



# ایمنی و حفاظت در تصویربرداری MRI و CT



آبان ۱۴۰۳

دکتر داود خضرلو

عضو هیئت علمی دانشگاه علوم پزشکی تبریز - دانشکده پیراپزشکی

[D.khezerloo@gmail.com](mailto:D.khezerloo@gmail.com)

**CT Scan**  
*Computed Tomography*



## رئوس مطالب

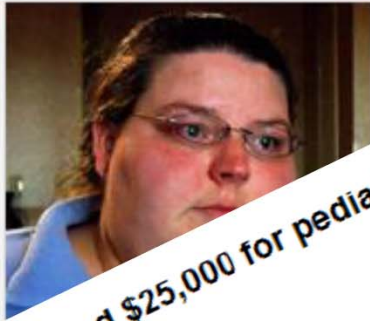
- مقدمه و اهمیت حفاظت CT
- روشهای عملی کاهش دوز بیمار در CT
- 10 قانون مهم حفاظت هنگام اسکن CT

- مقدمه و اهمیت ایمنی در MRI
- دسته بندی انواع سوانح در MRI
- MRI Zone
- MRI در حاملگی
- ساختار آموزش حفاظت در MRI

# Radiation Overdoses Point Up Dangers of CT Scans

Written by Humboldt Online Editor on 16 October 2009

New York Times  
Raven  
Knickerbocker,  
then an X-ray  
technologist at  
Mad River  
Community  
Hospital in  
Arcata, Calif.,  
activated a CT  
scan 151 times  
on 11



California hospital fined \$25,000 for pediatric CT radiation overdose

By [Cynthia E. Keen](#)  
AuntMinnie.com staff writer  
March 24, 2009

Parents sue California hospital over pediatric CT radiation overdose

By [Cynthia E. Keen](#)  
AuntMinnie.com staff writer  
November 20, 2008

A rural California hospital is being sued by parents of a child who underwent a CT exam during an emergency department visit for a neck injury. The parents allege that their 23-month-old boy has permanent chromosomal damage due to radiation burns and the CT scan, which took over an hour to perform.

**These can also happen**

مقدمه و اهميت





### Let the hype begin

Clock is ticking toward Sunday. Full report, 1-4C  
▶ 10 years ago, war was on our minds, 1C  
▶ Coming Friday: Bonus Section

# USA TODAY

NO. 1 IN THE USA

## The Golden Globes 'Gladiator' wins best drama film

Julia Roberts, Tom Hanks honored for drama roles; *Almost Famous* named best comedy film ■ 1-2D  
▶ The red carpet, 5D



Roberts: Smiles for Erin Brockovich.

January 22, 2001

## Newsline

Moody Sports Life

### com's new look

The latest news, stocks, scores more right now at USA Today's 24-hour online news site, with a clean new interface. Stand-alone Tech section.

### Fixed overnight

Market is down 137 points, 1.0%, to 16,069. Hong Kong's Hang Seng index is up 16,069.

# CT scans in children linked to cancer later

By Steve Sternberg  
USA TODAY

Each year, about 1.6 million children in the USA get CT scans to the head and abdomen — and about 1,500 of those will die later in life of radiation-induced cancer, according to research out today. What's more, CT or computed tomography scans given to kids are typically calibrated for adults, so children absorb two to six times the radiation needed to produce clear images, a second study shows. These doses are "way bigger than the sorts of doses that people at Three Mile Island were getting,"

David Brenner of Columbia University says. "Most people got a tenth or a hundredth of the dose of a CT." Both studies appear in February's *American Journal of Roentgenology*, the nation's leading radiology journal. The first, by Brenner and colleagues, is the first to estimate the risks of "radiation-induced fatal cancer" from pediatric CT scans. Until a decade ago, CT scans took too long to perform on children without giving them anesthesia to keep them still. Today's scanners spiral around the patient in seconds, providing cross sections, or "slices," of anatomy.

Doctors use CT scans on children to

search for cancers and ailments such as the appendixitis and kidney stones. "There's a huge number of children who don't know they have a problem," Fred I. Mettler, a pediatric radiologist in Mexico City, says. "It's a good way for diagnosis and treatment." A CT scan of a child's head takes between 10 and 20 minutes. "I want to thank you for your program and showing that center are d



CT perfusion with DSA

Manishi et al. Eur Radiol. 2005 Jan;15(1):41-6

## Study: Unnecessary CT scans exposing patients to excessive radiation

The New York Times

### Report Links Increased Cancer Risk to CT Scans

By THE ASSOCIATED PRESS  
Published: November 29, 2007

Millions of Americans, especially children, are needlessly getting dangerous radiation from "super X-rays" that raise the risk of cancer and are increasingly used to diagnose medical problems, a new report warns. In a few decades, as many as 2 percent of cancers in the United States may be due to radiation from CT scans given now, according to the report.

The risk from a single CT, or computed tomography, scan to an individual is small. But "we are very concerned about the built-up public health risk over a long period of time,"

#### CT scan radiation can equal nuclear bomb exposure

12:03 11 May 2007 NewScientist.com news service

Overzealous doctors who order unnecessary body scans that use X-ray technology are placing their patients at risk of cancer, radiologists warn.

Radiation from such scans is in some cases equivalent to that received by some survivors of the atomic bombs, they say. In response, associations, such as the American Cancer Society, are taking new steps to promote more careful use of the technologies.

By Steve Sternberg, USA TODAY

Overuse of diagnostic CT scans may cause as many as 3 million excess cancers in the USA over the next two to three decades, doctors report today.

Researchers say they're not trying to discourage all use of CT scans -- CT stands for computed tomography -- which superimpose multiple X-ray images to

### CT Scan Increase Could Mean More Cancer Down the Road

Date Published: Thursday, November 29th, 2007

NEWSInferno.com

CNN.com /health

### Study: CT scans raise cancer risk

updated 7:45 p.m. EST, Wed November 28, 2007

### Study: Increased Use of CT Scan Poses Cancer Risk

Thursday, November 29, 2007

Associated Press

## استفاده از CT به طور چشمگیری افزایش یافته است.

➤ **NCRP:**

➤ استفاده از CT در بین سالهای ۱۹۹۳-۲۰۰۶ به ازای هر سال حدود ۱۰٪ افزایش یافته است.

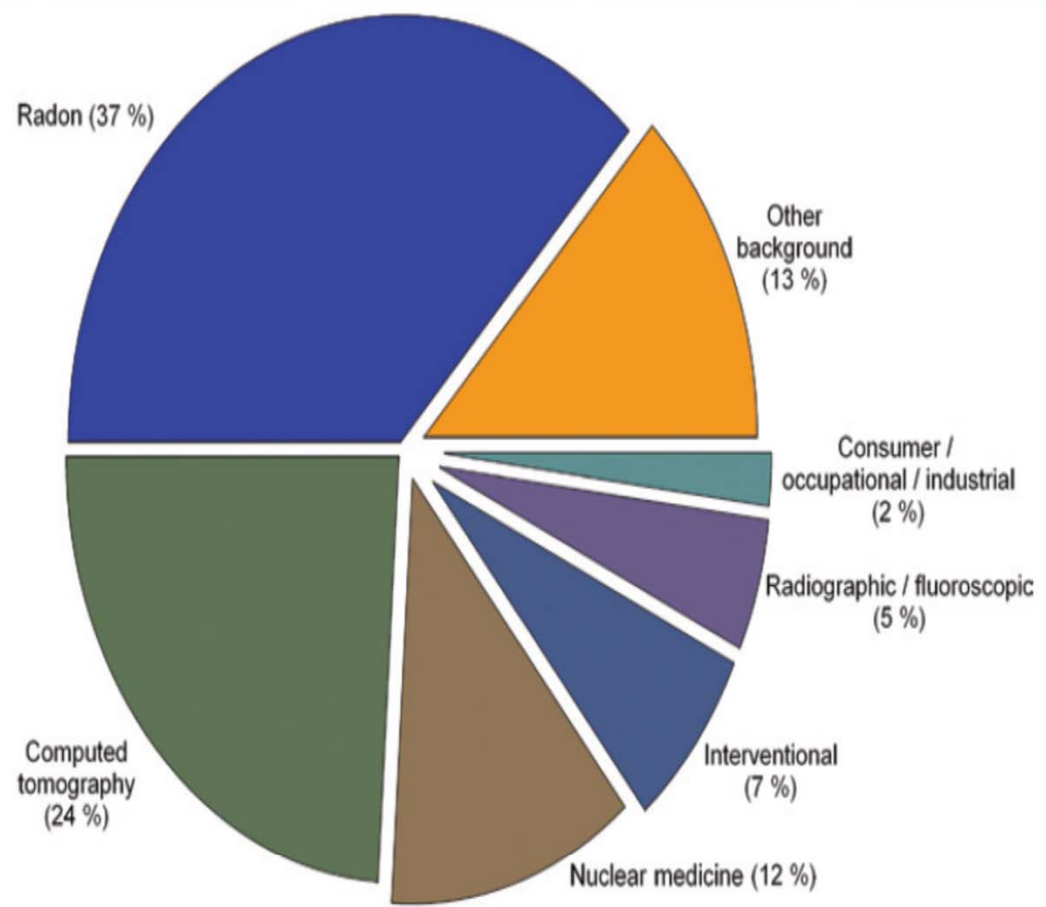
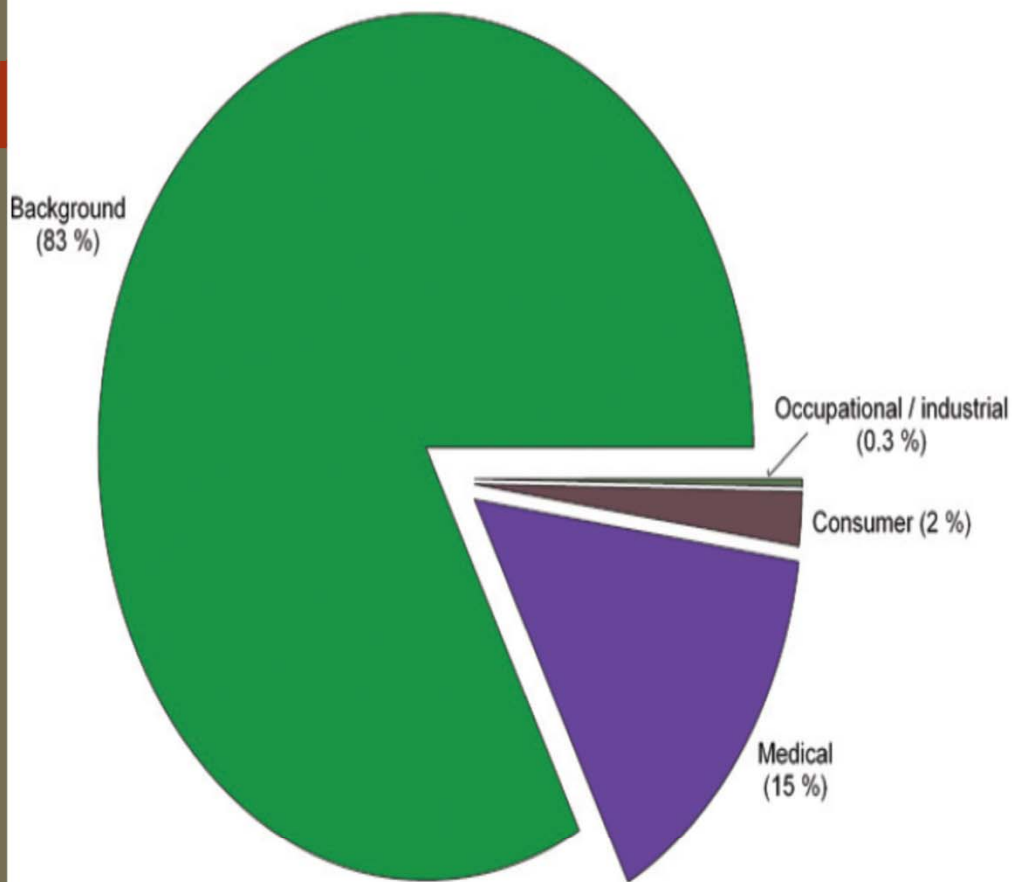
➤ در سال ۲۰۰۶ در امریکا ۶۲ میلیون آزمون CT انجام شده است.

