

# MR 検査室での作業に関するアンケート調査

山口さち子\*1 井澤修平\*1 原谷隆史\*1 今井信也\*2 奥野 勉\*1

MRI 検査 (Magnetic Resonance Imaging : MRI, MR 検査) は撮像に強力な静磁界を利用し、かつ、検査時以外にも磁界が残存する (漏洩磁界) 特殊な作業環境下で行われることから、職業ばく露と健康影響に関して注目されている。そこで本研究では、MR 検査業務従事者 (主に MR 検査担当の診療放射線技師) の労働衛生調査として、非電離放射線へのばく露機会や MR 検査室での作業に関連した体調変化の発生程度に関するアンケート調査を行ったので報告する。調査対象者は、一地方自治体 (政令指定都市 2 市を含む) より、地域基幹病院に相当する 16 施設 (MR 装置のない施設も含む) 217 名に郵送調査を実施した。その結果、124 名から回答が得られ、回収率は 57.1%であった。基本属性については、男性 76.1%、女性 23.9%で、30-40 代が 3 分の 2 を占めた。普段の自覚症状は、身体愁訴については、他業種 (18.2±5.2) と比較した場合高い傾向が示された (19.4±4.8 : いずれの値も男性のみ対象)。続いて、MR 検査を現在取り扱う対象者 82 名のみ抽出し、MR 検査室での作業に関連した体調変化について解析を行った結果、「めまい (17.1%)」、「耳鳴り (13.4%)」、「頭痛 (14.6%)」、「睡眠不足と関係ない不意の眠気 (16.9%)」、「疲労感 (26.5%)」、「筋肉の不随意収縮 (10.8%)」の 6 項目で有意に増加した (「増加した」 v.s. 「変化なし」、ノンパラメトリック符号検定、 $p<0.01$ )。上記 6 項目について、Pearson のカイ二乗検定 (又は Fisher の直接確率検定) を行ったところ、「検査件数」との間で最も有意な関連が観察された。一方で、日常業務では約 90%の回答者は特段の影響を訴えておらず、MR 検査室での作業に関連した体調変化が業務に与える影響は限定的であると示唆された。また、普段の安全対策として安全規格や漏洩磁界の把握程度は十分ではなく、今後これら事項についても啓蒙活動が必要になると考えられる。

キーワード: MRI, MR 検査業務従事者, 静磁界ばく露。

## 1 諸言

医学検査では電離放射線 (X 線, ガンマ線等) や非電離放射線 (いわゆる電磁界, 電磁波電波) といった多様な物理因子が使用されている。非電離放射線を利用した医学検査として、磁気共鳴画像検査 (Magnetic Resonance Imaging : MRI 以下, MR 検査と記載) があり、これは地磁気の数万倍に相当する数テスラの静磁界を利用した画像診断手法である<sup>1)-3)</sup>。MR 検査は医療被曝がなく、かつ、出血や梗塞、軟部組織の検出に優れることから、磁気共鳴画像装置 (以下, MR 装置と記載) は国内で数千台設置され、年間 100 万件以上の検査が行われている<sup>4)</sup>。

一方で、物理因子の職業ばく露に目を向けると、法規制のもと管理が必要である電離放射線を使用した医学検査機器 (X 線撮影, CT など) と比較して、MR 検査は個人ばく露量、ばく露頻度、ばく露状況 (電離放射線機器との使用, 他の非電離放射線源など) などの職業ばく露に関する基本的情報が不足している (表 1)。特に MR 装置の磁界はスキャン時以外にも常に存在しており、装置の操作を担当する MR 検査業務従事者 (主に MR 検査担当の診療放射線技師) は検査室入室の度にこの漏洩磁界にばく露される<sup>5)-8)</sup>。よって MR 検査業務従事者は常に漏洩磁界が残存する特殊な作業環境で作業を行っているといえる。

表 1 医学検査と非電離放射線-電離放射線との比較

電離放射線	非電離放射線
X 線撮影, CT	画像診断装置 MRI
診療放射線技師	使用者 診療放射線技師, 医師, 研究者
電離放射線	ばく露源 磁界, 電界など
ガラスパッチ	個人ばく露管理 なし
電離放射線障害防止規則	法規 法規制なし

