más corto y tiempo de recuperación más rápido que la vía intravenosa.
 - Máquina de anestesia y sistema de eliminación de gases condicional o segura.
- Perfusión continua de **cisatracurio** (inmovilidad).

4. CONSIDERACIONES ANESTÉSICAS

4.2. FARMACOLOGÍA

- **Pentobarbital:** tiempos largos de inducción y despertar.
- **Hidrato de cloral:** retirado por alta tasa de fracaso de la sedación y despertar prolongado.

4.3. VÍA AÉREA

- Acceso a la vía aérea está **limitado:** el anestesista debe estar satisfecho con la seguridad de la vía aérea antes del inicio de la exploración.
- El equipo anestésico debe ser consciente del potencial de **complicaciones** de las vías respiratorias.
- **Manejo** básico o avanzado de la vía aérea.

4. CONSIDERACIONES ANESTÉSICAS

4.3. VÍA AÉREA

- **DSG**: pueden tener bobinas metálicas. I-gel inducen la menor interferencia ferromagnética .
- **IOT**: vía aérea anormal o riesgo de aspiración, convulsiones frecuentes, necesidad de EtCO₂, críticos, ex-prematuros...
- **Laringoscopio compatible con RM.** 
- Tubos **reforzados** contienen metal y no son compatibles con RM.
- La **máquina** de anestesia debe ser segura y compatible con la RM.



4. CONSIDERACIONES ANESTÉSICAS

4.4. RECUPERACIÓN

- Transporte a otras salas de recuperación o recuperación dentro de la sala de resonancia magnética (**monitorización**).
- **Acceso** a monitores de signos vitales, oxígeno, succión, equipo de reanimación y personal capacitado.
- Los pacientes deben recibir al alta **instrucciones** orales y escritas.
- Prematuros y niños con patologías previas alto riesgo de apneas → Monitorización más **prolongada**.



5. PACIENTE PEDIÁTRICO

Subrahmanyam Maddirala^{1,2}, Annu Theagrajan¹

¹Department of Anaesthesiology, Rainbow Children's Hospital, ²Director, Axon Anaesthesia Associates Pvt. Ltd., Hyderabad, Telangana, India

5.1. GENERALIDADES

- Escasa tolerancia a la **apnea**.
- Mayor tasa **metabólica** y consumo de O₂.
- **FC** elevadas y **TA** frecuencia-dependiente.
- Diferencias **anatómica** de VA (menor CRF, hipoxemia, laringospasmo, broncospasmo).
- **SNC** en desarrollo.
- Pérdida de calor elevada (**hipotermia**).
- Metabolismo **hepático y renal** (hipoglucemia, hipovolemia).
- **Dosificaciones** poco habituales.
- Dificultad accesos **venosos**.
- **Ansiedad** por separación.

5. PACIENTE PEDIÁTRICO

5.1. GENERALIDADES

- **CI** por escrito firmado por los padres.
- **Ayuno:** 6 horas para sólidos y leche no humana, 4 h para leche materna y 2 h para líquidos claros.
- La elección de la **técnica** anestésica depende de factores como la duración de la exploración, la edad del niño, posición, las comorbilidades asociadas (autismo), necesidad de contener la respiración, habilidad para cooperar, nivel de ansiedad, problemas farmacológicos previos, vías de administración y disponibilidad, ayuno...
- Edad **preescolar** son los que presentan mayores desafíos .
- **Sedación/anestesia general:** ex-prematuros, retraso del desarrollo...

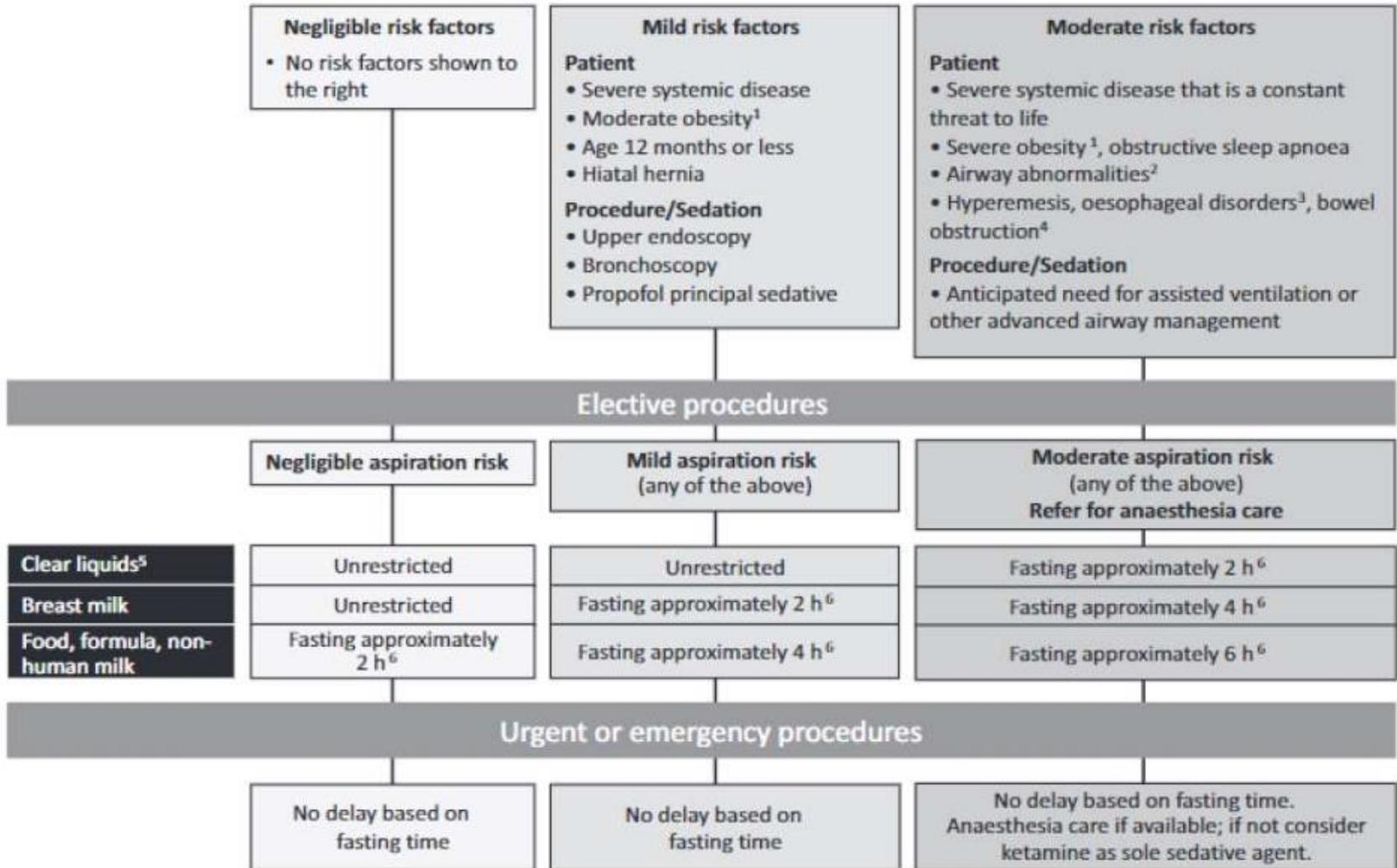
5. PACIENTE PEDIÁTRICO

5.1. GENERALIDADES

- El **mantenimiento** de la anestesia puede ser inhalado o intravenoso.
- <5 kg generalmente requieren **intubación**.
- Niños mayores pueden ser tratados con ventilación espontánea con una **maskarilla laríngea**.
- **Alta**: cuando cumplan con los criterios de alta normales para procedimientos ambulatorios (pretérminos y menores de 45 semanas elevado riesgo de apneas).