• **ICRP**

• بر خلاف بقیه تکنولوژی های تصویربرداری، تکنولوژی CT اسکن بطور مداوم در حال توسعه است.

• یکی از پرکاربردترین وسایل تصویربرداری در کل دنیا می باشد.

• فراوانی استفاده از آن نسبت به بقیه روشهای تصویربرداری در طول یک دهه از ۲٪ به عدد ۱۰-۱۵٪ رشد کرده است.

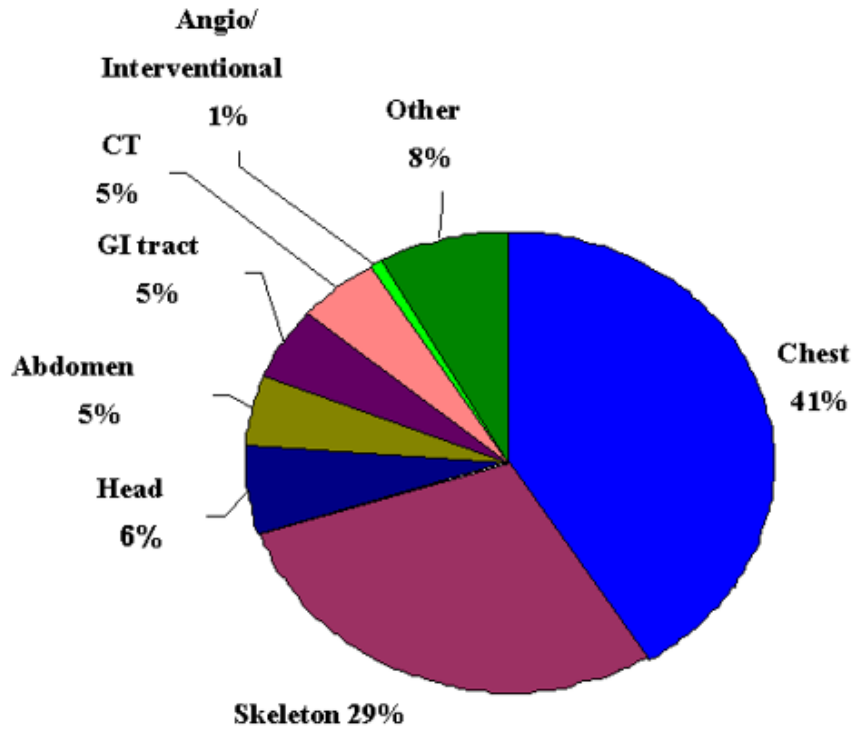


**a.** **b.**  
**Figure 1:** Average effective dose per capita to the U.S. population from major sources of exposure. **(a)** Effective dose (percentage of total) in early 1980s. **(b)** Effective dose (percentage of total) in 2006. (Reprinted, with permission, from reference 1.)

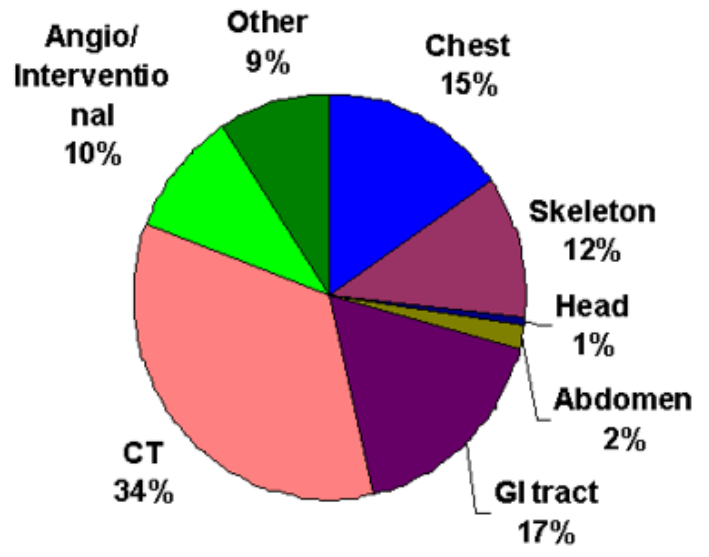
**فراوانی کاربرد CT - سهم CT در دوز تجمعی (سال ۲۰۰۰)**

**UNSCEAR 2000**

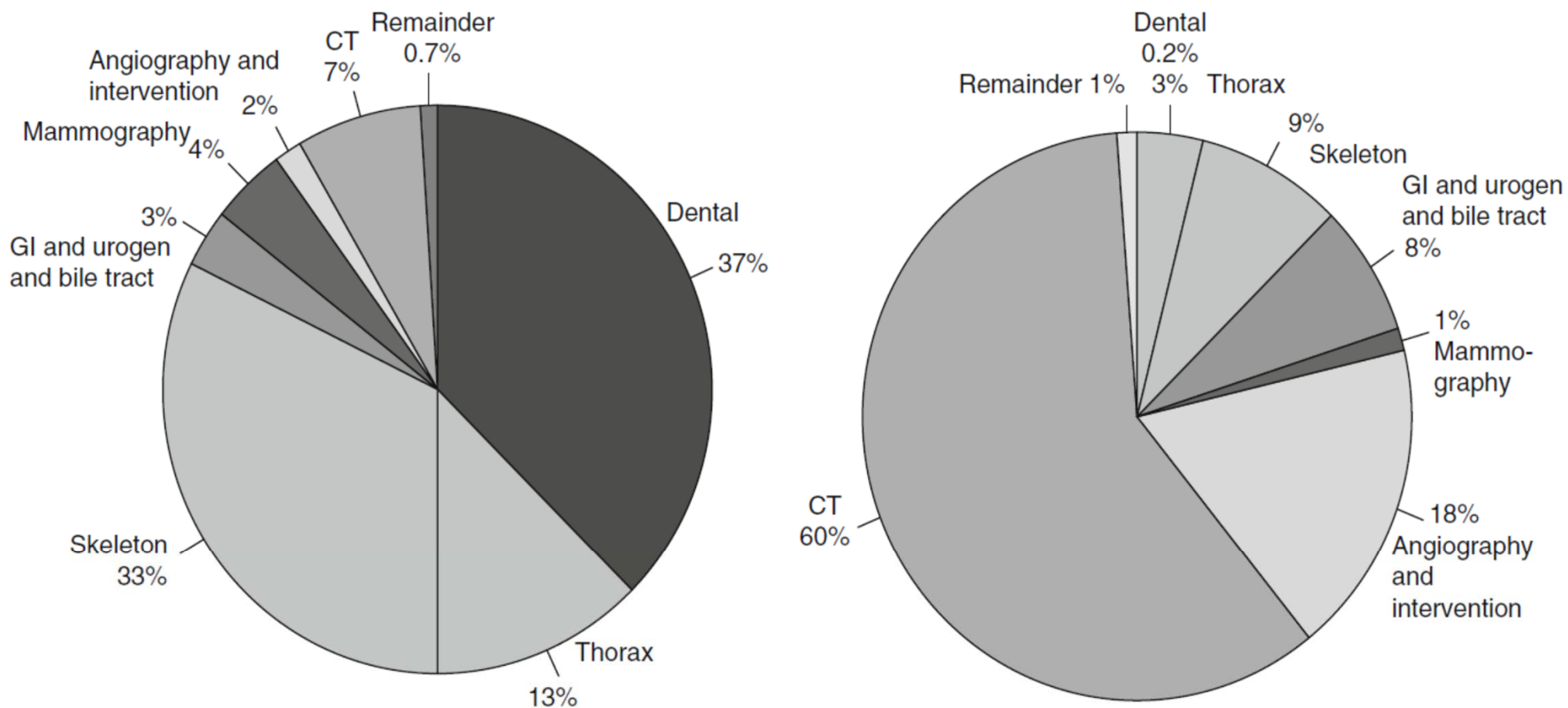
**(a) Contributions to frequency**



**(b) Contributions to collective dose**



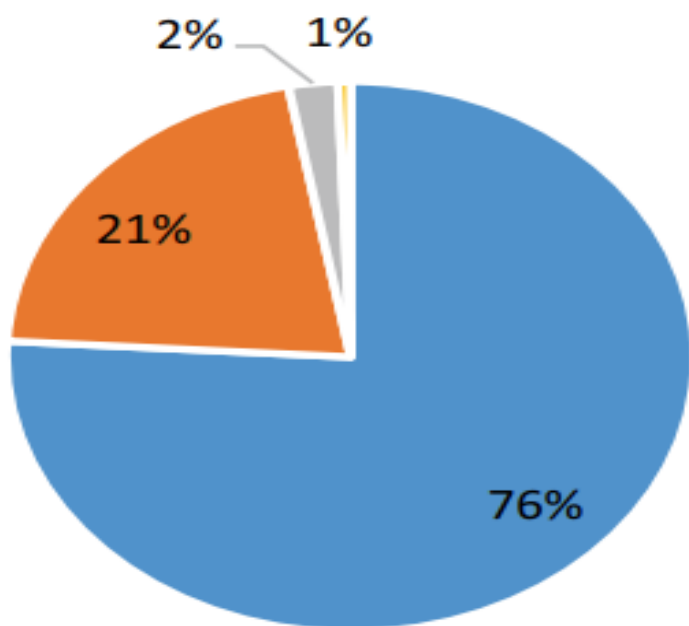
## فراوانی کاربرد CT - سهم CT در دوز تجمعی (سال ۲۰۰۶)



**Fig. 1.1** Contribution of various examination types to total frequency (*left*) and to collective effective dose (*right*) in 2006 for Germany adapted from BMU (2009)

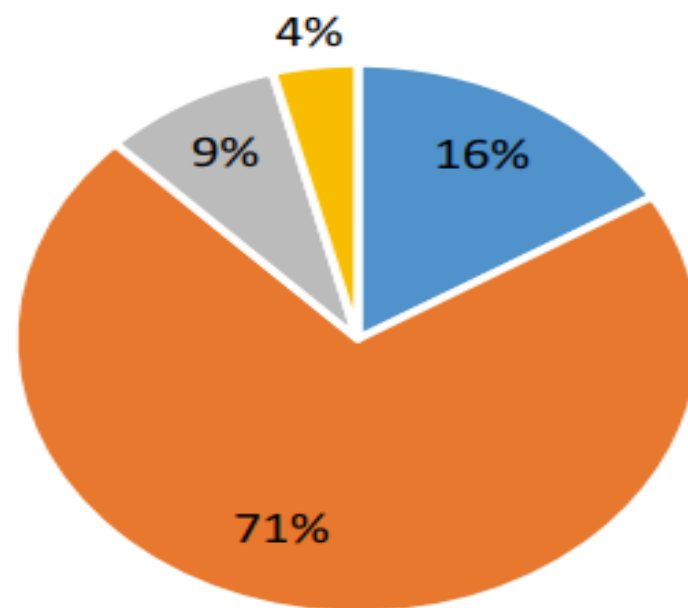
## فراوانی کاربرد CT - سهم CT در دوز تجمعی در سال ۲۰۲۰