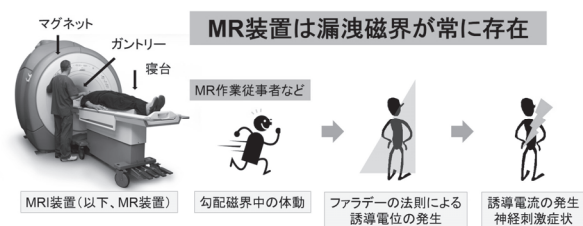


図 1 MR 装置の漏洩磁界で心身の症状変化が生じる仕組み

磁界ばく露の短期的な生体影響については、最も顕著であるのは磁界中の人体の移動によるめまい、吐き気、頭痛等の一過性の症状であり、これらは既に科学的に立証がされている<sup>9), 10)</sup>。この現象は、導電体である人体が磁界中を移動することで時間変動磁界 (dB/dt) が生じ体内に活動電位を超える誘導電流が発生するためである (ファラデーの法則: 図 1)。MR 検査業務従事者の作業環境は、そもそもが dB/dt の誘発されやすい不均一な高磁界環境であり、特に磁界の不均一性が高い MR 装置近傍での作業を行うと、めまいや頭痛等の一過性の症状が生じるとの報告がなされている<sup>11), 12)</sup>。

\*1 労働安全衛生総合研究所

\*2 藤井寺市民病院

連絡先: 〒214-8585 神奈川県川崎市多摩区長尾 6-21-1

労働安全衛生総合研究所健康障害予防研究グループ 山口さち子\*1

E-mail: yamaguchi@h.jniosh.go.jp

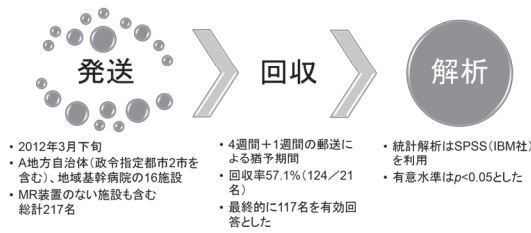


図2 調査方法の概要

これらの状況により、近年MR検査業務従事者と職業磁界ばく露について関心が集まっている。特に、2004年の欧州連合の職業電磁界指令(Directive 2004/40/EC<sup>13)</sup>:ただし現在は破棄され新指令 Directive 2013/35/EU<sup>14)</sup>に変更)に端を発して、MR検査業務は、近年の職業電磁界ばく露調査の焦点となっている。

そこで本調査では、MR検査業務従事者の労働衛生調査として、MR検査を主に担当する診療放射線技師を対象として、磁界へのばく露機会やMR検査室での作業に関連した体調変化の発生程度に関するアンケート調査を行ったので報告する。

## 2 方法

### 1) 調査対象者

本研究のすべての調査は、労働安全衛生総合研究所の倫理審査委員会の承認(No. H23027)のもと実施した。調査の概要を図2に示す。MR作業従事者の正確な統計がないため人口の予測が出来ないが、登録学会などから少なくとも1万人以上はいると考えられる。一地方自治体(政令指定都市2市を含む)より、地域基幹病院に相当する16施設(MR装置のない施設も含む)217名に郵送調査を実施した。回答者には、MR装置を使用しない人も含まれる。124名から回答があり回収率は57.1%であった。有効回答は117名(53.9%であった)。なお、今回の回答集団は、基幹病院に勤務し、MR検査についても検査件数が多い集団であると考えられる。

### 2) 調査票

調査票は先行研究に基づき<sup>11), 15)</sup>、1)基本属性、2)普段の自覚症状(職業性ストレス簡易調査票の疲労感、不安感、抑うつ感、身体愁訴の23項目)、3)MR検査室での作業に関連した自覚症状の変化、4)自由記述で構成した。表2に調査票の詳細を示す。

普段の体調に関する回答を、「疲労感(Q9-1~3)」、「不安感(Q9-4~6)」、「抑うつ感(Q9-7~12)」、「身体愁訴(Q9-13~23)」に分類し、スコアを算出した。