Pre-sedation assessment – risk factors



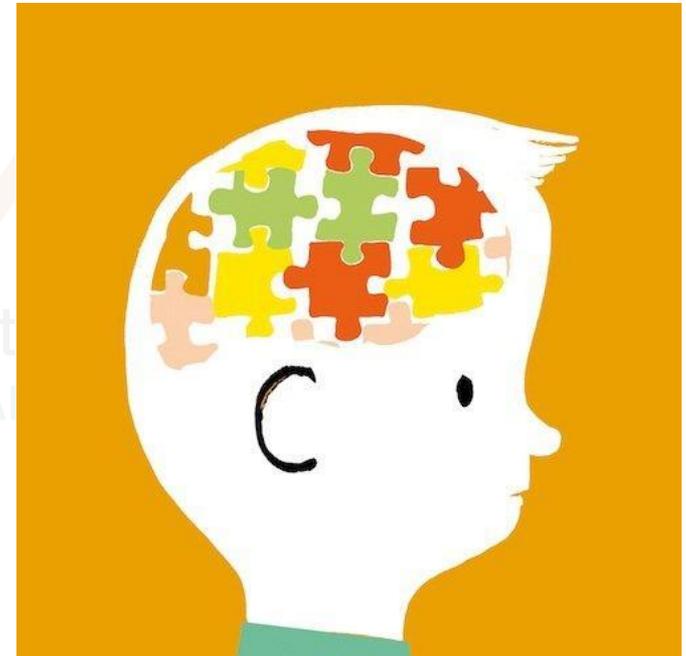
SARTD-CHGUV Sesión de Formación Continuada
Valencia , 9 de julio de 2024

5. PACIENTE PEDIÁTRICO

AUTISMO

A systematic review of person-centred adjustments to facilitate magnetic resonance imaging for autistic patients without the use of sedation or anaesthesia

- Angustia, conducta **agresiva** o autolesiva y retraimiento.
- **Claustrofobia** y ataques de pánico.
- Experiencia desalentadora, desafiante y a menudo **traumática** para las personas autistas.
- Sedación o anestesia general si los **beneficios** superan los riesgos.
- **Intervención** psicológica, comunicación eficiente, relajación sensorial, simulación, técnicas de distracción...



5. PACIENTE PEDIÁTRICO

5.1. GENERALIDADES

Guidelines for Monitoring and Management of Pediatric Patients Before, During, and After Sedation for Diagnostic and Therapeutic Procedures

Charles J. Coté, MD, FAAP, Stephen Wilson, DMD, MA, PhD, AMERICAN ACADEMY OF PEDIATRICS, AMERICAN ACADEMY OF PEDIATRIC DENTISTRY

Safety challenges related to the use of sedation and general anesthesia in pediatric patients undergoing magnetic resonance imaging examinations

- Escala Pediátrica del estado de sedación (**PSSS**): movimiento, estrés, dolor, depresión respiratoria, TA y frecuencia cardíaca.
- Sedación y anestesia superficial se asocian con **riesgos** médicos adicionales: depresión respiratoria, desaturación, broncoespasmo, somnolencia, agitación y vómitos.
- Hasta el 90% de las sedaciones para RMN pediátrica las realizan **enfermeras** o médicos no anesthesiologists.
- Hasta el 5% **delirio** de emergencia al despertar.
- Conveniencia de elaborar **protocolos**.

	Minimal sedation anxiolysis	Moderate sedation/analgesia ("conscious sedation")	Deep sedation/analgesia	General anesthesia
Responsiveness	Normal response to verbal stimulation	Purposeful [§] response to verbal or tactile stimulation	Purposeful [§] response following repeated or painful stimulation	Unarousable even with painful stimulus
Airway	Unaffected	No intervention required	Intervention may be required	Intervention often required
Spontaneous ventilation	Unaffected	Adequate	May be inadequate	Frequently inadequate
Cardiovascular function	Unaffected	Usually maintained	Usually maintained	May be impaired

SARTD-CHGUV Sesión de Formación Continuada
Valencia , 9 de julio de 2024

5. PACIENTE PEDIÁTRICO

Durante

COMPLICACIONES

TABLE 4. Outcomes of AEs Associated With Anesthesia Provided at MRI or CT Locations (n = 83)

	n (%) [*]
Respiratory event or injury	30 (36)
Cardiac arrest	20 (24)
Medication event or reaction	15 (18)
Perioperative death	6 (7)
Need for cardiovascular support	6 (7)
Need for airway management	4 (5)
Cutaneous, musculoskeletal, or burn injury	5 (6)
Airway injury	2 (2)
Eye injury	2 (2)
Nervous system injury	2 (2)
Other complications	6 (7)

^{*}Outcomes of AEs were not mutually exclusive.

ORIGINAL ARTICLE

Incidence and Causes of Adverse Events in Diagnostic Radiological Studies Requiring Anesthesia in the Wake-Up Safe Registry

Asaf A. Khawaja, BA,^{1} Dmitry Tumin, PhD,^{2*} Ralph J. Bolrau, MD,^{3*} Joseph D. Tobias, MD,^{4,5} and Joshua C. Uffman, MD, MBA^{6,5}*

Laringoespasma, broncoespasma, aspiración, Obstrucción aérea entre otros.



The Pediatric Anesthesia Quality Improvement Initiative



Servicio de Anestesia,
Reanimación y
Tratamiento del Dolor
HOSPITAL GENERAL
UNIVERSITARIO VALENCIA

SARTD-CHGUV Sesión de Formación Continuada
Valencia , 9 de julio de 2024

5. PACIENTE PEDIÁTRICO

Update on pharmacological management of procedural sedation for children



5.2. SEDACIÓN Y ANESTESIA GENERAL

- **Minimizar** el uso de anestesia para la resonancia magnética cuando sea posible y acortar la duración del examen.
- **Anestésicos volátiles (sevoflurano, óxido nitroso)**: recuperación rápida y elimina la necesidad de múltiples bombas de infusión.
- Anestésicos **intravenosos**: bombas de infusión seguras/compatibles, alargaderas.
- Fármacos **orales**: tasas variables de absorción, inicio más lento y duración más prolongada de la acción.

5. PACIENTE PEDIÁTRICO

5.2. SEDACIÓN Y ANESTESIA GENERAL

- < 3 meses off label.

- Agonista **GABA**.

- Acción **corta y rápida**.

- Metabolismo por citocromo P-450.

- **Efectos** ansiolíticos, hipnóticos y anticonvulsivos, relajante muscular y amnesia anterógrada.

- **Depresión respiratoria**, hipotensión, reacciones paradójicas.

- **Antídoto**: flumaceniolo.



- **Intravenoso** : sedación y ansiolisis, amnesia anterógrada. Dosis 0.05mg/kg - 0.1mg/kg.

- **Intranasal**: aumento en los últimos años. Dosis 0.2-0.5 mg/kg. Irritación nasal, sabor desagradable, náuseas y vómitos y ataxia.

- **Oral**: absorción poco confiable y el metabolismo hepático de primer paso hacen que los efectos clínicos sean menos confiables. Dosis 0.5-0.75 mg/kg.

- **Intramuscular**: dosis 0.1-0.15 mg/kg.

SARTD-CHGUV Sesión de Formación Continuada

Valencia , 9 de julio de 2024

5. PACIENTE PEDIÁTRICO

Propofol-based sedation regimen for infants and children undergoing ambulatory magnetic resonance imaging

Propofol-remifentanil or sevoflurane for children undergoing magnetic resonance imaging?

A randomised study

5.2. SEDACIÓN Y ANESTESIA GENERAL

- < 1 mes off label.
- Solo debería ser empleado por **anestesiólogos**.
- **Rápido** inicio y recuperación, estabilidad HD, suele mantener ventilación espontánea.
- 100 a 300 mcg/kg/min(1-9 mg/kg/h).
- Mejor en **combinación** (dexmedetomidina, midazolam, ketamina...).
- Los bebés suelen necesitar dosis un 15% más **altas** que los niños mayores.
- Puede producir **dolor** a la inyección.



5. PACIENTE PEDIÁTRICO

5.2. SEDACIÓN Y ANESTESIA GENERAL



- < 3 meses off label.
- Antagonista **NMDA** y glutamato.
- Se recomienda en **combinación** con otros fármacos (propofol).
- Anestesia **disociativa**, efectos amnésicos y analgésicos (procedimientos **dolorosos**).
- Inicio de actividad 1-2 min, duración 10-15 min, vida media de eliminación de 2h.
- Puede producir **movimiento**.
- Depresión respiratoria y cardiovascular **mínimas**, vómitos, laringospasmo, salivación, aumento de las secreciones, efectos psicomiméticos, neurotoxicidad (si se emplea de manera reiterada)...
- Especialmente útil si no están en **ayunas**.