### Frequency



- Plain Radiography
- CT Scan
- Fluoroscopy
- Interventional

### Collective Dose



- Plain Radiography
- CT Scan
- Fluoroscopy
- Interventional

## مقایسه دوز موثر در برخی از اسکنهای CT

CT examination	Effective dose (mSv)	Radiographic examination	Effective dose (mSv)
Head	2	Skull	0.07
Chest	8	Chest PA	0.02
Abdomen	10-20	Abdomen	1.0
Pelvis	10-20	Pelvis	0.7
		Ba swallow	1.5
		Ba enema	7

## دوز برخی از اندامهای که سر راه پرتو در CT اسکن قرار می گیرند.

Examination	Eyes	Thyroid	Breast	Uterus	Ovaries	Testes
Head	50	1.9	0.03	*	*	*
Cervical spine	0.62	44	0.09	*	*	*
Thoracic spine	0.04	0.46	28	0.02	0.02	*
Chest	0.14	2.3	21	0.06	0.08	*
Abdomen	*	0.05	0.72	8.0	8.0	0.7
L. spine	*	0.01	0.13	2.4	2.7	0.06
Pelvis	*	*	0.03	26	23	1.7

The symbol \* indicates that dose is  $< 0.005$  mGy

## تکنیکهای کاهش دوز در CT در زمان اسکن

### یک اصل مهم :

هر قدمی که برای کاهش دوز بیمار برداریم ، به همان نسبت دوز کارکنان نیز کاهش می یابد.

- طول اسکن (Scan Length) را محدود کنید.
- تا حد امکان از kVp و mAs پایین استفاده کنید.
- حتما از کنترل اتوماتیک اکسپوژر (AEC) استفاده کنید(به شرطی که کنترل کیفی شده باشد بدون اینکه کیفیت تصویر کاهش یابد).
- Patient Centering در پوزیشن دهی به بیمار رعایت شود.

○ برخی از ارگانهای سطحی مانند تیروئید ، بافت سینه ، عدسی چشم و گنادها را با شیلد سطحی بپوشانید. (بخصوص در کودکان و نوجوانان) استفاده از شیلد سطحی باعث کاهش دوز به میزان 30-60% دوز می شود.

#### CT Eye Shields:

- about a 50% dose savings to the eye lens
- 1mm layer of bismuth
- single use product to prevent against potential biological contamination.



#### CT Breast Shields :

- about a 57% reduction of radiation dose
- without significant changes in image quality, including artifacts and beam hardening effects.
- 1mm piece of bismuth
- Designed for multiple uses.
- Additional foam offsets available.
- Available in Adult and Pediatric sizes.

- شرایط اسکن را برای کودکان نسبت به بزرگسالان پایین تر بیاورید ( باعث کاهش دوز تا ۵ برابر)
- در اسکنهای هلیکال تا حد امکان از  $pitch > 1$  استفاده کنید.
- پارامترهای کاهش دوز مناسب در الگوریتم بازسازی را انتخاب کنید.
- در CT اسکنهای مولتی اسلایس از قابلیت Z-filter استفاده کنید.
- کرنل مناسب و درخواستی را انتخاب کنید.
- شاخص دوز برای هر بیمار را ثبت کنید.
- گایدلاینهای بروز شده را مطالعه کنید:

## UC DOSE: Dose Monitoring Software

### Institutional CT dose assessment



IAEA-TECDOC-1621

*Dose Reduction in CT while  
Maintaining Diagnostic Confidence:  
A Feasibility/Demonstration Study*



**Safety Reports Series**  
No. 61

**Radiation Protection  
in Newer Medical  
Imaging Techniques:  
CT Colonography**

Jointly sponsored by the IAEA, WHO, ISRP



With contributions from the



**In Newer Medical  
Imaging Techniques:  
Cardiac CT**

Jointly sponsored by the IAEA, WHO, ISRP



With contributions from the



**Safety Reports Series**  
No. 58

**Radiation Protection  
in Newer Medical  
Imaging Techniques:  
PET/CT**



# تکنولوژی های جدید موثر در کاهش دوز

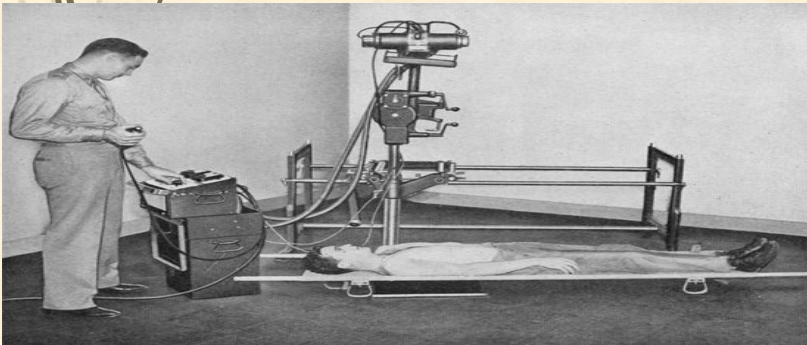
: بطور میانگین دوز را تا حدود ۳۰-۶۵٪ کاهش می دهد.

: بطور میانگین دوز را تا حدود ۳۰-۱۰٪ کاهش می دهد.

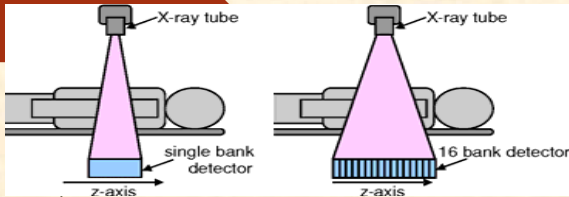
.A الگوریتم تکرارشونده (Iterative)

.B روشهای کنترل اتوماتیک اکسپوژر

.C روشهای کاهش دوز در CT آنژیوگرافی: ادامه..



# روشهای کاهش دوز در CT اتریوگرافی شامل :



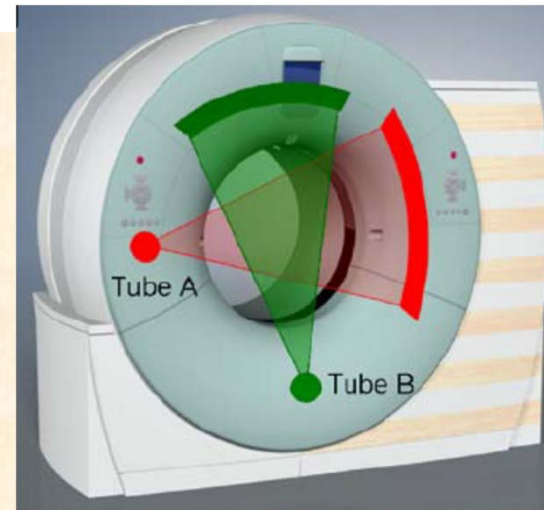
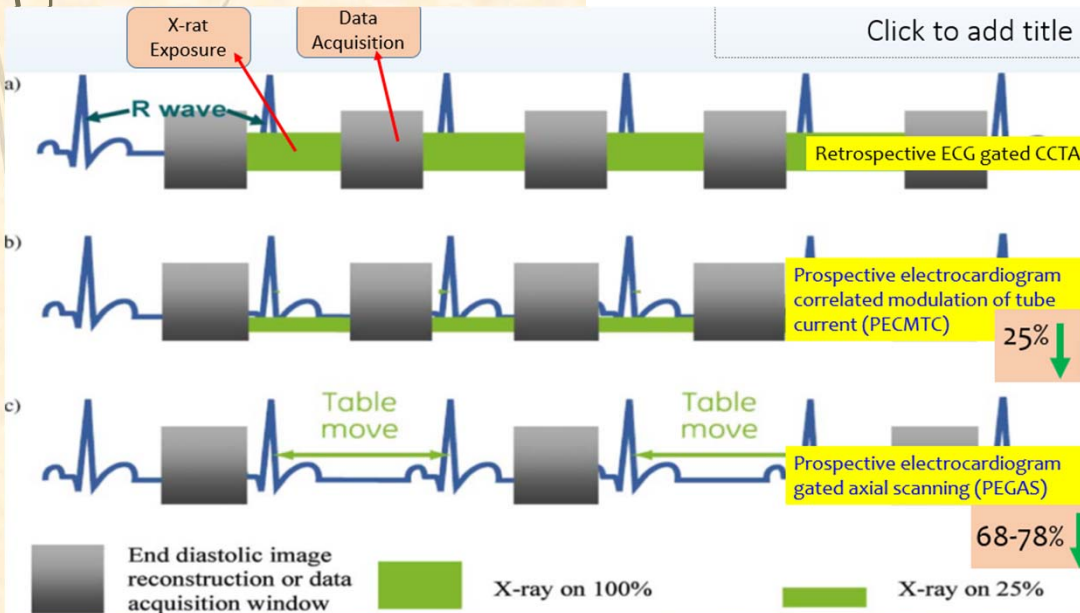
1. اسکن prospective modulation شده با ریتم قلبی : 25%

2. اسکن prospective gated قلبی: 68-78%

3. سی تی اسکهای Dual-Source: دوز را در حد رادیوگرافی (1.9 mSv) کاهش میدهد

4. سی تی اسکها با ردیف دکتورهای زیاد ۲۵۶ ردیف : 50-65%

5. روش کیلوولتاژ پایین : 30-50%



	Brand	Iterative Approaches	Goal
1	Siemens	<b>IRIS:</b> Iterative reconstruction in image space	1- Noise reduction      2- contrast enhancement
2		<b>SAFIRE:</b> Sinogram Affirmed Iterative Reconstruction	1-Potential for artefact reduction through 3D projection
3		<b>AMIR :</b> Advanced model iterative reconstruction	
4	GE	<b>ASIR:</b> Adaptive statistical iterative reconstruction	Statistical modeling by using of information obtained from the FBP algorithm ( physics of intraction of x-ray with matter)
5		<b>Veo:</b> Model base iterative reconstruction	Geometric + Statistical 3D modeling + complex and Time-consuming ==10-90 min
6	Philips	<b>iDose</b>	first analyzes of the raw projection data , identifying and correcting the noisiest data(poor SNR- low photon counts)+ Statistical modeling+noisy data are penalized +edge are preserved +Spatial resolution preserved + controlling of artifacts due to photin starvation(metal -streak bias artifacts)
7		<b>IMR:</b> Iterative model reconstruction	iDose(nois manegment)+ data statistics + image statistics + system modeling during its iterative cycle
8	Toshiba	<b>ADIR :</b> Adaptive iterative dose reduction	

**Table 1. AEC techniques currently available from different vendors**

<b>AEC Technique</b>	<b>GE Healthcare</b>	<b>Siemens</b>	<b>Philips</b>	<b>Toshiba</b>
x-y axis/angular	Smart mA	CARE Dose	D-DOM	—
z axis/longitudinal	Auto mA	ZEC	Z-DOM	SureExposure
x-y-z/combined	Auto mA 3D	CARE Dose 4D	—	SureExposure3D

Note: AEC = automatic exposure control.