### 3) 手続き

調査は2012年3月下旬に行った。発送から5週間(4週間の期限+1週間の郵送期間)を回答期限とした。集計は市販のOCRソフトウェアを用いて読み込みを行い、データ入力には2名が独立に行った。

### 4) データ解析

職業性ストレス簡易調査票のスコアについて、標準集団(東京医科大学公衆衛生学講座がデータの収集を行った標準集団(N=15,933))と大きく異なることがないか、調査を行った。性差、職業別(MR検査業務従事者と、一般診療(MR装置の操作を行わない集団))、夜勤の有無による比較をt検定にて行った。

Q16の回答内容について、「性」、「年齢」、「夜勤」、「業務内容」、「業務経験」、「検査件数」、「使用装置」についてクロス表を作成し、カイ二乗検定(又はFisherの直説法)で検定を行った。

表2 調査票の内容

設問	内容
①基本属性	
Q1	年齢
Q2	性別
Q3	職業
Q4	電離放射線の使用機会
Q5	業務内容
Q6	MR検査室への入室機会
Q7	携帯電話、PHSの使用
Q8	夜勤
②普段の体調	
Q9	東京医科大学公衆衛生学講座、職業性ストレス簡易調査票における「Q7-29」を使用(本調査ではQ9-1~23に相当)
Q10	MR検査室での作業に関連した症状の認知度
Q11	MR検査の取り扱いの有無
③MR検査室での作業に関連した自覚症状の変化 MR検査業務従事者のみ(82名/117名)	
<基本属性>	
Q12	業務内容
Q13	経験年数
Q14	検査件数
Q15	使用装置
<MR検査室での作業に関連した自覚症状の変化>	
Q16	自覚症状 「めまい」、「吐き気」、「耳鳴り」、「味覚変化(金属の味がする)」、「頭痛」、「注意力や集中力」、「もの忘れ」、「睡眠不足と関係ない不意の眠気」、「疲労感」、「筋肉の不随意収縮(ピクピクする)」、「その他体調の変化」
<その他>	
Q17	日常業務への影響
Q18	妊娠時の対応について
Q19	MR装置の安全に関する規格(IEC規格やJIS規格)の利用程度
Q20	漏洩磁界の把握程度
④自由記述	

3 結果

1) 集計結果

表 3 に基本属性の集計結果の概要を示す。また、図 3 に回答集団が扱う医療機器を示す。

① 基本属性：

【Q1～8】年齢、性別については表 3 のとおりである。電離放射線の使用については 94.0%が電離放射線を使用する業務に携わっているとの回答であった。また、非電離放射線使用機器である MR 検査についても、70.1%は入室機会があるとの回答であり、かつ、ほとんどの回答者は X 線装置、CT 装置を利用していた。MR 装置の操作者は、電離放射線使用機器と両方操作する機会があることが示された。また、一人で複数の医療機器を担当する様子が明らかとなった(図 3)。続いて、可能性のある非電離放射線ばく露源として、院内の PHS と携帯電話について使用歴を問うたところ、84.6%が利用有との回答であった。また、夜勤は 75.2%の回答者が従事していた。

表 3 基本属性の集計結果の概要

	全回答		MR 検査業務従事者	
	度数	%	度数	%
Q1	性別			
男性	(89/117)	76.1%	(65/82)	79.3%
女性	(28/117)	23.9%	(17/82)	20.7%
Q2	年齢			
20 代	(20/117)	17.1%	(14/82)	17.1%
30 代	(44/117)	37.6%	(38/82)	46.3%
40 代	(34/117)	29.1%	(23/82)	28.0%
50 代	(16/117)	13.7%	(6/82)	7.3%
60 代	(3/117)	2.6%	(1/82)	1.2%
Q3	職業			
診療放射線技師	(113/117)	96.6%	(81/82)	98.8%
看護師	(4/117)	3.4%	(1/82)	1.2%
Q4	電離放射線被曝の有無			
有り	(110/117)	94.0%	(81/82)	98.8%
無し	(7/117)	6.0%	(1/82)	1.2%
Q6	MR 検査室への入室			
有り	(82/117)	70.1%	—	—
なし	(35/117)	29.9%	—	—
Q7	携帯電話、PHS 使用の有無			
有り	(99/117)	84.6%	(70/82)	85.4%
無し	(18/117)	15.4%	(12/82)	14.6%
Q8	夜勤の有無			
夜勤有り	(88/117)	75.2%	(69/82)	84.1%
夜勤無し	(29/117)	24.8%	(13/82)	15.9%