SARTD-CHGUV Sesión de Formación Continuada
Valencia , 9 de julio de 2024

5. PACIENTE PEDIÁTRICO

5.2. SEDACIÓN Y ANESTESIA GENERAL



- **Intravenosa** (1.5 a 2 mg/kg o perfusión de 2,5 a 5 mcg/kg/min).
- **Intramuscular** : mayor tasa de vómitos y recuperación más prolongada.
- **Oral** (6-10 mg/kg).
- **Intranasal**: dosis hasta 9 mg/kg para lograr una sedación adecuada.

5. PACIENTE PEDIÁTRICO

5.2. SEDACIÓN Y ANESTESIA GENERAL



- < 6 meses off label.
- Derivado imidazólico de acción **ultracorta** (5 a 15 min) e inicio de acción **rápido** (5 a 15 s).
- Procedimientos **breves** y no dolorosos.
- Ausencia de efectos **hemodinámicos** y respiratorios significativos.
- Inhibe la síntesis de **esteroides** suprarrenales (generalmente sin repercusión clínica).
- **Intravenoso**: 0,2 a 0,4 mg/kg.

5. PACIENTE PEDIÁTRICO

Comparison of dexmedetomidine alone or with other sedatives for paediatric sedation during magnetic resonance imaging: a systematic review

Comparison of propofol and dexmedetomidine techniques in children undergoing magnetic resonance imaging

Junzheng Wu¹, Mohamed Mahmoud¹, Megan Schmitt¹, Md Hossain² & Dean Kurth¹

5.2. SEDACIÓN Y ANESTESIA GENERAL



- Off label en niños, similar perfil de seguridad que en adultos.
- Agonista adrenérgico **a-2 presináptico**.
- Se recomienda en **combinación** (quietud inadecuada y retraso en el despertar si se utiliza sola).
- Inicio de acción más **lento** y mayor duración que otros fármacos.
- **Sedación**, analgesia, simpaticolisis y ansiólisis, inmovilidad.
- Útil si problemas **respiratorios** o compromiso hemodinámico (menor riesgo de depresión respiratoria).
- **Hipo/hipertensión y bradicardia**.

SARTD-CHGUV Sesión de Formación Continuada

Valencia , 9 de julio de 2024

5. PACIENTE PEDIÁTRICO

5.2. SEDACIÓN Y ANESTESIA GENERAL



- **Intravenosa:** 2 a 3 mcg/kg administrada durante 10 minutos, seguida de una infusión de mantenimiento de 1 a 2 mcg/kg/hora .
- **Intranasal/sublingual:** 2 a 3 mcg/kg. Rescate de regímenes orales fallidos.
- **Oral:** 5mcg/kg.
- < 1 año off label.
- Opiode **potente**.
- **Analgesia** y sedación.
- Recuperación **rápida**.
- Se prefiere en **combinación**. Dosis 0,05 a 0,1 mcg/kg/min.
- Depresión **respiratoria**, náuseas posoperatorias y vómitos, **rigidez** de la pared torácica, bradicardia.



SARTD-CHGUV Sesión de Formación Continuada
Valencia , 9 de julio de 2024

5. PACIENTE PEDIÁTRICO

5.2. SEDACIÓN Y ANESTESIA GENERAL

- < 2 años off label.
- Opioide **potente**.
- **Analgesia** y sedación.
- Efecto **rápido**.
- **Intravenosa**, intranasal, subcutánea y sublingual.
- **Dosis** desde 1mcg/kg hasta 50 mcg.
- **Intranasal:**
 - Inicio rápido de analgesia, eficacia analgésica similar a la de los opioides intravenosos.
 - 1,5 mcg/kg.
 - Náuseas y vómitos, picazón, somnolencia y mal sabor de boca.



5. PACIENTE PEDIÁTRICO

5.2. SEDACIÓN Y ANESTESIA GENERAL



- **Agonista** NMDA, glutamato, GABA y opioide.
- **Ansiolisis** con sedación disociativa de leve a moderada, analgesia ligera y amnesia.
- Duración del efecto de **2 a 5 minutos**.
- Sensaciones de **flotación** o de hormigueo.
- Concentración de N₂O se limita a un máximo del **70%** para evitar la hipoxia.
- Efectos cardiovasculares o respiratorios **mínimos** , riesgo de vómitos, mareos, disforia y dolor de cabeza.
- Debe evitarse en pacientes con áreas de **gas atrapado**.
- Puede **combinarse** con otros agentes.

5. PACIENTE PEDIÁTRICO

5.2. SEDACIÓN Y ANESTESIA GENERAL

- Agente **hipnótico**.
- No pungente.
- **Inhalado**.
- **Mínima** depresión respiratoria.
- **Delirio** de emergencia.



Tabla 1

Valores CAM para pacientes adultos y pediátricos según la edad

Edad del paciente (Años)	Sevoflurano en oxígeno	Sevoflurano en 65% N ₂ O/35%O ₂
0 -1 meses *	3,3 %	
1 - <6 meses	3,0%	
6 meses - <3 años	2,8%	2,0%@
3 - 12	2,5%	
25	2,6%	1,4%

SARTD-CHGUV Sesión de Formación Continuada
Valencia , 9 de julio de 2024

5. PACIENTE PEDIÁTRICO

5.2. SEDACIÓN Y ANESTESIA GENERAL

- **Hidrato de cloral:** evitar por riesgo de sedación residual (vida media 12h). Inicio de acción lento. Potencial cancerígeno. Depresión respiratoria y apnea.
- **Barbitúricos** orales o rectales: larga duración de la sedación.
- **Fospropofol:** pre-fármaco del propofol. Dosis 6-12 mg/kg. Hipoxemia y depresión cardiovascular dosis dependiente.
- Análogos del etomidato.
- Lidocaína cuaternaria.
- Xenón.
- Esteroides neuroactivos.

5. PACIENTE PEDIÁTRICO

5.2. SEDACIÓN Y ANESTESIA GENERAL

- **Melatonina:** induce el sueño de forma natural pero no contribuye a la sedación.

The effect of melatonin on sedation of children undergoing magnetic resonance imaging

- **GABA:** tiempo corto de recuperación.

Gamma-hydroxybutyrate Versus Chlorprothixene/Phenobarbital Sedation in Children Undergoing MRI Studies

Table 2: Drug dosages for sedation in children

Drug	Age	Route	Dose
Midazolam	6 months to 5 years	IV	0.05 to 0.1 mg/kg (max 6 mg)
		IV	0.025 to 0.05 mg/kg (max 10 mg)
	5 years to 12 years	IM	0.1 to 0.15 mg/kg
		Per rectal	1 mg/kg
		Sublingual	0.5 to 0.75 mg/kg
		Intranasal	0.2 to 0.3 mg/kg (max 10 mg/kg)
		IV infusion	0.03 mg/kg/hr
<32 weeks neonates	IV infusion	0.06 mg/kg/hr	
>32 weeks neonates	IV infusion	0.06 to 0.12 mg/kg/hr	
Pentobarbital		IV	1 to 3 mg/kg
		IM	2 to 6 mg/kg
Propofol		IV	2.5 to 3.5 mg/kg
		IV infusion	125-150 mcg/kg/min
Ketamine		IV (sedation)	0.5 to 2 mg/kg
		IV (analgesic)	0.1 mg/kg
		IV infusion (analgesic)	0.1 to 0.3 mg/kg/hr
Etomidate		IV	0.1 to 0.3 mg/kg
Dexmedetomidine	<1 year	IV infusion	1 to 2 mcg/kg over 10 min, then 0.5 to 1 mcg/kg/hr
		IV infusion	1 to 2 mcg/kg over 10 min, then 0.5 to 1.5 mcg/kg/hr

5. PACIENTE PEDIÁTRICO

Non-pharmacological strategies to obtain usable magnetic resonance images in non-sedated infants: Systematic review and meta-analysis

Non-pharmacological Strategies to Obtain Usable Magnetic Resonance Images in Non-sedated Infants: Systematic Review and Meta-analysis

5.2. SEDACIÓN Y ANESTESIA GENERAL

- Técnicas **no farmacológicas** pueden disminuir la necesidad de sedantes.
- Pacientes pediátricos **seleccionados** deben realizarse siempre que sea posible.
- ¿**Posponer** exploración?
- Tasa de **éxito** 60-90%.
- **Reducir** el impacto de los artefactos de movimiento, mayor calidad de imagen y menor tiempo de escaneo posible.
- Capacidad de **cooperación**: edad cronológica, cognitiva y desarrollo emocional.