## 10 Pearls: Radiation Protection in CT (IAEA recommendations)

### 1. Perform scan only if it is indicated!

It is estimated that a significant number of imaging examinations are unnecessary

Consultation between the referring physician and the radiologist is recommended



**US**

Ultra Sound

**MRI**

Magnetic Resonance  
Imaging

2. Encourage use of alternative non-ionizing imaging (MRI,US) when appropriate especially in younger patients

**3. Always check if patient may be pregnant**

**Use special signs and informative material notifying patients that they MUST disclose any possibility of pregnancy**



**Please notify staff if you think you might be pregnant!**

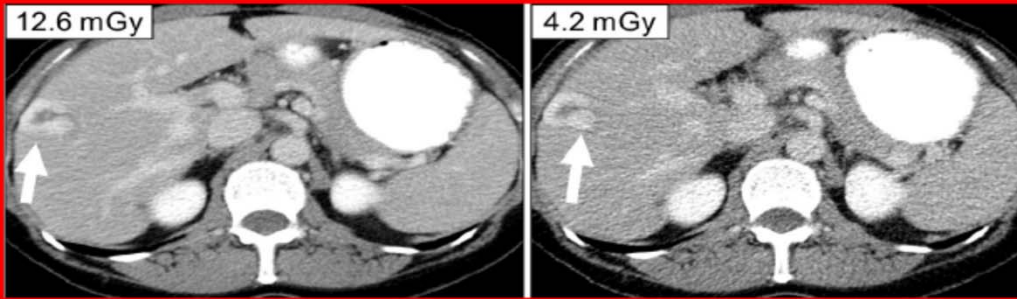


Image Quality: Unnecessarily high

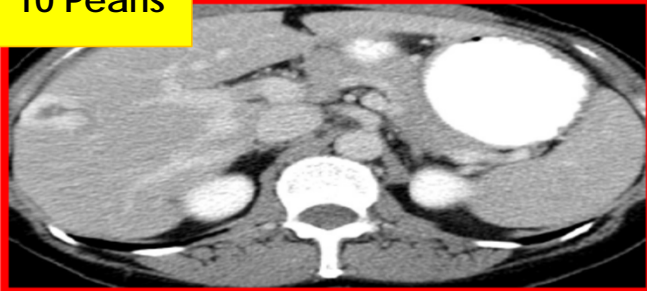
Image Quality: Adequate for diagnosis

**4. High quality /Crisp images may look nice but they impart higher radiation dose to patients  
Start using images with some noise without loss of diagnostic information**

*Images courtesy of: MK Kalra, S. Singh, MGH Webster Center for Advanced Research and Education in Radiation*

**5. Use indication-specific CT protocols for each body region, e.g. for lung nodule follow up or kidney stones, diagnostic images can be obtained at 50-75% lower radiation dose compared to routine or general use protocols**





**6. Multiple pass or phase CT should NOT be performed routinely**

**Multiphase CT can increase the dose by as much as 2-3 folds over single phase CT**

*Images courtesy of: MK Kalra, S. Singh, MGH Webster Center for Advanced Research and Education in Radiation*

**7. Adjust exposure parameters according to patient and body part**

*Images courtesy of: MK Kalra, S. Singh, MGH Webster Center for Advanced Research and Education in Radiation*



Large patient



Small patient

**8. Know your equipment: Learn how to adjust the parameters of the automatic exposure control (AEC) system to fine tune radiation dose for different clinical indications and body regions**

**Most body CT examinations should be performed with use of AEC**

### 9. Good technique:

- Lower kVp, mAs,
- Higher pitch
- Restrict scan length to what is necessary
- Always center the area of interest in isocenter of CT gantry
- All CT protocols should state the start and end location for different clinical indications
- Thin slices only when necessary

PE protocol  
Apices to adrenal  
PE=Pulmonary embolism

Shorter scan length:  
20-30% dose reduction



Images courtesy of: MK  
Kalra, S. Singh, MGH  
Webster Center  
for Advanced Research  
and Education in Radiation

PE protocol  
Apices to lung  
bases

Examination	Reference Levels (CTDI <sub>vol</sub> )*
CT head	75 mGy
CT adult abdomen	25 mGy
CT adult chest	21 mGy
CT paediatric abdomen (5 y old)	20 mGy
CT paediatric head (5 y old)	34 mGy

\*NCRP Report No. 172

**10. Pay attention to radiation dose values and compare with diagnostic reference levels (DRLs)**

**Be aware of CT dose metrics and recommended dose levels for different body regions**

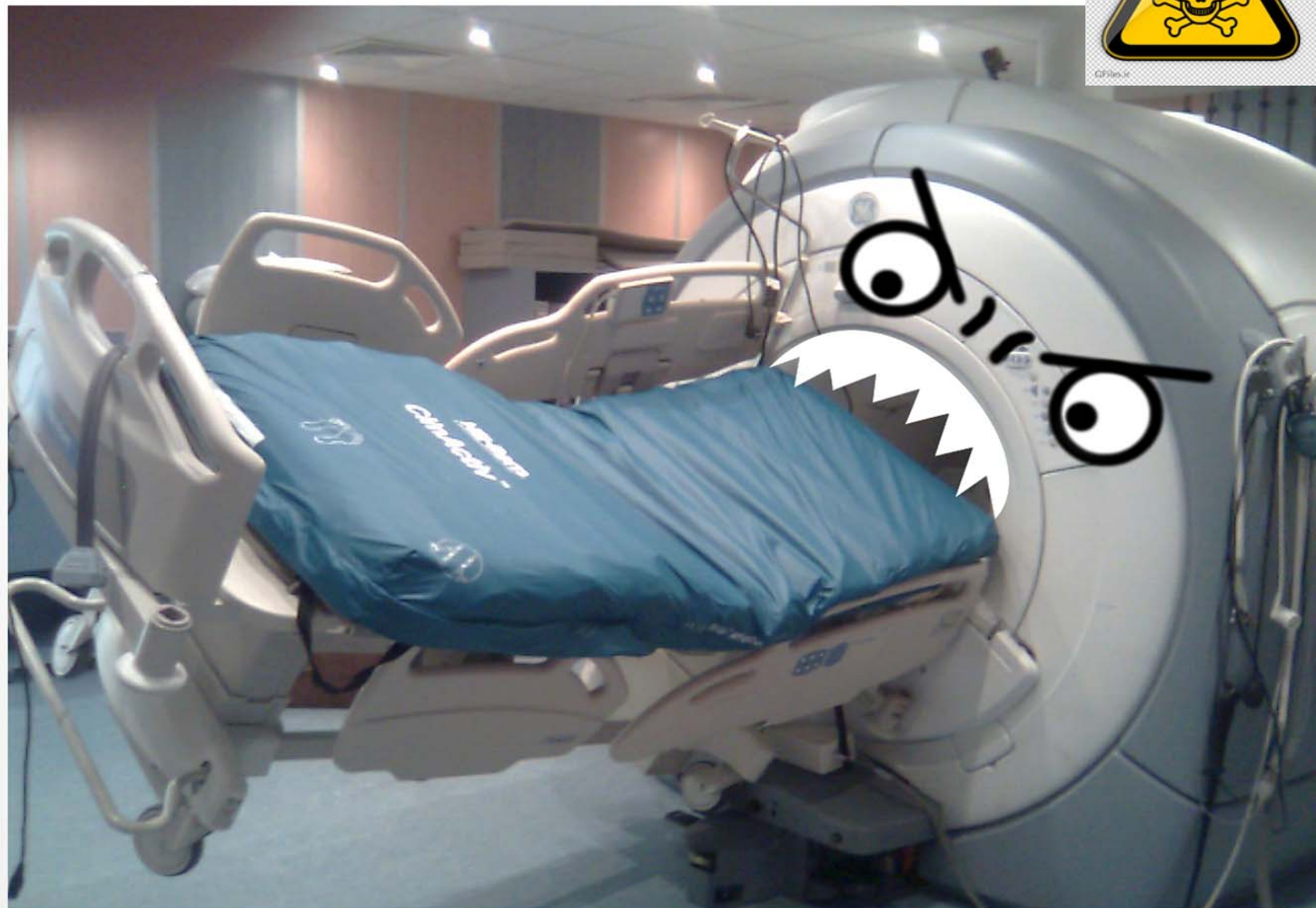
Related Poster!

10 Pearls: Appropriate referral of CT examinations

<https://rpop.iaea.org/RPOP/RPoP/Content/Documents/Whitepapers/poster-ct-appropriate-referrals.pdf>

<http://rpop.iaea.org>

# ایمنی و حفاظت در MRI



## تصویربرداری تشدید مغناطیسی

➤ MRI یکی از ایمن ترین روشهای تصویربرداری پزشکی است.

➤ فراوانی استفاده MRI به تدریج افزایش می یابد ؛ ۳۰۰۰۰۰ نصب در کل دنیا

### مزایا:

غیرتهاجمی

غیر یونیزان

کیفیت فوق العاده از بافت نرم

تصاویر آناتومیک ، فیزیولوژیک ، عملکردی

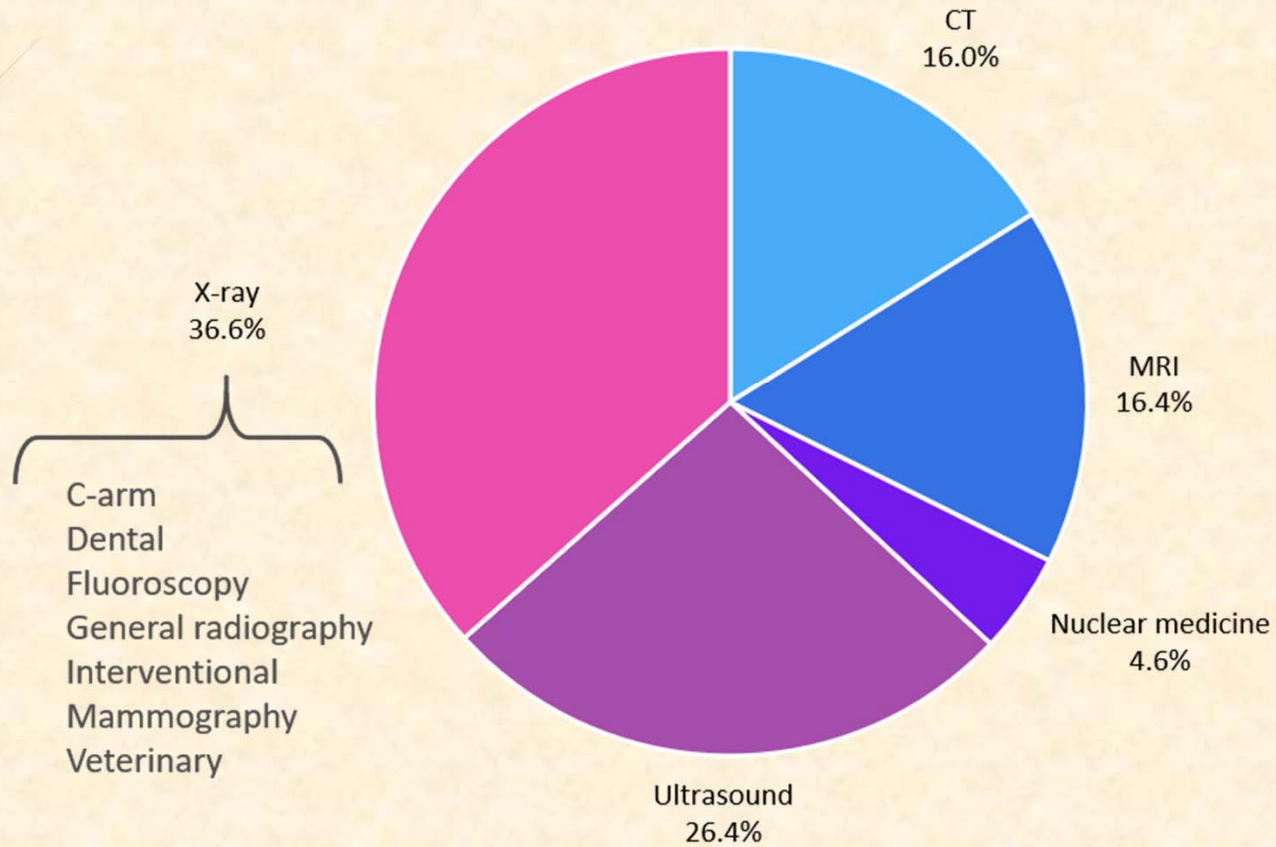
امکان تکرار های متوالی

➤ مسئله ایمنی در MRI حیاتی است:

خطرات جانی

هزینه های مالی

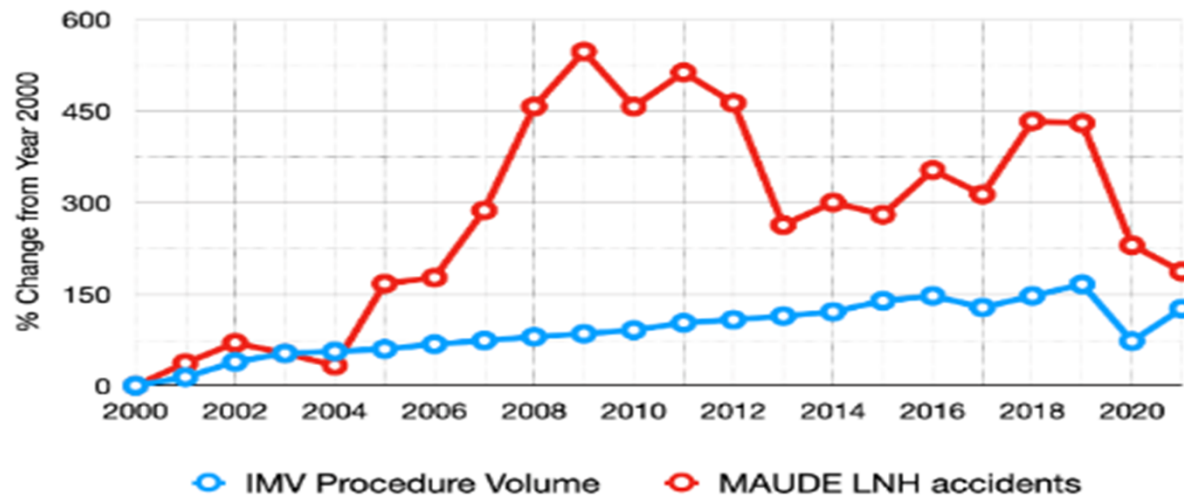
Figure 2: Global medical imaging equipment market by technology, 2019 (revenue)



Source: Omdia

© 2020 Omdia

## Changes to MRI Adverse Events vs. Volume



© Copyright 2022 Tobias Gilk  
[GilkRadiologyConsultants.com](http://GilkRadiologyConsultants.com)



اخبار

India

This article is more than 5 years old

### Man dies after being sucked into MRI scanner at Indian hospital

Man was carrying oxygen cylinder which was pulled by magnetic force and then thought to have punctured

Agence France-Press

GE HealthCare

What if you could achieve exceptional image quality without lifting a finger?

MCI LTE 16:42 69%

### Brazilian man shot by own gun in MRI accident dies of injuries

February 9, 2023

A Brazilian lawyer who was an advocate for gun rights has died of injuries he sustained after he was shot by a gun he brought into an MRI suite.



Leandro Mathias de Novaes died on February 6 after he was hospitalized following the accident, according to multiple news sources. He had been hospitalized in serious condition after the incident, which occurred on January 16 at an MRI facility in Sao Paulo.

Screencap from 'Casey Insights' (click to open page to read the article)

An account of a different MRI accident from early this year, in which a visitor to an MRI suite was killed when his own firearm discharged and shot him, further reinforces the critical importance of MRI safety.

112 19 comments

Like Comment Share Send



Oxygen cylinder kills South Korean man in MRI accident

By Kate Madden Yee, AuntMinnie.com staff writer

October 18, 2021 -- A 60-year-old man at a South Korean hospital was killed in an MRI accident when an oxygen cylinder was carried into the scanning suite during his exam, according to news outlet KBS News.

The oxygen cylinder was already on the pallet on which the patient was brought into the scanner. The patient was sucked into the scanner. The door of the accident is not closed. There are no closed objects around it by KBS said. "The patient was in critical condition"

itn IMAGING TECHNOLOGY NEWS

MAGAZINE PHOTO GALLERIES PODCASTS


Search

COVID-19 IMAGING INFORMATION TECHNOLOGY WOMEN'S HEALTH RADIATION ONCOLOGY

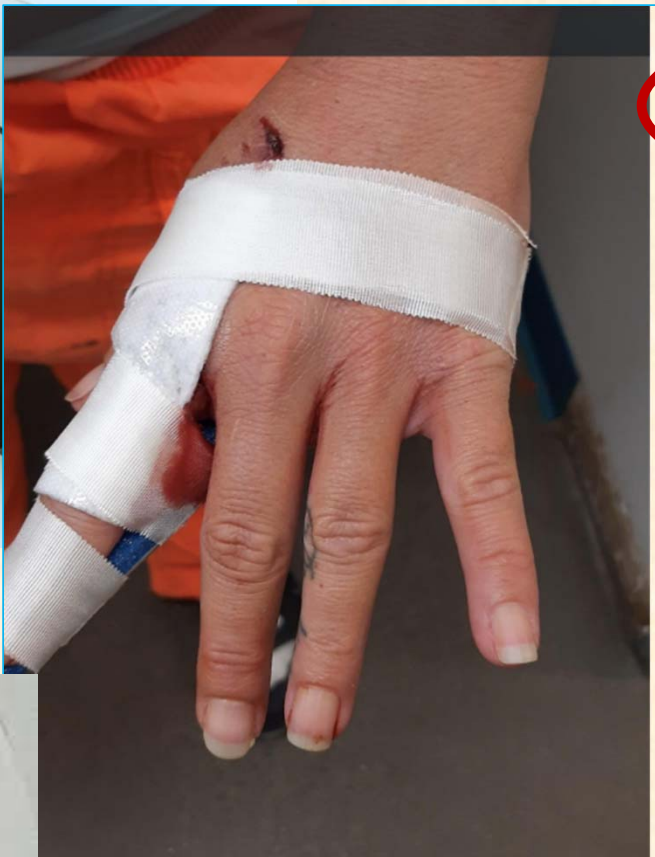
FEATURE | MAGNETIC RESONANCE IMAGING (MRI) | OCTOBER 25, 2019 | DAVE FORNELL

### Nurse Injured in MRI Accident at Swedish Hospital

Metal in weighted vest believed to have caused extensive injuries that landed nurse in intensive care



Facebook, Twitter, LinkedIn, +



MRI machine triggers handgun, man dies in freak accident



Ghost gun representative image Photograph:( Twitter )



## منشا سوانح در MRI میدانهای مغناطیسی هستند.

بطور کلی ۳ دسته میدان مغناطیسی در MRI وجود دارد:

1-Static magnetic field( $B_0$ )

2-Radiofrequency Field( $B_1$ )

3-Gradient Field (Time-varying)

### دسته بندی خطرات در MRI :

خطرات مربوط به پرتاب اشیاء

خطرات مربوط به تولید گرما و سوختگی

اثرات بیولوژیک

خطرات مربوط به مواد کنتراست زا

کونچینگ سیستم

کلاستروفوبیا

## منشا خطر

### 1- Static magnetic field (B0)

میدان 0.2 T – 3T  
مغناطیسی قوی

## نوع خطر

**اثر مکانیکی:** پرتاب با چرخش اشیاء فرومغناطیس با سرعت زیاد (تا 65 km/h - نیروی تا ۶۰۰۰ نیوتن)



### اثرات بیولوژیک: تولید جریانهای القائی بدلیل حرکت

داخل میدان مغناطیسی (قانون لنز القای فارادی)

1. حرکت ناخواسته اندامها (سر)
2. حرکتهای فیزیولوژیک اجزای داخلی بدن (خون)

— سرگیجه (Vertigo)

— تهوع (Nausea)

— درخشش نور در چشم بسته (phosphenes)

— طعم فلز

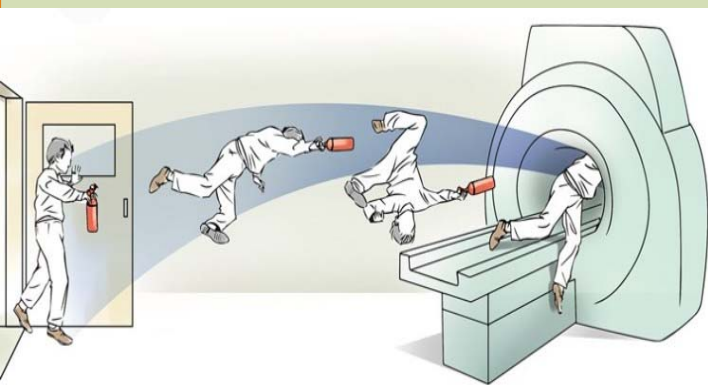
— اختلالات همودینامیک خون

— اختلال زمانی و فشاری عملکرد دریچه میترا - دریچه آئورت


اثرات بیولوژیک ناچیز در میدانهای پائین تر از 3T

## توضیحات ( وسایل فرومغناطیسی )

- **تجهیزات پزشکی:**
- ایمپلنت (۱۰٪-۲۰٪ از بیماران)
- کلیپس آنوریسم
- پیس میکر قلبی
- پمپهای اینفیوژن دارو
- ویلچیر
- سیلندرهای اکسیژن
- ترالی
- تجهیزات مانیتورینگ و ونتیلاسیون
- **تجهیزات فردی ( بایستی قبل از ورود به اتاق مگنت جداسازی شوند):**
- بدون آرایش (بیمار بدون مو اسپری شده ، روژلب، پودرهای آرایشی)
- تاتوو
- لباسهای دارای الیاف فلزی و میکرو فیبرهای نقره
- کارتهای اعتباری
- خودکار
- کلید
- سکه
- تلفن همراه
- ساعت مچی
- جواهرات