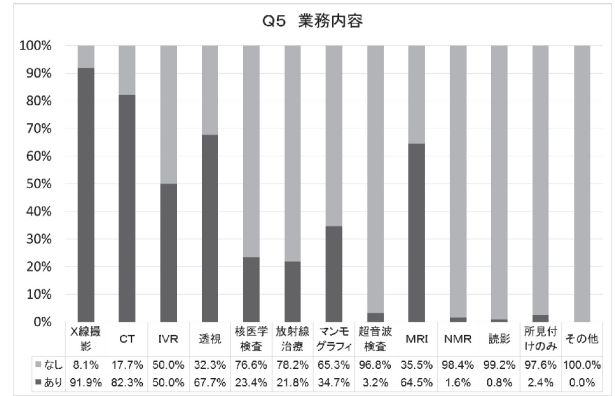


図 3 回答者の扱う医療機器 (業務内容)

表 4 普段の体調に関する回答

平均±S.D.	疲労感	不安感
今回の母集団 (N=117)	6.1±1.9	6.0±2.1
標準集団 (N=15,933)	6.6±2.4	6.2±2.1
平均±S.D.	抑うつ感	身体愁訴
今回の母集団 (N=117)	10.1±3.3	19.2±4.8
標準集団 (N=15,933)	10.3±3.6	18.2±5.2

② 普段の体調：

【Q9】普段の体調に関する回答を、「疲労感 (Q9-1~3)」、「不安感 (Q9-4~6)」、「抑うつ感 (Q9-7~12)」、「身体愁訴 (Q9-13~23)」に分類し、これらスコアが標準集団と大きく異なることがないか、調査を行った(表 4)。標準集団は、東京医科大学公衆衛生学講座がデータの収集を行った標準集団 (N=15,933：男性) を比較として提示した(表 4)。その結果、身体愁訴が今回の回答集団でやや高い傾向を示した。そこで、これらスコアについて、性、職業 (MR 検査業務従事者と、一般診療 (MR 装置の操作を行わない集団))、夜勤の有無による比較を行った。

図 4-6 に職業性ストレス簡易調査票の「性 (図 4)」、「職業 (図 5)」、「夜勤 (図 6)」で分類したスコアを示す。男性は標準集団より有意に高い「身体愁訴」のスコアを示した(図 4A：t 検定,  $p<0.05$ )。職業別の比較では、従事者は、MR 作業従事者より有意に高い「身体愁訴」のスコアを示した(図 5A：t 検定,  $p<0.01$ )。また、男女別では、男性で「抑うつ」と「身体愁訴」でより強くその傾向が示された(図 5B：t 検定,  $p<0.001$ )。また、MR 作業従事者における夜勤の比較では、夜勤あり群は有意に高い「疲労感」のスコアを示した(図 6：t 検定,  $p<0.01$ )。

【Q10】診療放射線技師が利用する医療機器のうち、最も非電離放射線のばく露機会が多いのは MR 装置のため、MR 装置周辺での作業に伴う一時的な身体症状 (通称：磁場酔い) について認知度を問うた。その結果、MR 装置の利用で一時的に表れる身体症状自体は、7 割近くか