5. PACIENTE PEDIÁTRICO

Strategies to perform magnetic resonance imaging in infants and young children without sedation

5.2. SEDACIÓN Y ANESTESIA GENERAL

- **Minimizar** la necesidad de sedación:
 - Presencia de los padres.
 - Distracción con la participación de especialistas del juego (*Child Life*).
 - Uso de sistemas de entretenimiento tecnológicos.
 - Métodos comportamentales (tranquilización, consejos, refuerzo).
 - Comunicación, factores ambientales.
 - Simulacros previos, entorno amigable.
 - Visualización multimedia, realidad virtual.
 - Terapias con animales...

- Secuencias de resonancia magnética **ultrarrápidas**.



ADECUADA SELECCIÓN DE LOS PACIENTES

Infants < 6 months:

- Nonnutritive sucking and sucrose
- 'Feedle and swaddle'
- Preprocedural sleep deprivation (3-4 h max)
- Avoid loud and bright environment
- Schedule MRI according to the infant's circadian rhythm

Children 3-6 years old:

- Preprocedural triage
- Child Life Specialist
- Animal assistance
- Audio-visual system (e.g., video goggles)
- Mock
- Parental presence during the scan

Children > 6 years old:

- Usually, cooperative
- Child Life Specialist, animal assistance, audio-visual system, mock, parental presence during the scan in selected cases (e.g., younger children, anxiety, etc.)

Children with developmental delay, autism, anxiety are unlikely to be candidate

SARTD-CHGUV Sesión de Formación Continuada
Valencia , 9 de julio de 2024

Screening

- Identify potential patients who can tolerate non-sedation
- Communicate options for exam with family
- Adjust MRI schedule to accommodate exam

Preparation for MRI

- Asleep: Prepare for feed and sleep techniques
- Awake: Mock MRI experience, books, videos

Management during MRI

- Enhance physical environment (adjustable lighting, child-friendly décor)
- Provide tools (CCLS, animal assisted therapy, in-scan entertainment)
- Optimize scan (shorter scanning time, high yield sequences 1st, noise reduction, noncontrast, motion correction)

5. PACIENTE PEDIÁTRICO

Experience with a "Feed and Swaddle" program in infants up to six months of age

"Feed and Swaddle" method of Infants Undergoing Head CT for minor head injury in the pediatric emergency department - A comparative case review

5.2. SEDACIÓN Y ANESTESIA GENERAL

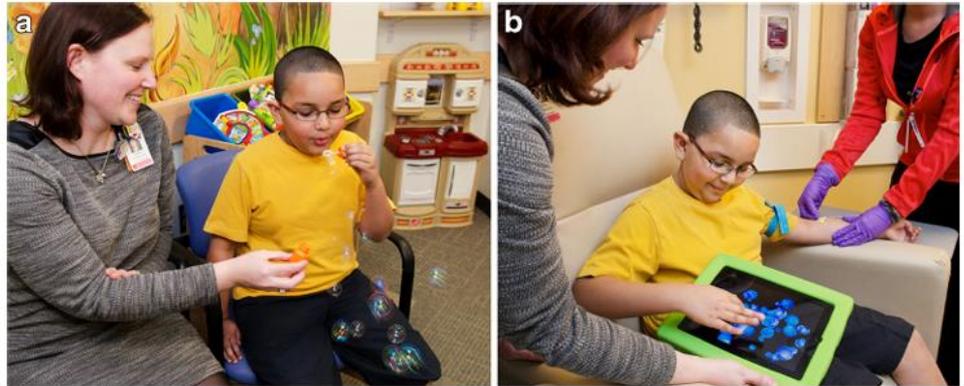
- **Ventajas:** sin efectos adversos, no farmacológico, no precisa URPA.
- **Inconvenientes:** impredecible, mayor tiempo (¿?), limitación de edad.

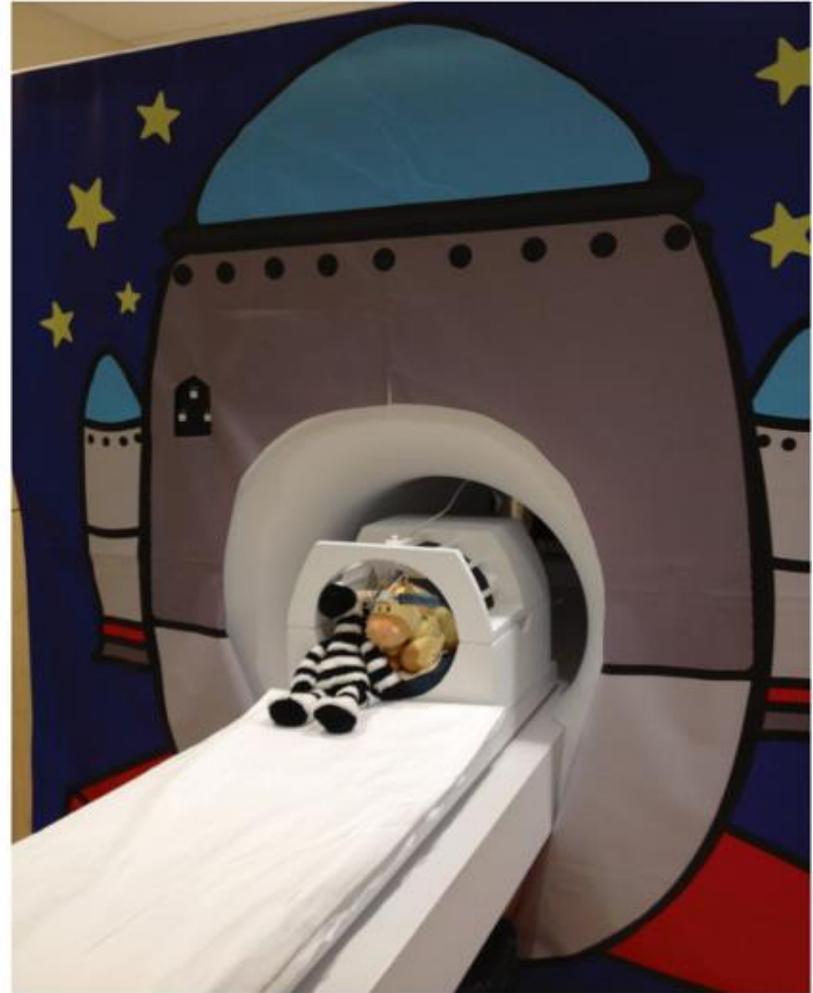


SARTD-CHGUV Sesión de Formación Continuada
Valencia , 9 de julio de 2024



Figure 2 Child using a NC during MRI examination.







Reanimación y Tra
HOSPITAL GENERAL UN

6. SITUACIONES ESPECIALES

6.1. EMBARAZO

- Decisión **multidisciplinar** (beneficios y riesgos).
- **Peligros** potenciales: campos magnéticos estáticos $> 4T$, gradientes de campo magnético, ruido excesivo, calor...
- Prueba de imagen **más segura** en todas las etapas del embarazo, aunque seguridad fetal sigue sin estar demostrada.
- Idealmente no debería realizarse durante el **primer** trimestre del embarazo (período de organogénesis).
- **Movimiento** fetal puede ser problemático para la adquisición de imágenes.
- **Gadolinio** atraviesa la placenta, debe evitarse si es posible.

6. SITUACIONES ESPECIALES

6.2. LACTANCIA

- Eliminación por la leche materna de los medios de contraste **muy limitada**.
- **Riesgos** para el lactante: sensibilización alérgica, toxicidad directa.
- Valorar **suspender** lactancia 24h tras administración de gadolinio.