توضیحات	نوع خطر	منشا خطر
<ul style="list-style-type: none"> <li>تغییر سریع گرادیان در حضور میدان استاتیک قوی B0 باعث تولید نیروی Lorantz و جریان القایی می شود.</li> <li>جریان القایی بستگی به : آهنگ تغییر گرادیان، شدت میدان B0 و مقاومت بافت(بافت به فرکانسهای 1MHz &lt; مقاومت نشان می دهد)</li> <li>۳ دسته کوئل گرادیان X , Y, Z مسئول لوکالیز کردن FOV و انتخاب برش</li> <li>سکانسهای تصویربرداری سریع ،سکانسهای اسپکتروسکوپی،سکانس High resolution MRI ، EPI جریان القایی بالایی در بافت تولید میکنند.</li> </ul>	<p><b>آسیبهای بیولوژیک شامل :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>تحریک عصبی جانبی (PNS) مورومور شدن، درد : در فرکانسهای بالای 5 KHZ</li> <li>تحریک عضلانی: در فرکانسهای پائین (10 HZ- 100HZ)</li> <li>نویز صوتی ( وزوز گوش، ناشنوایی ) <b>بالای 99dB محافظ گوش ضروری</b></li> <li>درخش نوری</li> <li>فیبریلاسیون بطنی</li> </ul> <p><b>آسیبهای ناشی از ایمپلنت:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>تولید حرارت در ایمپلنت</li> <li>ارتعاش ایمپلنت</li> </ul> 	<p><b>2- Gradient Field</b>  (Time-varying, Rpidly switched ON/OFF)  ~100- 200 mT/m/ms</p>

توضیحات ( وسایل فرومغناطیس )	نوع خطر	منشا خطر
<ul style="list-style-type: none"> <li>• امواج RF برای تحریک پروتونها و تولید سیگنال بکار میرود.</li> <li>• مسئول بیشتر صدمات از نوع سوختگی ( بالای ۵۹٪ )</li> <li>• میتواند سوختگی درجه ۲ و حتی سوختگی درجه ۳ ایجاد کند</li> <li>• افزایش 1 C دما بدن قابل قبول است.</li> <li>• در مورد نوزادان و افراد مبتلا به اختلالات گردش خون، افزایش دما نباید از ۰.۵ درجه سانتیگراد تجاوز کند.</li> <li>• در سکانسهای High Field و ultra High Field از شدت RF بالایی استفاده می شود.</li> <li>• میتوان از کمپرسور سرد در ناحیه ریسک بالا استفاده کرد.</li> <li>• با افزایش میدان از ۰.۵ تسلا به ۱.۵ تسلا، نرخ جذب ویژه (SAR) به میزان ۹ برابر افزایش می یابد.</li> </ul>	<p><b>سوختگی</b></p> <p><b>۱) سوختگی ناشی از جریان القائی (فرکانسهای بالای 1MHz).</b> اغلب کل ناحیه اسکن دچار شوک حرارتی می شود</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• عدسی چشم و بیضه ها حساس به گرما هستند.</li> <li>• خانهای حامله و افراد با فشارخون بالا به استرس حرارتی حساس هستند.</li> <li>• یا کسانی که از داروهایی مانند دیورتیک ها یا گشادکننده های عروقی استفاده می کنند.</li> </ul> <p><b>۲) سوختگی ناشی از تماس</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• تماس با فلز لباس</li> <li>• تماس با کوپل</li> <li>• تماس با لیدهای کوپل</li> <li>• تماس با کانکتورهای ECG</li> <li>• پروب اکسیژن</li> <li>• تماس کابلهای عایق ECG روی پوست</li> <li>• تماس Skin-to-Skin</li> <li>• لباسهای دارای الیاف فلزی میکروفیبرهای نقره</li> <li>• تاتوپوست</li> <li>• وسایل آرایشی دارای مشتقات فلزی و رنگدانه های اکسید آهن</li> <li>• تماس با ماسک در دوران COVID-19</li> <li>• اجسام عایق با شکل میله ای یا سیمی ( لوله ها تجهیزات)</li> </ul>	<p><b>Radiofrequency Field(B1)</b></p> <p>~ <math>\mu T</math></p>
 <p>Burns are the most often reported MRI adverse incident in England [32].</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• deep brain stimulator (DBS)</li> <li>• MR Conditional intracranial pressure (ICP) monitoring device</li> </ul>	



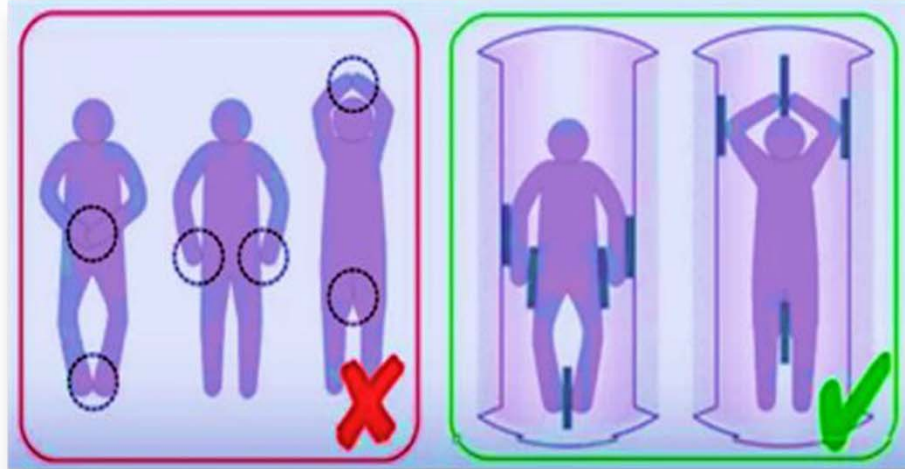
There have been many reports to the MHRA of burns that have occurred when the arms or the legs have been positioned in such a way as to create a conductive loop pathway [34, 35].



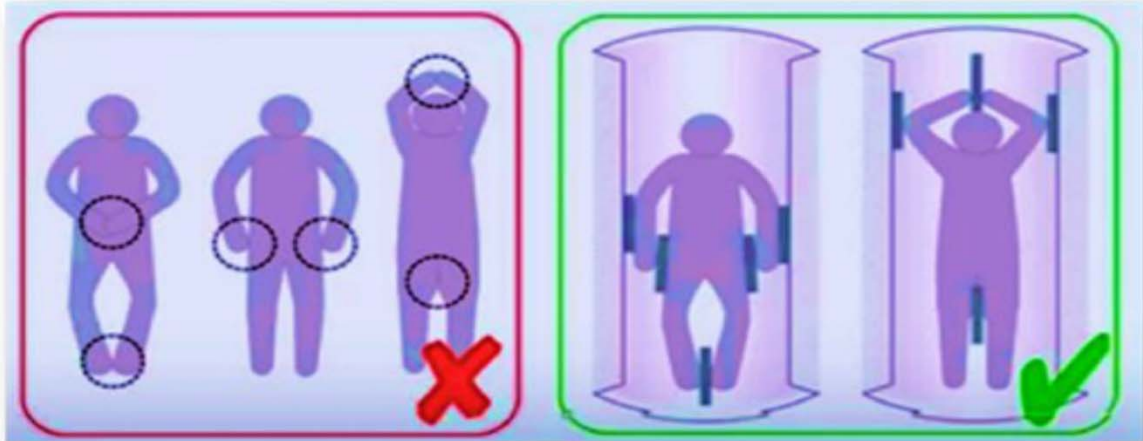
Induced current burns are frequently not immediately sensed by the patients. As such, patients typically cannot warn the radiographer of discomfort or pain prior to thermal damage.

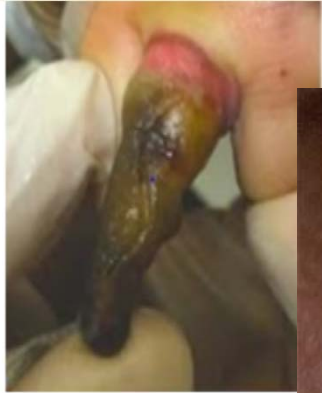


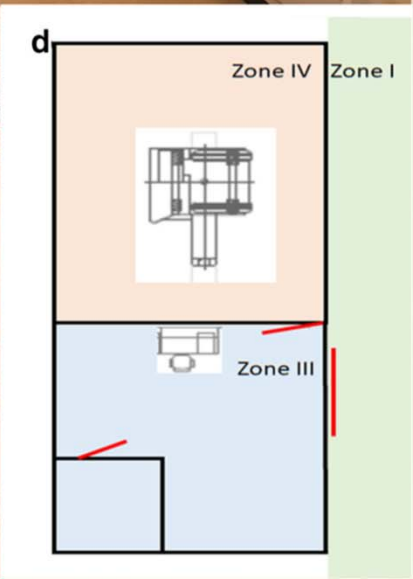
Foam pads, 1–2 cm thick, should be used to insulate the patient from cables, the bore and between limbs.



**Table 1.** Examples of how to reduce the risk of burns.

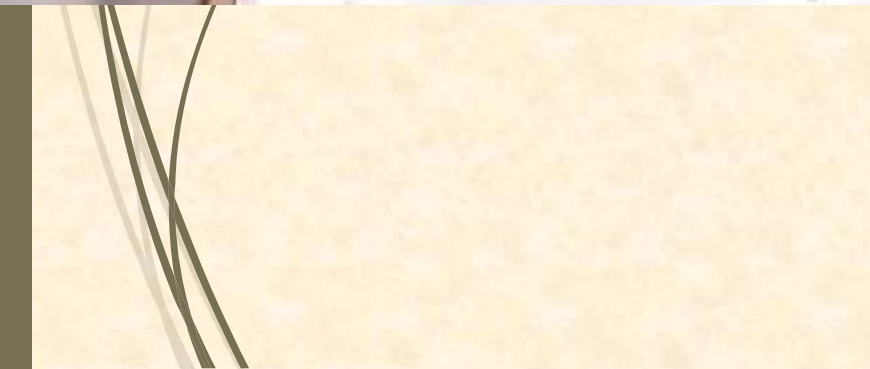
	Preventative measure
Physiologic monitors, leads and cables	Leads or cables should not directly contact the patient; place pads at least 1cm in thickness (not a sheet) between the patient and lead/cable. All equipment within the scanner room must be MR Conditional. <sup>41</sup>
Skin-to-skin contact	Place pads at least 1cm in thickness (not a sheet) between places where there may be skin-to-skin contact within the RF field, for example between the thighs or where the thumb may touch the side of the body. To avoid a conductive loop, the legs and arms should not be crossed. <sup>41</sup>
	
Skin-to-magnet bore contact or skin-to-transmit RF coil contact	Ensure pads at least 1cm in thickness (not a sheet) are placed between the patient and the side of the bore, or the patient and RF transmit coil if contact is possible. <sup>41</sup>
Metallic microfibre clothing	Change all patients out of street clothes into MRI safe gown or scrubs. <sup>6</sup>
Face masks	Remove metal nose piece from mask where necessary. <sup>38</sup>
Tattoos	Place a cold compress over the area of interest to provide a heat sink. <sup>6</sup>