ら認知されており、2割程度は自己経験有りと回答であった(図7)。

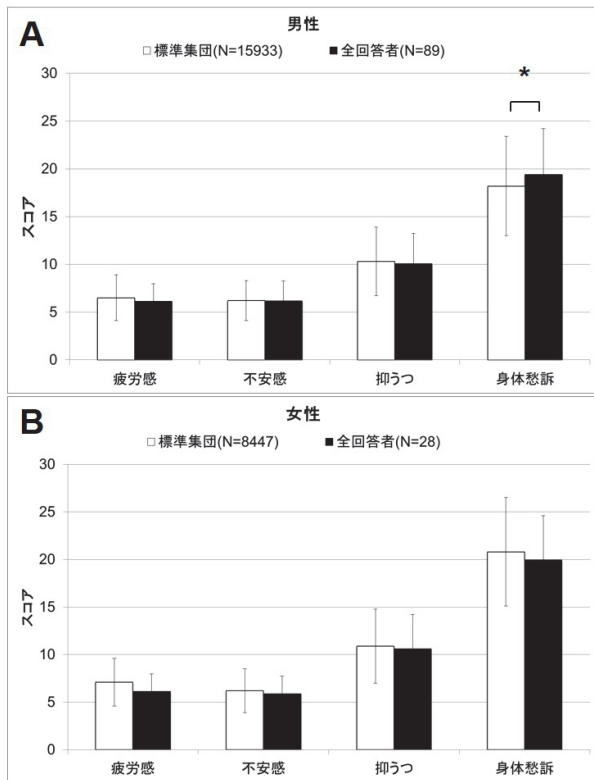


図4 職業性ストレス簡易調査票のスコア:性 結果は平均値±S.D.で示す。\*:  $p < 0.05$ , t検定 標準集団は、東京医科大学公衆衛生学講座がデータの収集を行った標準集団(N=15,933:男性)を比較として提示した(表4)。

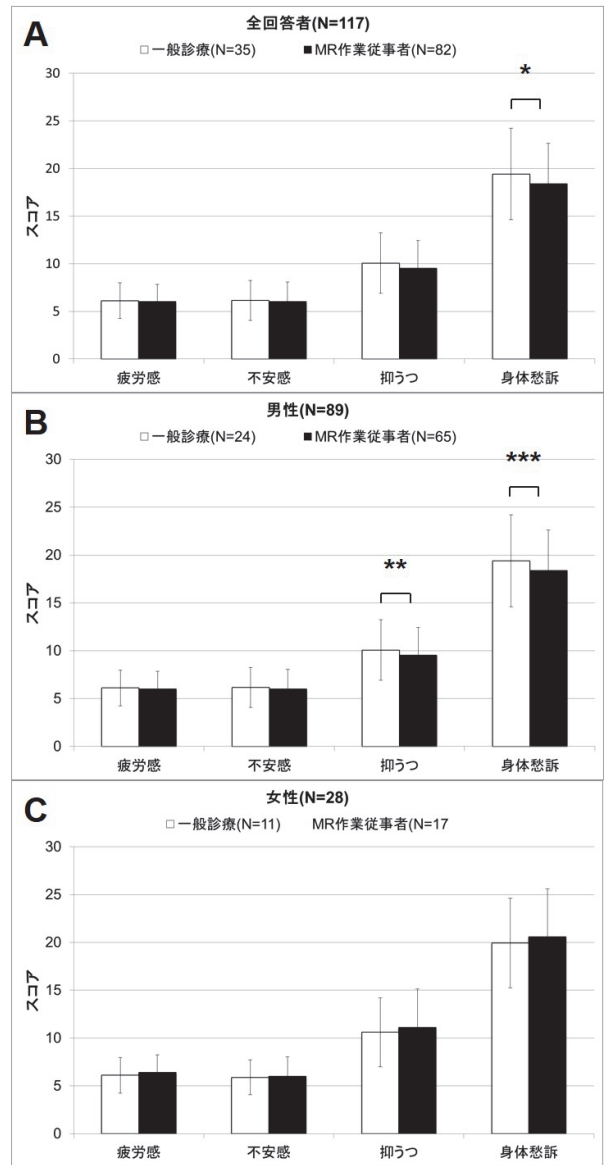


図5 職業性ストレス簡易調査票のスコア:職業 A:業務内容, B:MR検査業務従事者(男性), C:MR検査業務従事者(女性)。結果は平均値±S.D.で示す。\*:  $p < 0.05$ , t検定, \*\*:  $p < 0.01$ , \*\*\*:  $p < 0.001$ , t検定