6. SITUACIONES ESPECIALES

6.3. PACIENTES CRÍTICOS

- Sopesarse el **beneficio**.
- Aumento de los riesgos → cuidadosa **planificación**
- **Comunicación** interdisciplinaria.
- Monitorización **invasiva**.
- Dependiente del **soporte** hemodinámico y ventilatorio.
- Múltiples **infusiones** de medicamentos → interrumpir las innecesarias
- Bombas de infusión **compatibles** con RM, jaulas de RF.
- **Alargaderas** de longitud adecuada.

6. SITUACIONES ESPECIALES

6.3. PACIENTES CRÍTICOS

- Los cables de **marcapasos** epicárdicos plantean un riesgo teórico de microdescarga.
- Los catéteres venosos **centrales** no suponen ningún riesgo para el paciente.
- Algunas cánulas de **traqueostomía** no son compatibles y deberán cambiarse antes.
- Transductores de presión **intracraneal** pueden no ser compatibles.
- **Garantizar** que no haya fragmentos de metal ni implantes no compatibles.

6. SITUACIONES ESPECIALES

6.4. RMN INTRAOPERATORIA

Intraoperative imaging technology to maximise extent of resection for glioma: a network meta-analysis (Review)

Fountain DM, Bryant A, Barone DG, Waqar M, Hart MG, Bulbeck H, Kernohan A, Watts C, Jenkinson MD

Impact of intraoperative magnetic resonance imaging on gross total resection, extent of resection, and residual tumor volume in pituitary surgery: systematic review and meta-analysis

Victor E. Staartjes¹ · Alex Togni-Pogliorini¹ · Vittorio Stumpo¹ · Carlo Serra¹ · Luca Regli¹

Intraoperative magnetic resonance imaging in epilepsy surgery: A systematic review and meta-analysis

Cameron Englman^d, Charles B. Malpas^{c,f,g}, A. Simon Harvey^{b,d,e}, Wirginia J. Maixner^{a,b}, Joseph Yuan-Mou Yang^{a,b,c,d,*}

Impact of intraoperative MRI-guided resection on resection and survival in patient with gliomas: a meta-analysis

Ping Li MD, Ruobing Qian MS, Chaoshi Niu MD & Xianming Fu BMed

Intraoperative use of low-field magnetic resonance imaging for brain tumors: A systematic review

Ahmed Altaf¹, Muhammad Shakir¹, Muhammad Jawad Amin Malik², Aabiya Arif¹, Omar Islam⁴, Fatima Mubarak⁵, Eddie Knopp⁶, Khan Siddiqui⁶, S. Ather Enam¹

Intraoperative Magnetic Resonance Imaging for Low-Grade and High-Grade Gliomas: What Is the Evidence? A Meta-Analysis

Yu Tung Lo^{1,2}, Hyunkyung Lee³, Cher Shui¹, Nayan Lamba^{1,4}, Rasika Korde³, Sharmila Devi^{1,7}, Shreya Chawla^{1,7}, Younjong Nam³, Romel Patel⁸, Joanne Doucette³, Adomas Bunevicius^{1,5,6}, Rania A. Mekary^{1,3}

Impact of intraoperative MRI-guided resection on resection and survival in patient with gliomas: a meta-analysis

Ping Li MD, Ruobing Qian MS, Chaoshi Niu MD & Xianming Fu BMed

6. SITUACIONES ESPECIALES

6.4. RMN INTRAOPERATORIA

- **Desafío** para todo el personal.
- Información en **tiempo real**  Papel activo dentro del quirófano
- Mejora la **precisión** de la cirugía y el % de resección tumoral.
- Puede eliminar la necesidad de una exploración postoperatoria y/o de una nueva intervención quirúrgica.
- Imanes suelen ser más débiles con **resolución** más baja.

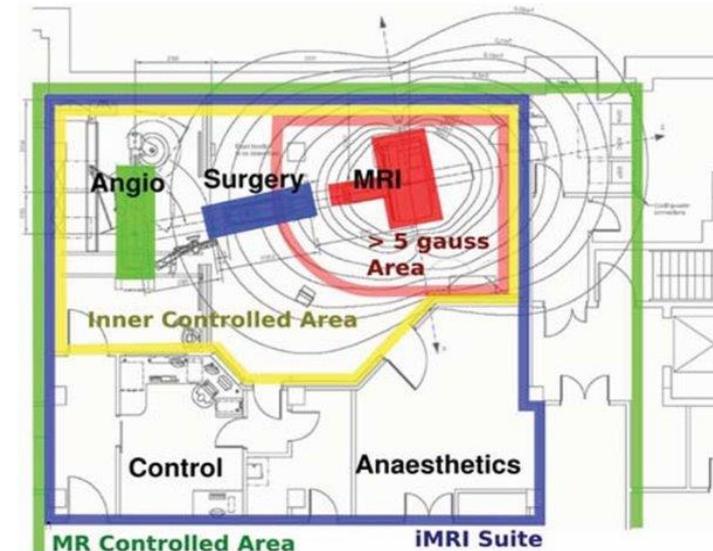


Fig 1 The layout of an iMRI suite.

6. SITUACIONES ESPECIALES

6.4. RMN INTRAOPERATORIA

- Creciente interés para procedimientos **neuroquirúrgicos** (gliomas, tumores ventriculares, tumores hipofisarios difíciles, epilepsia, estimuladores cerebrales profundos, cirugía de lesiones en áreas elocuentes, biopsia cerebral...).
- Neoplasias intracraneales malignas en **pediatría**.
- **Otras** indicaciones: biopsia de hígado, lesiones mamarias, ablación térmica guiada por RM, RM endoluminal, guiar la posición de dispositivos implantados...
- Usos **futuros**: cirugías endoscópicas transesfenoidales, craneotomía despierto, terapia térmica intersticial con láser guiada por RM (LITT)...

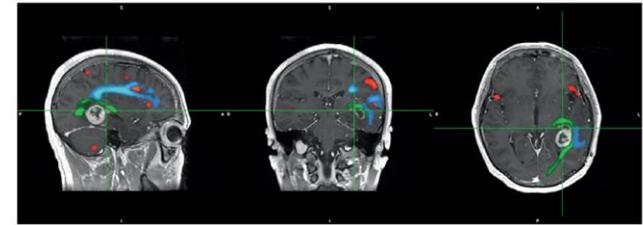


Figure 2 Patient with left temporal pilocytic astrocytoma. Diffusion tensor imaging (DTI): arcuate fasciculus tracts (blue), optic radiation (green) functional MRI (fMRI): language (red). The patient was operated in the interventional MRI suite with the fMRI areas and DTI tracts displayed on the neuronavigation system.

Intraoperative MRI-guided Resection in Pediatric Brain Tumor Surgery: A Meta-analysis of Extent of Resection and Safety Outcomes

Johannes Wach¹ Mohammad Banat¹ Valeri Borger¹ Hartmut Vatter¹ Hannes Haberl¹ Sevqi Sarikava-Seiwert¹



olor
ICIA

Fig. 3 IMRIS 1.5 T intraoperative magnetic resonance imaging system with the magnet suspended from ceiling rails. In the foreground is the MRI-compatible surgical table

SJD

Sant Joan de Déu
Barcelona · Hospital



SARTD-CHGUV Sesión de Formación Continuada
Valencia , 9 de julio de 2024

sartd

Servicio de Anestesia,
Reanimación y
Tratamiento del Dolor
HOSPITAL GENERAL
UNIVERSITARIO VALENCIA



FIG. 2. Craniotomy for tumor being performed outside the 5-gauss line using non-MR-compatible surgical instrumentation. An MR-compatible operating microscope is in view.

6. SITUACIONES ESPECIALES

6.4. RMN INTRAOPERATORIA

- 30 - 45 minutos.
- **Transferir** el paciente desde la mesa de operaciones a la mesa de RM. Listas de verificación de seguridad antes de trasladar al paciente.
- Sala separada conectada al quirófano a través de una puerta **blindada**.
- Falta de **acceso** al paciente.
- Especial atención a asegurar las vías respiratorias y la **posición** del paciente.