Floor buffer



توضیحات	نوع خطر	منشا خطر
<ul style="list-style-type: none"> <li>• نسبت به مواد کنتراست بر پایه یُد عوارض جانبی کمی دارند.</li> <li>• میزان عوارض گزارش شده : 0.07% - 2.4%</li> </ul> <p>❖ موارد منع مصرف ماده کنتراست (کنترآندیکاسیون):</p> <p><b>Contraindications</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• GFR &lt; 30ms/minute</li> <li>• pregnancy (risk versus benefit ratio)</li> <li>• breast feeding mothers</li> <li>• infants &lt; 2 years</li> </ul> <p><b>Caution</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• asthmatics, history of previous reactions</li> </ul>	<p>سردرد ، تهوع ، سرگیجه، خارش پوست ، احساس سرما و درد در موضع تزریق</p> <p>واکنشهای آلرژیک خارش ، کهیر ، اسپاسم برونش (میزان شیوع : 0.004% - 0.7%)</p> <p>واکنشهای آنافلاکتیک با ریسک مرگ بسیار نادر با شیوع - 0.001% 0.01%</p> <p>فیبروز نفروژنیک (NSF) : فقط در بیمارانیکه دارای بیماریهای مزمن کلیوی و حاد کلیوی</p> <p>Acute renal failure – Chronic kidney disease</p>	<p><b>ماده کنتراست</b></p> <p>(ترکیبات شلاته گادولینیم با پایداری ،ویسکوزیته و اُسمولاریته متفاوت )</p> 
<p><b>علت وقوع:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. مشکلات فیزیکی سیستم</li> <li>2. خطای انسانی</li> <li>3. مداخله ای (انتخابی) یا Elective</li> </ol> <p><b>اثرات:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. نسبت هلیوم گازی به مایع ۱:۷۶۰</li> <li>2. بخارات تولید شده باید به خارج هدایت شوند</li> <li>3. در صورت مسدود شدن راه های خروجی ممکن است موجب افزایش فشار درون اتاق، خفگی و سرمازدگی شود.</li> </ol>	<p>— به ازدست رفتن خاصیت ابرسانایی سیستم ام ار ای در اثر افزایش دما Quench گفته میشود.</p> <p>— در حالت عادی مقاومت سیم پیچها صفر است.</p> <p>— اگر دمای کوئل از یک حد آستانه بالاتر برود سیم پیچها از خود مقاومت نشان خواهند داد.</p> <p>— عبور جریان الکتریکی از داخل سیم پیچهای دارای مقاومت موجب افزایش دمای ناگهانی در داخل کوئل خواهد شد.</p> <p>— در نهایت این گرما موجب تبخیر هلیوم مایع خواهد شد.</p>	<p><b>کوئینج</b></p> <p>به ازدست رفتن خاصیت ابرسانایی سیستم MRI در اثر افزایش دما Quench گفته میشود.</p> 

## Elective Quenching یا مداخله ای (انتخابی)

41

➤ در دو حالت کارکنان بخش ام ار ای مجاز به انجام quench به صورت مداخله ای (انتخابی) خواهند بود:

1. اگر کسی توسط جسم فرومغناطیسی (به عنوان مثال سیلندر O<sub>2</sub> ، قطعه ای از تجهیزات) در اسکنر گیرافتاده باشد و آسیب دیده و یا مضطرب باشد.
2. در صورت آتش سوزی در مجاورت مگنت و به منظور کاهش خطر برای نیروهای آتش نشانی

### اقدامات لازم هنگام وقوع Quench

➤ در اسرع وقت اتاق را تخلیه کنید.

➤ اطمینان حاصل کنید که در هنگام تخلیه درب باز نگه داشته شده است.

➤ پس از تخلیه در را ببندید.

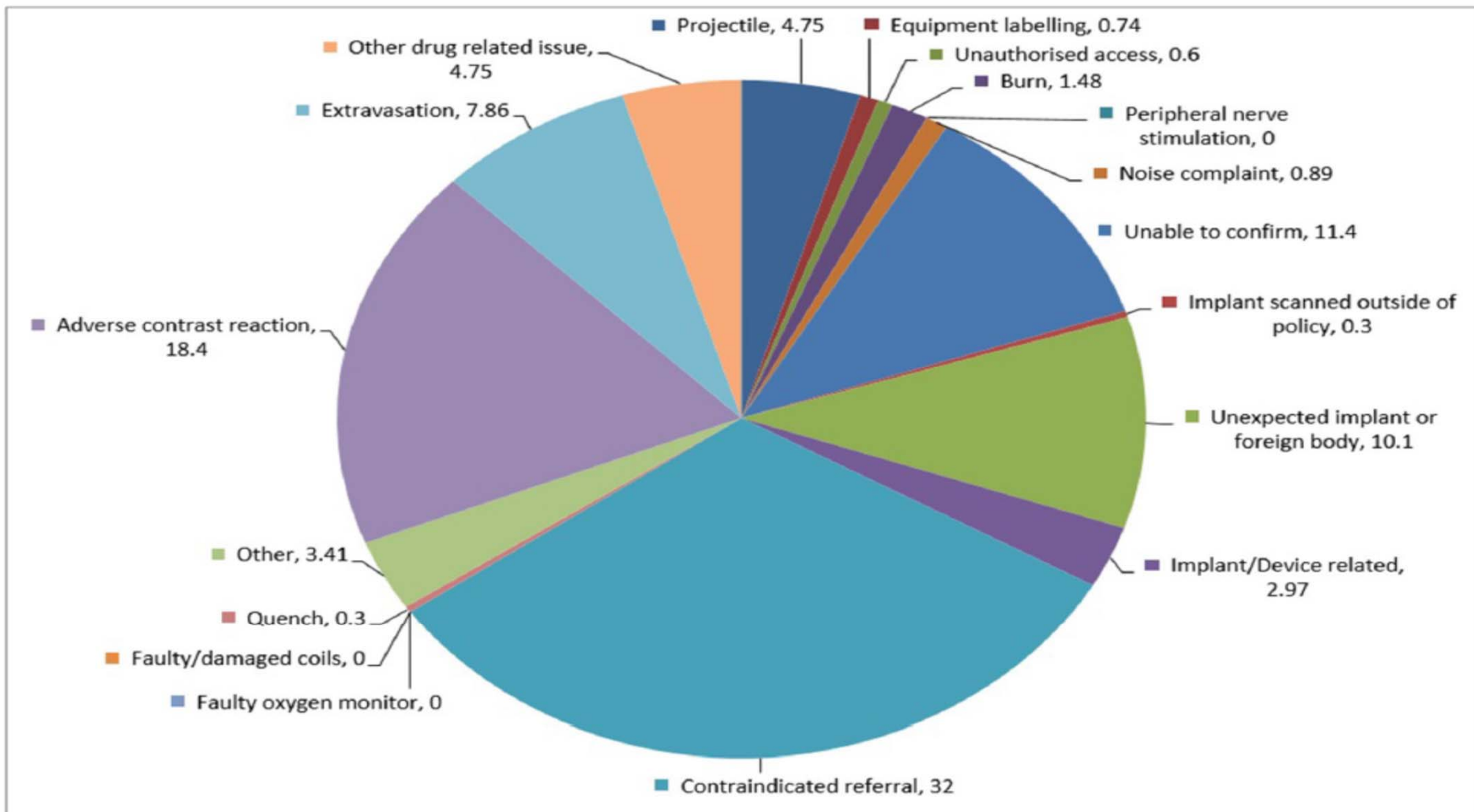
➤ اگر در اتاق گیر افتاده اید ، نزدیک به سطح کف باشید.

➤ بلافاصله از فیزیست بخش مشاوره بگیرید.

➤ با مهندس متخصص تماس بگیرید.



Figure 1. Pie chart of incident subcategory frequency (as percentage of MR safety-related incidents reported).



Reference: A 3-year review of MRI safety incidents within a UK independent sector provider of diagnostic services- **BJR journal 2018**

# MRI در حاملگی

Most common use of MRI for pregnant women

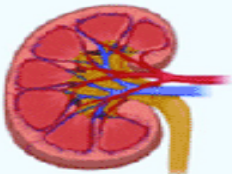
Non-obstetrical

Obstetrical

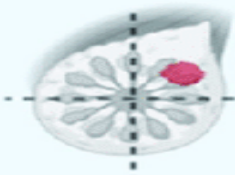
Fetal



Appendicitis



Urolithiasis



Breast cancer



Placental adhesion disorders or abruption



Uterine rupture



Brain abnormalities

## MRI و حاملگی

44

<ul style="list-style-type: none"><li>• هیچ عوارض جانبی برای جنین مشاهده نشده است.</li><li>• اسکن با میدان بالای 4T نیاز به احتیاط دارد.</li></ul>	Static B0
<ul style="list-style-type: none"><li>• شواهدی دال بر اثرات جانبی گرادیان Low Frequency بر جنین مشاهده نشده است.</li><li>• شواهدی دال بر اثرات جانبی نویز صوتی در جنین در 1.5T مشاهده نشده است.</li></ul>	Gradient Field
<ul style="list-style-type: none"><li>• باعث افزایش گرما در جنین می شود.</li><li>• با سکانس Normal تصویربرداری شود</li></ul>	RF field

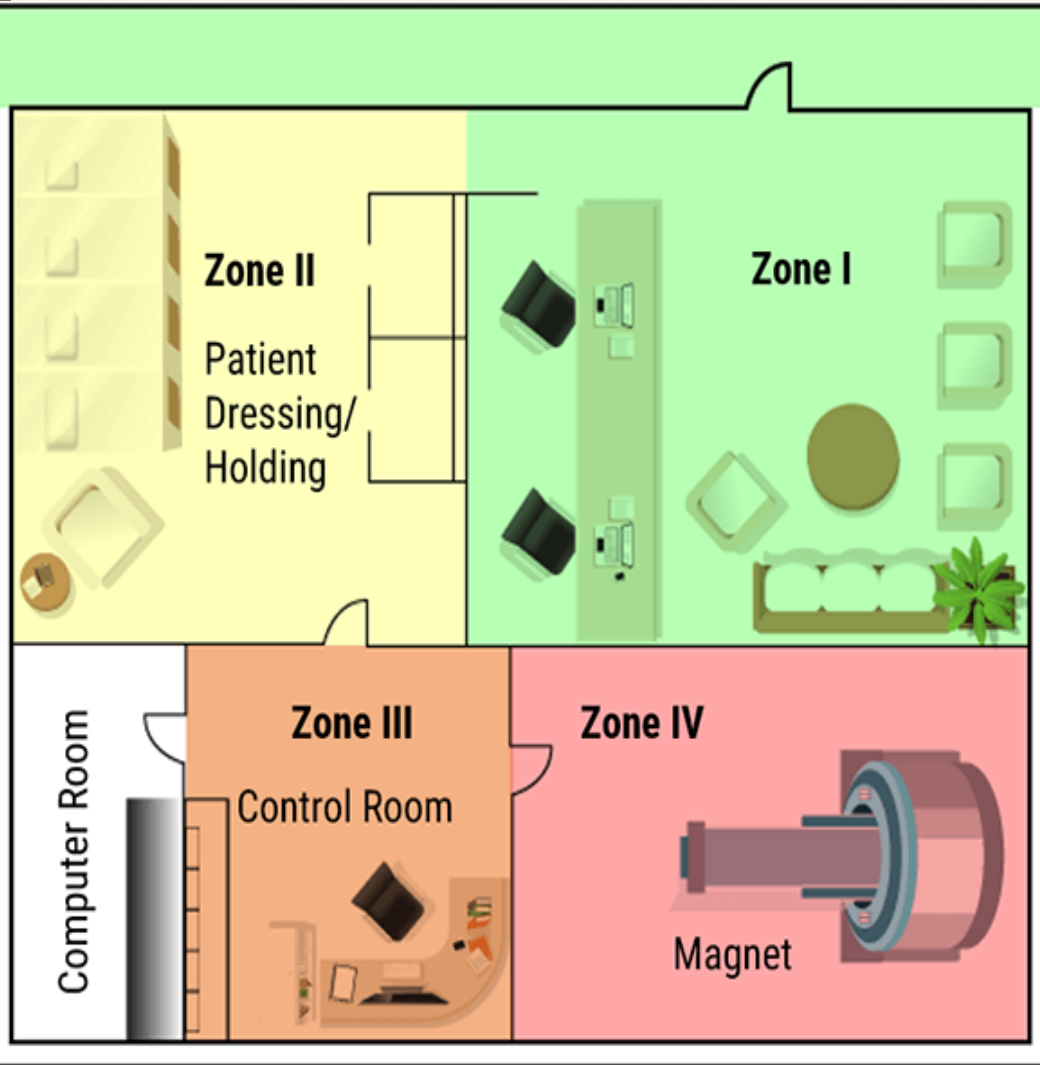
اسکن MRI بیمار حامله: باید Risk/Benefits بررسی شود؛ بخصوص در ۳ ماهه اول حاملگی

کارمند حامله داخل اتاق اسکن MRI حاضر نشود.