MR 検査室での作業に関するアンケート調査

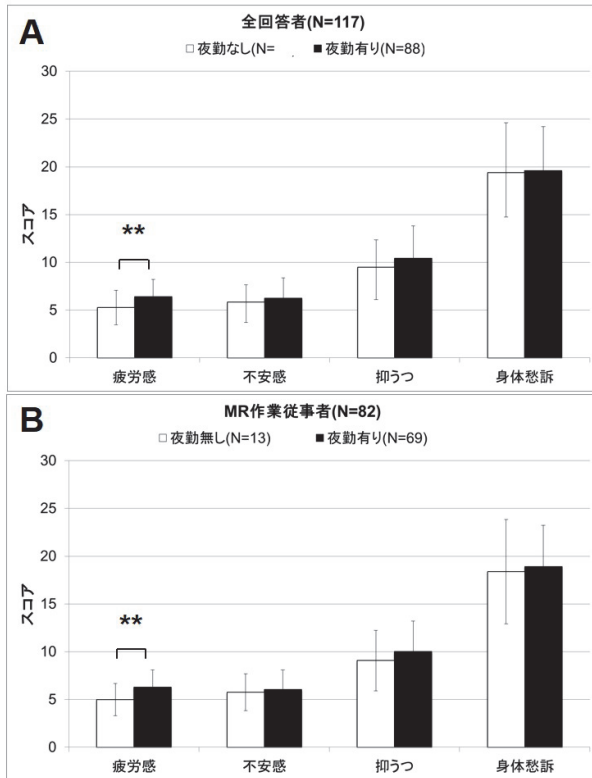


図 6 職業性ストレス簡易調査票のスコア：夜勤 結果は平均値±S.D.で示す。\*\*:  $p < 0.01$ , t 検定

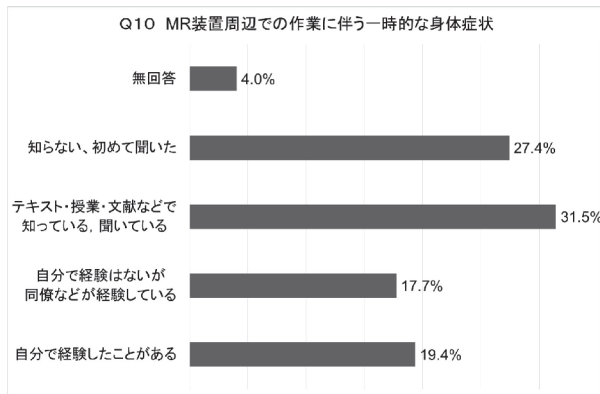


図 7 MR 装置周辺での作業に伴う一時的な身体症状の認知度

表 5 MR 検査業務従事者の基本属性

MR 検査業務従事者		
	度数	%
<b>Q12 業務内容</b>		
MR 検査担当 (日常的)	(50 / 82)	58.8%
MR 検査担当 (ときどき)	(32 / 82)	37.6%
その他	(2 / 82)	2.4%
無回答	(1 / 82)	1.2%
<b>Q13 業務経験</b>		
1 年未満	(7 / 82)	8.2%
1-5 年	(27 / 82)	31.8%
6-10 年	(20 / 82)	23.5%
11-15 年	(22 / 82)	25.9%
16 年以上	(7 / 82)	8.2%

無回答	(2 / 82)	2.4%
<b>Q14 検査件数</b>		
50 件/月以下	(36 / 82)	42.4%
51-100 件/月	(29 / 82)	34.1%
101-150 件/月	(6 / 82)	7.1%
151-200 件/月	(7 / 82)	8.2%
201 件以上	(3 / 82)	3.5%
無回答	(4 / 82)	4.7%
<b>Q15 使用装置</b>		
使用機会なし	(1 / 82)	1.2%
1.5 T 装置と 3 T 装置	(69 / 82)	81.2%
3 T 装置	(10 / 82)	11.8%
1.5 T 装置と 3 T 装置	(4 / 82)	4.7%
無回答	(1 / 82)	1.2%

【Q11】MR 検査の取り扱いの有無を問い、以降 Q12-20 については、「はい」の回答者 82 名 (70.1%) のみ対象とした。

③ MR 検査室での作業に関連した自覚症状の変化：  
＜基本属性＞

MR 検査業務従事者の基本属性を表 5 に示す。

【Q12-13】ほぼすべての回答者で、自身で MR 装置を操作機会があるとの回答であった。

【Q14-15】普段使用する MR 装置については、1.5 T のみが約 80%を占めた。これは今回の調査票が基幹病院から多く回収されたためと考えられる。使用する MR 装置の組み合わせは 1.5 T 装置、3 T 装置、1.5 T 装置と 3 T 装置の組み合わせに限定された。