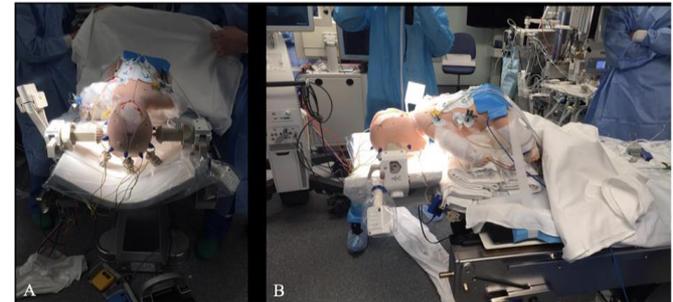


FIGURE 1
(A, B) Images of one of the pediatric models used in the simulation session for the validation of the ioMRI checklist carried out by the different teams involved in this workflow.

6. SITUACIONES ESPECIALES

High-intensity focused ultrasound: past, present, and future in neurosurgery

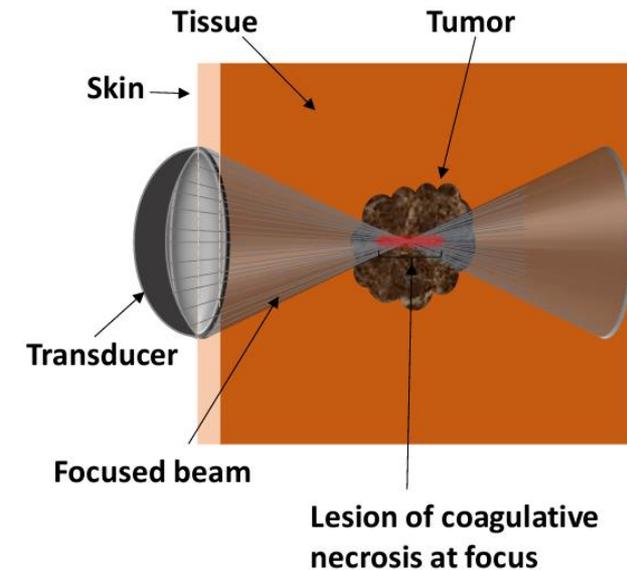
Syed A. Quadri, MD,¹ Muhammad Waqas, MD,^{1,2} Inamullah Khan, MD,²
Muhammad Adnan Khan, MD,¹ Sajid S. Suriya, MD,¹ Mudassir Farooqui, MD,³ and Brian Fiani, DO⁴

Ultrasonido focalizado de alta intensidad: alternativa para la cirugía funcional en los trastornos del movimiento

Dra. Miriam Batule Domínguez¹, Dra. Yaquelin Domínguez Gómez²

6.5.HIGH-INTENSITY FOCUSED ULTRASOUND (HIFU)

- Interceptar múltiples rayos de ultrasonido y **concentrarlos** en un punto diana en la profundidad del tejido guiado por RMN en tiempo real y acoplado con termometría.
- Rápida elevación de la temperatura en el tejido local → **muerte celular**
- Alternativa mínimamente invasiva a los tratamiento convencionales cuando la resección quirúrgica de un tumor está **contraindicada**.



6. SITUACIONES ESPECIALES

6.5.HIGH-INTENSITY FOCUSED ULTRASOUND (HIFU)

- **2016:** Aprobado para el tratamiento del **temblor esencial**.
- **Otros usos:** enf. Parkinson, enf. Alzheimer, dolor neuropático, epilepsia, depresión y trastorno obsesivo compulsivo, enf. Huntington, tumores, trombólisis, drenaje de abscesos, litotricia, liberación de fármacos a través de la BHE...
- **Beneficios:** toxicidad reducida, no invasivo, dolor mínimo, bajo coste, menor riesgo de infección, recuperación más rápida, no hay exposición a radiaciones ionizantes, preciso y fácil de aplicar.
- **Inconvenientes:** sensible al movimiento del paciente, duración larga, dolor, vómitos, heridas en la piel, vasoespasmo, fístulas y necrosis , fracturas...

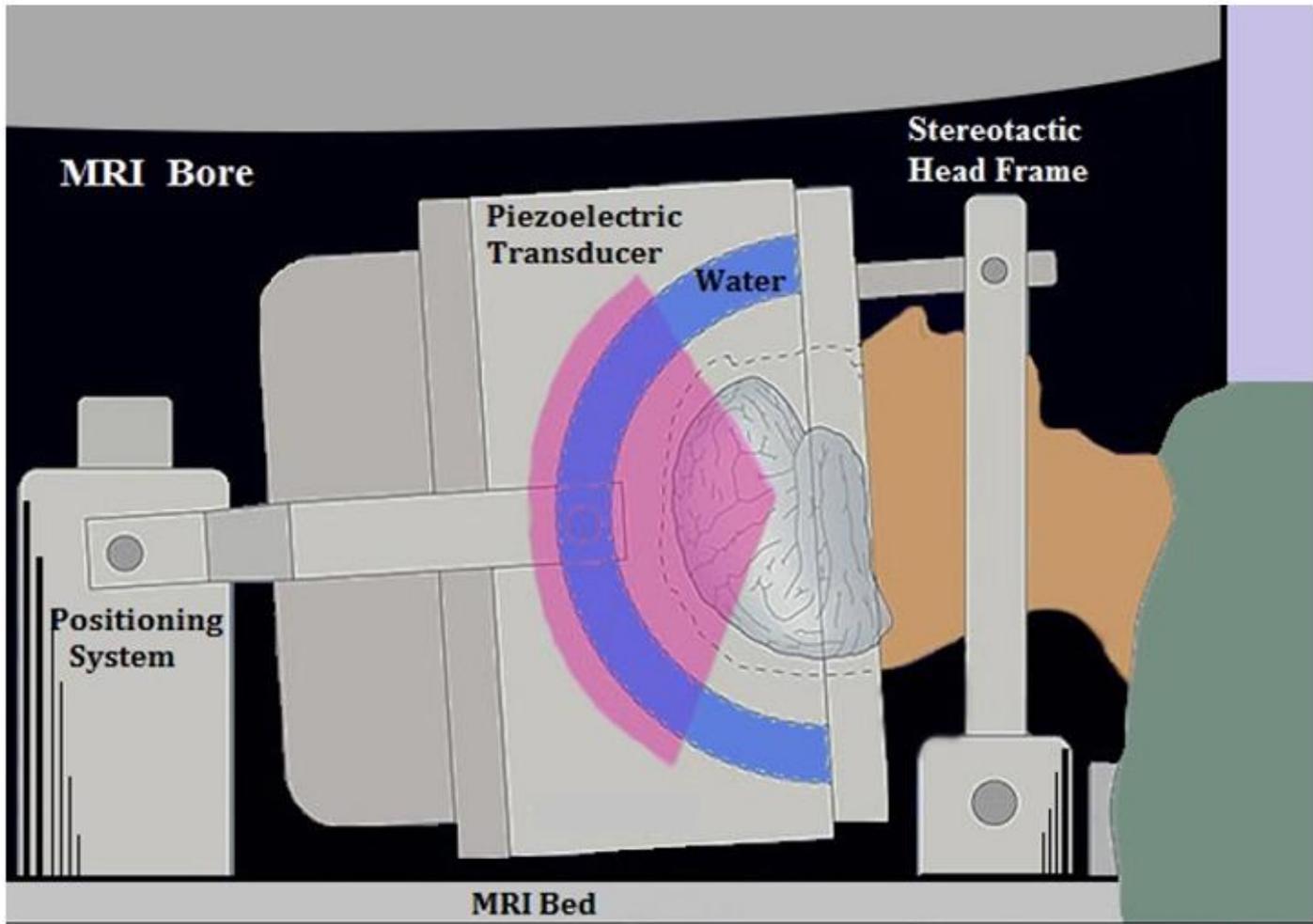


FIG. 2. Schematic of tcMRgHIFU setup.



Figure 5. An ExAblate Neuro (InSightec, Haifa, Israel) MRgFUS transducer helmet on an MRI table (located at Sunnybrook hospital, Toronto, Canada).