## تقسیم بندی بخش MRI از منظر ایمنی (MRI Zone)

➤ **Zone I**: شامل تمام مناطقی است که آزادانه برای عموم مردم قابل دسترسی است، جایی که میدان مغناطیسی خطری ندارد، مانند ورودی و پذیرش اولیه، انتظار همراه بیمار در بخش MRI

➤ **Zone II**: در این منطقه بیماران تحت نظارت کلی پرسنل MRI هستند. منطقه II اغلب شامل قسمت پذیرش، اتاق های رختکن و اتاق های غربالگری MRI است.



**Zone III** : دسترسی به این منطقه با موانع فیزیکی مانند درهای با دسترسی رمزگذاری شده محدود شده است. در داخل منطقه III، فقط پرسنل MRI و بیمارانی که تحت غربالگری MRI قرار گرفته اند مجاز هستند. اتاق کنترل MR در منطقه III است.

46

**Zone IV** : اتاقی است که مگنت در آن قرار دارد. دسترسی به منطقه IV فقط باید با عبور از منطقه III امکان پذیر است. این منطقه طوری طراحی شده است که دیوارهای اتاق میدان مغناطیس را تا  $5\text{mT}$  ( $5\text{gauss}$ ) تضعیف کنند.

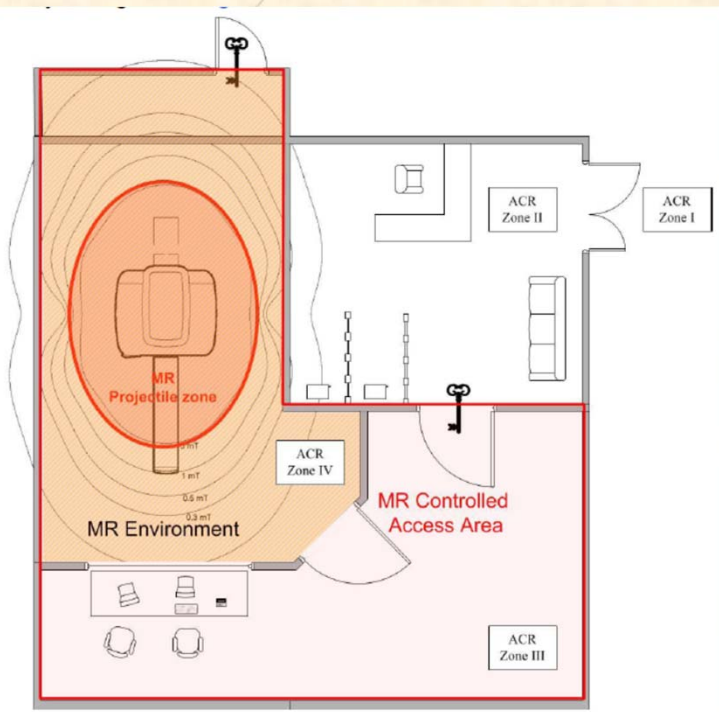
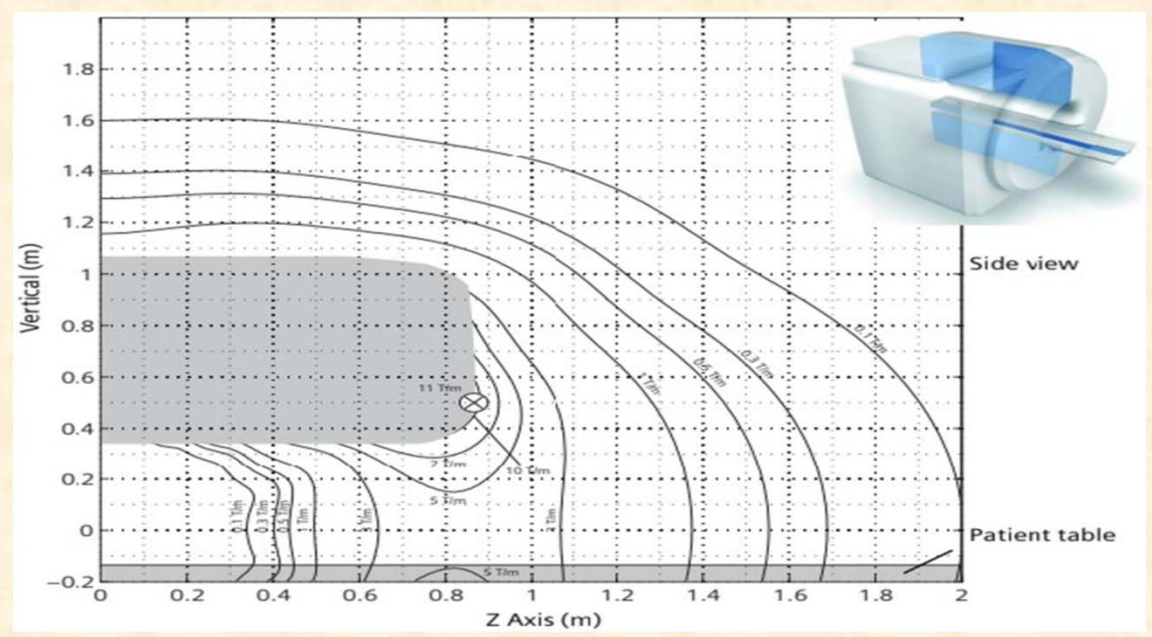






Figure 1 Example layout of an MRI unit



**Table 1 Definitions from ASTM international standard F2503-13**

<p><b>MR SAFE</b></p> <p>'an item that poses no known hazards resulting from exposure to any MR environment. MR Safe items are composed of materials that are electrically nonconductive, nonmetallic, and nonmagnetic' *</p>	 
<p><b>MR CONDITIONAL</b></p> <p>'an item with demonstrated safety in the MR environment within defined conditions. At a minimum, address the conditions of the static magnetic field, the switched gradient magnetic field and the radiofrequency fields. Additional conditions, including specific configurations of the item, may be required.'</p>	
<p><b>MR UNSAFE</b></p> <p>'an item which poses unacceptable risks to the patient, medical staff or other persons within the MR environment.'</p>	

# ساختار پیشنهادی برای آموزش ایمنی MRI

48

Table 6. Educational module structure used to support awareness and knowledge relating to MR safety

	Audience	Objectives
Module 1	ALL categories of staff working within MRI—administrative staff, drivers, clinical assistants, porters and radiographers. Including MR Safety Video.	Awareness of the location of the MR Environment and its hazards. Safety aspects relating to the static magnetic field—projectile effect, interactions on implants and equipment, and personal effects such as credit cards and watches. Understanding of the significance of the MR Controlled Access Area and MR Environment, and be able to differentiate them.
Module 2a	All Clinical Staff directly involved with patients attending for MRI—MR Radiographers/Practitioners and Assistants. Inc. Earplugs Instruction Video.	Understanding of safety aspects related to radiofrequency and time-varying gradients. Awareness of managing these risks, including correct patient preparation and positioning. Instruction in correct selection, fitting and use of ear protection.
Module 2b	All MRI Radiographers/Practitioners operating scanners and working within MRI	Understanding of emergency procedures arising from causes other than equipment failure. Understand local regulations and procedures in connection with the MR diagnostic equipment and its location. Understand the consequences and effects of quenching of superconducting magnets. Awareness of the recommendations over scanning modes and exposure to MR.

**Reference:** A 3-year review of MRI safety incidents within a UK independent sector provider of diagnostic services- **BJR 2018**

DUE TO THE STRONG MAGNETIC FIELD  
IN THE MR ROOM, OBSERVE THE FOLLOWING  
SAFETY PRECAUTIONS

**WARNING**

**NO ADMITTANCE**



**PACEMAKERS**

**NO ADMITTANCE WITHOUT  
DOCTOR'S PERMISSION**



**FERROMAGNETIC  
METALLIC IMPLANTS**

BRAIN CLIPS  
POWERED  
ARTIFICIAL EYES

**NOT PERMITTED**



HAIRPINS  
SAFETY PINS  
RINGS  
EARRINGS

**METALLIC  
OBJECTS  
WORN ON THE  
BODY**



**LOOSE  
FERROMAGNETIC  
OBJECTS**



WHEEL CHAIRS  
CRUTCHES  
STRETCHERS  
STANDS  
NEEDLES  
HEARING AIDS  
STETHOSCOPES  
BLOOD PRESSURE  
CUFFS

**IRON WHEEL CHAIRS  
OR  
OTHER FERROMAGNETIC  
MEDICAL SUPPLIES**



FIRE  
EXTIN-  
GUISHERS  
GAS  
CYLINDERS  
CRYOGEN  
DEWARs

**FERROMAGNETIC  
CONTAINERS**



WATCHES  
CAMERAS  
BEEPERS  
CALCULATORS

**PRECISION  
ELECTRONIC  
INSTRUMENTS**



CREDIT CARDS  
FLOPPY DISKS  
TELEPHONE  
CARDS

**MAGNETIC  
MEMORY MEDIA**



SCREW-  
DRIVERS  
SPANNERS  
HAMMERS  
VACUUM  
CLEANERS  
MOPS

**FERROMAGNETIC  
TOOLS OR  
CLEANING EQUIPMENT**



CARRIERS  
WAGONS  
HAND  
CARTS

**FERROMAGNETIC  
CARTS**

DATA AND/OR FUNCTIONS COULD BE LOST BECAUSE OF THE STRONG MAGNETIC FIELD.  
IRON IS ONE EXAMPLE OF A FERROMAGNETIC METAL



**ورود مطلقاً ممنوع**



MRI conditional fire extinguishers  
accessible in zone II and zone III.

# Preparation/ Precautions

Avoid Any Metallic Object

Wear Comfortable & Loose Cloth

Inform Known Allergy

4-6 Hrs. Fasting for Contrast

Inform If Pregnant

Claustrophobia : Sedative Requires Fasting

Any Implants: Must Inform the Doctor Before Scan

Special Precautions for Children



## MRI Conditional Devices

*“MRI Conditional” is an item which has been demonstrated to pose no known hazards in a specified part of the MRI environment with specific conditions of use.*

**MRI Room Alert**  
ISO 9001:2015 & 13485:2016 Certified Company

For Immediate help:  
Say: **CALL 911, CALL 911**  
or **Push Button**

**FOR EMERGENCY USE Only**

**EMERGENCY CALL**

VOICE ACTIVATED

**HELP, I AM STUCK TO THE MRI MAGNET AND I AM ALONE!!**

**This could be you!**

**We will send help immediately!**

**با تشکر از توجه شما**