＜MR 検査室での作業に関連した自覚症状の変化＞

【Q16】図 8 に MR 検査室での作業に関連した自覚症状の変化割合と増減の割合を示す。「めまい (17.1%)」、「耳鳴り (13.4%)」、「頭痛 (14.6%)」、「睡眠不足と関係ない不意の眠気 (16.9%)」、「疲労感 (26.5%)」、「筋肉の不随意収縮 (10.8%)」は有意に増加していた (図 8 上段：「増加した」v.s.「変化なし」、ノンパラメトリック符号検定,  $p < 0.01$ )。

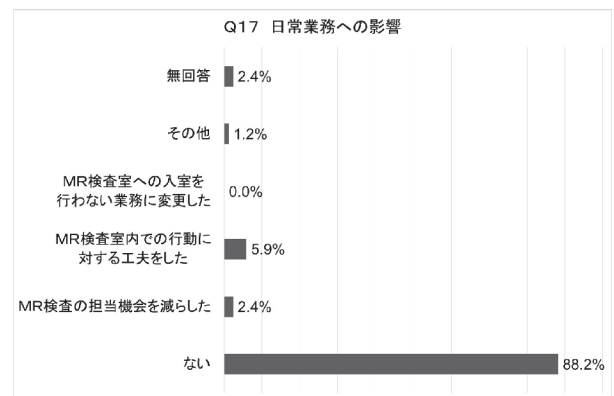


図 9 MR 検査室での作業に関連した自覚症状の普段の勤務への影響

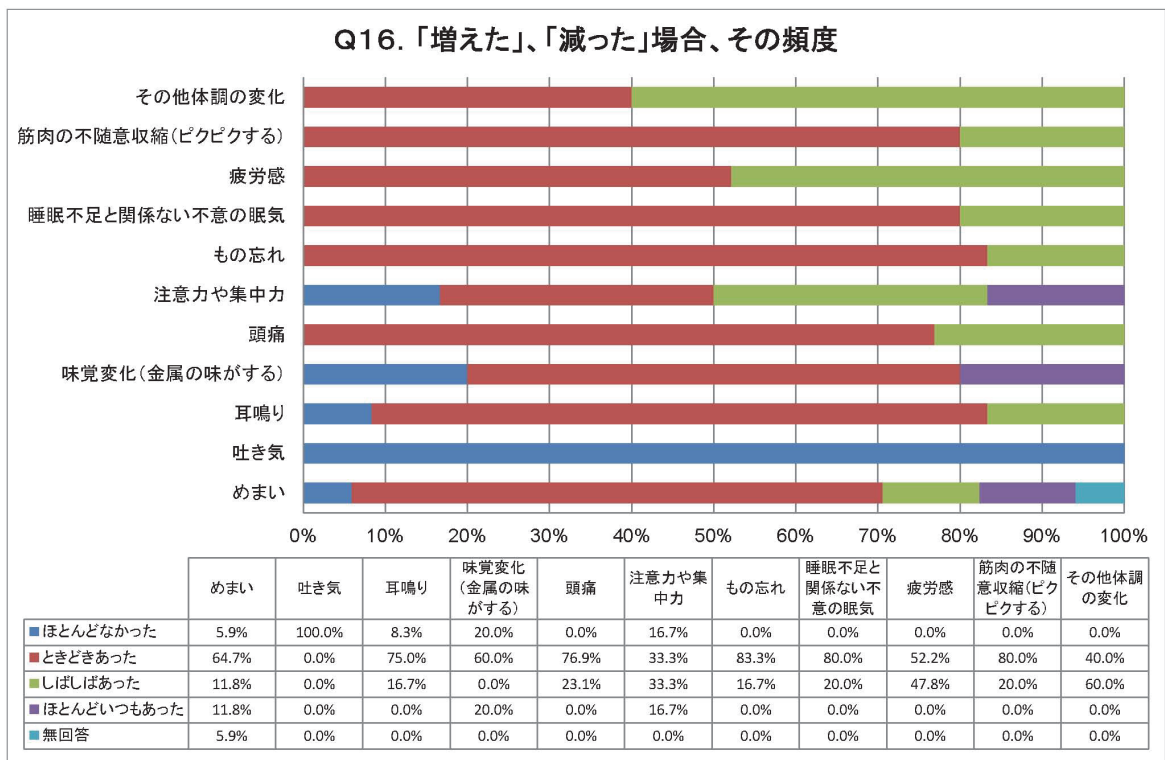