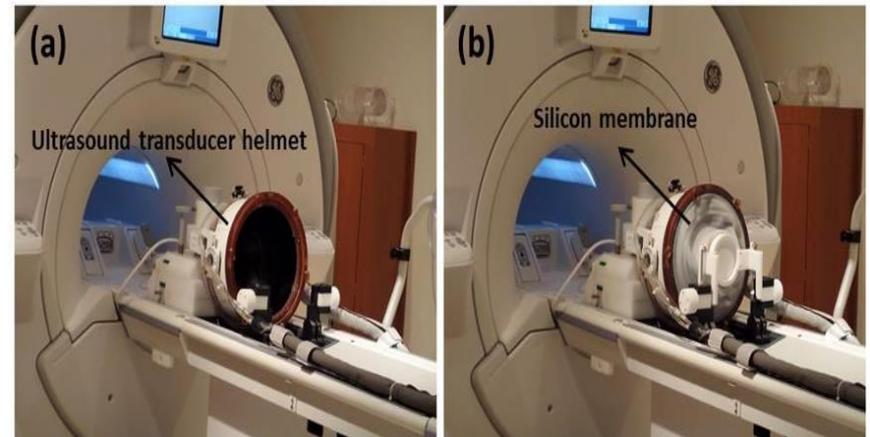


Figure 6. (a) The patient lies on the MRI bed and the head is placed inside the phased-array ultrasound transducer helmet. (b) The patient's head is covered with a flexible silicon membrane that is sealed to outer face of the ultrasound transducer helmet. Degassed and chilled water is circulated in the volume between the patient's head and the transducer to cool down the surface temperature and avoid damage. This water is also used to fill the space between the patient's head and the transducers to keep the skull bone temperature within a safe range.

6. SITUACIONES ESPECIALES

ENFERMEDAD DE PARKINSON

Trial of Globus Pallidus Focused Ultrasound Ablation in Parkinson's Disease

Vibhor Krishna, M.D., Paul S. Fishman, M.D., Ph.D., Howard M. Eisenberg, M.D., Michael Kaplitt, M.D., Ph.D., Gordon Baltuch, M.D., Jin Woo Chang, M.D., Wei-Chieh Chang, M.D., Raul Martinez Fernandez, M.D., Marta del Alamo, M.D., Casey H. Halpern, M.D., Pejman Ghanouni, M.D., Ph.D., Roberto Eleopra, M.D., Ph.D., Rees Cosgrove, M.D., Jorge Guridi, M.D., Ryder Gwinn, M.D., Pravin Khemani, M.D., Andres M. Lozano, M.D., Ph.D., Nathan McDannold, Ph.D., Alfonso Fasano, M.D., Ph.D., Marius Constantinescu, M.D., Ilana Schlesinger, M.D., Arif Dalvi, M.D., and W. Jeff Elias, M.D.

Randomized Trial of Focused Ultrasound Subthalamotomy for Parkinson's Disease

R. Martínez-Fernández, J.U. Máñez-Miró, R. Rodríguez-Rojas, M. del Álamo, B.B. Shah, F. Hernández-Fernández, J.A. Pineda-Pardo, M.H.G. Monje, B. Fernández-Rodríguez, S.A. Sperling, D. Mata-Marín, P. Guida, F. Alonso-Frech, I. Obeso, C. Gasca-Salas, L. Vela-Desojo, W.J. Elias, and J.A. Obeso

TEMBLOR ESENCIAL

Imaging Findings in MR Imaging–Guided Focused Ultrasound Treatment for Patients with Essential Tremor

M. Wintermark, J. Druzgal, D.S. Huss, M.A. Khaled, S. Monteith, P. Raghavan, T. Huerta, L.C. Schweickert, B. Burkholder, J.J. Loomba, E. Zadicario, Y. Qiao, B. Shah, J. Snell, M. Eames, R. Frysinger, N. Kassell, and W.J. Elias

Imaging Findings in MR Imaging–Guided Focused Ultrasound Treatment for Patients with Essential Tremor

M. Wintermark, J. Druzgal, D.S. Huss, M.A. Khaled, S. Monteith, P. Raghavan, T. Huerta, L.C. Schweickert, B. Burkholder, J.J. Loomba, E. Zadicario, Y. Qiao, B. Shah, J. Snell, M. Eames, R. Frysinger, N. Kassell, and W.J. Elias

Focused Ultrasound Thalamotomy for Refractory Essential Tremor: A Japanese Multicenter Single-Arm Study

RESULTADOS ESPERANZADORES

SARTD-CHGUV Sesión de Formación Continuada
Valencia , 9 de julio de 2024

6. SITUACIONES ESPECIALES

6.6. RMN CARDIACA

- **Morfología** cardiovascular, función ventricular, perfusión miocárdica.
- **Enfermedad coronaria obstructiva**, displasia arritmogénica del VD, enf. de Anderson, enf. de Fabry, amiloidosis, sarcoidosis...
- Desafíos específicos del **movimiento** cardíaco y respiratorio  sincronización con ECG
- Dobutamina, regadenosón, dipiridamol y adenosina como **vasodilatadores**.

Tabla 2. Contraindicaciones para varios componentes en resonancia magnética cardíaca

Agente	Contraindicación
Adenosina	Asma Enfermedad pulmonar obstructiva crónica Bloqueo auriculoventricular de II o III grado Frecuencia cardíaca < 45 lpm
Dobutamina	Angina inestable o infarto de miocardio reciente (menos de 1 semana) Estenosis aórtica severa Cardiomiopatía hipertrófica obstructiva Historia reciente de arritmia potencialmente mortal Hipertensión no controlada

6. SITUACIONES ESPECIALES

6.7. ENTERO RMN

- Principal indicación: **enf. Crohn**.
- **Contraste oral bifásico** (Volumen[®], manitol, sorbitol o polietilenglicol) + agua.
- Por **no ser absorbibles**, permanecen en la luz intestinal durante la exploración.
- **Enema** de suero templado para mejor valoración de todo el marco cólico y mayor distensión del íleon distal.
- **Eritromicina iv** para un vaciado más homogéneo del estómago.
- Decúbito **prono**: mayor separación de las asas.

Enterografía por resonancia magnética: técnica e indicaciones. Hallazgos en la enfermedad de Crohn

A. Torregrosa^{a,*}, Y. Pallardó^a, J. Hinojosa^b, S. Insa^a y R. Molina^a

Entero-resonancia magnética: revisión de la técnica para el estudio de la enfermedad de Crohn

L. Herraiz Hidalgo^{*}, E. Alvarez Moreno, J. Carrascoso Arranz, R. Cano Alonso y V. Martínez de Vega Fernández

Tabla 1 Medios de contraste por vía oral en entero-resonancia magnética

	Limitaciones
Contrastes positivos	Alto coste
Quelatos de gadolinio*	Escasa disponibilidad
Manganeso*	Almacenamiento, caducidad
Alimentos (leche, zumos)	Poca disponibilidad
Contrastes negativos	Alto coste, mal sabor, poca distensibilidad
Partículas orales superparamagnéticas	Rápida absorción, poca distensibilidad
Suspensión oral ferrosa	Tránsito acelerado, diarrea
Contrastes bifásicos	Efectos osmóticos, tercer espacio
Agua	Disponibilidad
Polietilenglicol	Mal sabor
Manitol	Diarrea
Metilcelulosa	Alto coste
Sulfato de bario	Disponibilidad
Bario de baja densidad	
Quelatos de gadolinio*	
Manganeso*	

* Dependiendo de la concentración de contraste. Modificada de: Fidler et al².

SARTD-CHGUV Sesión de Formación Continuada

Valencia , 9 de julio de 2024

Oral contrast agents for small bowel distension in MRI: influence of the osmolarity for small bowel distention

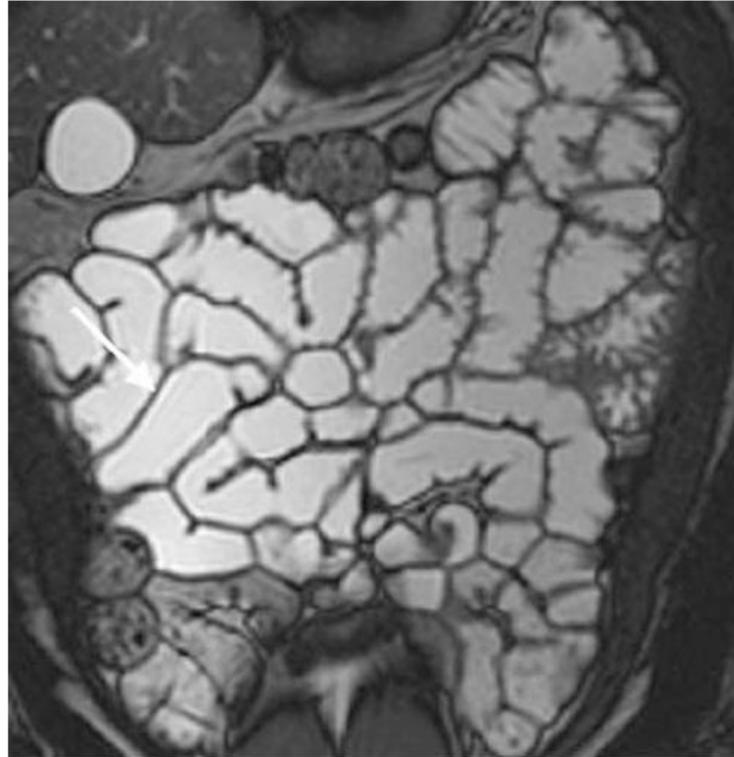


Fig. 1 2D True-FISP image after small bowel distension with 1000 ml of sorbitol–barium sulphate containing 2.0% of sorbitol as an osmotic sugar alcohol and 2.0% barium sulphate as a positive contrast agent. The bowel wall is characterized by a hypointense signal, whereas the bowel lumen (*arrow*), distended by the watery solution, exhibits a very hyperintense signal

**SARTD-CHGUV Sesión de Formación Continuada
Valencia , 9 de julio de 2024**

ARTEFACTOS VOLUNTARIOS (RESPIRACIÓN) E INVOLUNTARIOS (PERISTALTISMO)

	HYOSCINE (20-40 mg im. or iv)	GLUCAGON (1 mg im or iv)
Características	Largo efecto antiperistáltico No se ha aprobado en algunos países su uso en la ERM	Largo efecto antiperistáltico
Efectos secundarios	Visión borrosa (temporal) Dificultad para orinar Boca seca	Puede causar náuseas y vómitos (para evitarlos, inyectar manualmente a una velocidad baja)
Contraindicaciones	Miastenia gravis Megacolon Glaucoma Hipertrofia obstructiva de prostata	Diabetes

Conclusiones

1. Los casos de AFQ están aumentando en los últimos años.
-
2. A medida que aumenta la demanda de exploraciones por RMN también aumentan los requerimientos de anesestiólogos competentes en dicho campo.
3. Es fundamental mantener los estándares de monitorización y seguridad teniendo en cuenta las peculiaridades de este entorno.
4. Es importante conocer la farmacología y las posibles reacciones adversas de los fármacos.
5. Se están desarrollando nuevas estrategias para realizar exploraciones en pacientes pediátricos de manera segura.
6. La incorporación de nuevas tecnologías a la RMN supone desafíos adicionales.
7. Debemos conocer y saber manejar las situaciones especiales que pueden presentarse.

Bibliografía

1. McGowan JC. Basic principles of magnetic resonance imaging. *Neuroimaging Clin N Am*. 2008 Nov;18(4):623-36, x. doi: 10.1016/j.nic.2008.06.004. PMID: 19068405.
2. Indik JH, Gimbel JR, Abe H, Alkmim-Teixeira R, Birgersdotter-Green U, Clarke GD, Dickfeld TL, Froelich JW, Grant J, Hayes DL, Heidbuchel H, Idriss SF, Kanal E, Lampert R, Machado CE, Mandrola JM, Nazarian S, Patton KK, Rozner MA, Russo RJ, Shen WK, Shinbane JS, Teo WS, Uribe W, Verma A, Wilkoff BL, Woodard PK. 2017 HRS expert consensus statement on magnetic resonance imaging and radiation exposure in patients with cardiovascular implantable electronic devices. *Heart Rhythm*. 2017 Jul;14(7):e97-e153. doi: 10.1016/j.hrthm.2017.04.025. Epub 2017 May 11. PMID: 28502708.
3. Enders J, Zimmermann E, Rief M, Martus P, Klingebiel R, Asbach P, Klessen C, Diederichs G, Bengner T, Teichgräber U, Hamm B, Dewey M. Reduction of claustrophobia during magnetic resonance imaging: methods and design of the "CLAUSTRO" randomized controlled trial. *BMC Med Imaging*. 2011 Feb 10;11:4. doi: 10.1186/1471-2342-11-4. PMID: 21310075; PMCID: PMC3045881.
4. Canga, Ana, Kislikova, Maria, Martínez-Gálvez, María, Arias, Mercedes, Fraga-Rivas, Patricia, Poyatos, Cecilio, & Francisco, Ángel L.M. de. (2014). Función renal, fibrosis sistémica nefrogénica y otras reacciones adversas asociadas a los medios de contraste basados en el gadolinio. *Nefrología (Madrid)*, 34(4), 428- 438. <https://dx.doi.org/10.3265/Nefrologia.pre2014.Apr.12375>

SARTD-CHGUV Sesión de Formación Continuada

Valencia , 9 de julio de 2024

Bibliografía

5. Practice advisory on anesthetic care for magnetic resonance imaging: an updated report by the american society of anesthesiologists task force on anesthetic care for magnetic resonance imaging. *Anesthesiology*. 2015 Mar;122(3):495-520. doi: 10.1097/ALN.000000000000458. PMID: 25383571.

6. Gooden CK. Anesthesia for magnetic resonance imaging. *Curr Opin Anaesthesiol*. 2004 Aug;17(4):339-42. doi: 10.1097/01.aco.0000137095.50053.d1. PMID: 17021575.

7. Wang X, Liu X, Mi J. Perioperative management and drug selection for sedated/anesthetized patients undergoing MRI examination: A review. *Medicine (Baltimore)*. 2023 Apr 21;102(16):e33592. doi: 10.1097/MD.00000000000033592. PMID: 37083779; PMCID: PMC10118336.

8. Guimarães Ferreira Fonseca L, Garbin M, Bertolizio G. Anesthesia for pediatric magnetic resonance imaging: a review of practices and current pathways. *Curr Opin Anaesthesiol*. 2023 Aug 1;36(4):428-434. doi: 10.1097/ACO.0000000000001267. Epub 2023 Mar 17. PMID: 36994750.

Bibliografía

9. Roback MG, Carlson DW, Babl FE, Kennedy RM. Update on pharmacological management of procedural sedation for children. *Curr Opin Anaesthesiol*. 2016 Mar;29 Suppl 1:S21-35. doi: 10.1097/ACO.0000000000000316. PMID: 26926332.
10. Coté CJ, Wilson S; AMERICAN ACADEMY OF PEDIATRICS; AMERICAN ACADEMY OF PEDIATRIC DENTISTRY. Guidelines for Monitoring and Management of Pediatric Patients Before, During, and After Sedation for Diagnostic and Therapeutic Procedures. *Pediatrics*. 2019 Jun;143(6):e20191000. doi: 10.1542/peds.2019-1000. PMID: 31138666.
11. Quadri SA, Waqas M, Khan I, Khan MA, Suriya SS, Farooqui M, Fiani B. High-intensity focused ultrasound: past, present, and future in neurosurgery. *Neurosurg Focus*. 2018 Feb;44(2):E16. doi: 10.3171/2017.11.FOCUS17610. PMID: 29385923.
12. Li P, Qian R, Niu C, Fu X. Impact of intraoperative MRI-guided resection on resection and survival in patient with gliomas: a meta-analysis. *Curr Med Res Opin*. 2017 Apr;33(4):621-630. doi: 10.1080/03007995.2016.1275935. Epub 2017 Feb 2. PMID: 28008781.



¡Gracias!