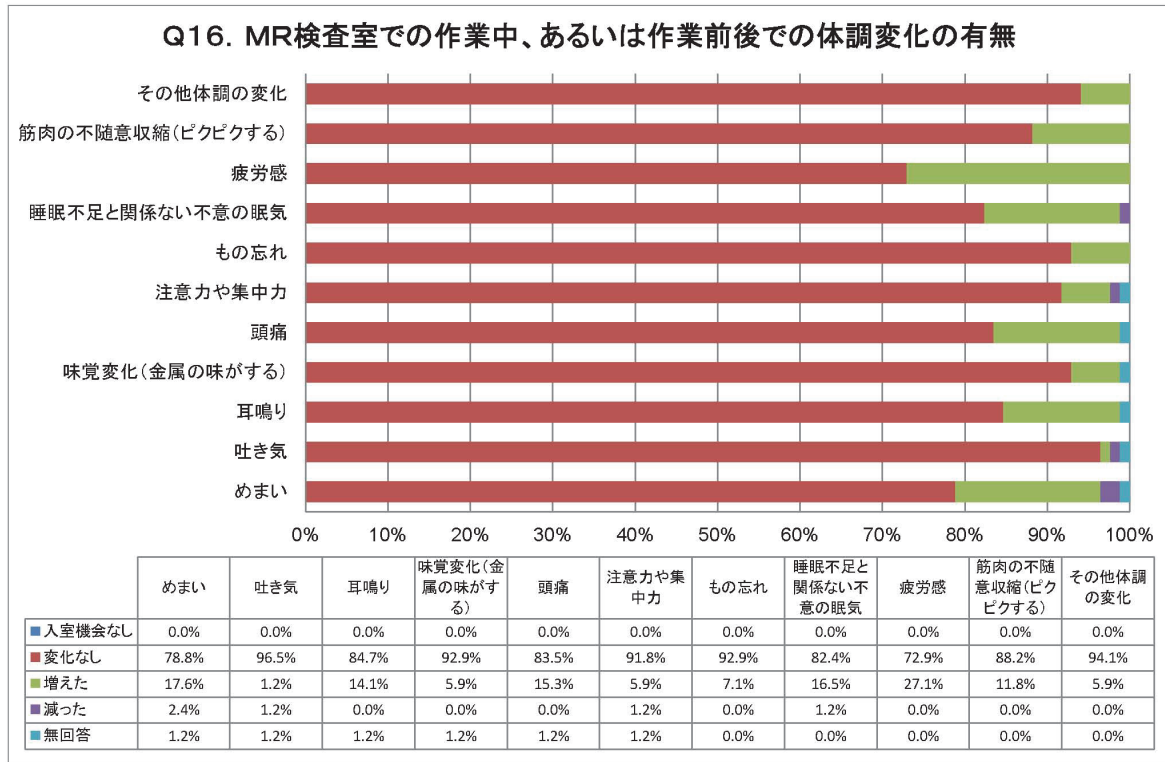


図8 MR検査室での作業に関連した自覚症状の変化割合と増減割合

表 6 MR 検査に関連した自覚症状とその要因の検討結果

	めまい		耳鳴り		頭痛	
	増加割合 (%)	有意確率	増加割合 (%)	有意確率	増加割合 (%)	有意確率
<b>性別</b>		N.S.		N.S.		N.S.
男性	15.4% (10/65)		13.8% (9/65)		16.9% (11/65)	
女性	29.4% (5/17)		17.6% (3/17)		11.8% (2/17)	
<b>年齢</b>		N.S.		N.S.		N.S.
20代	28.6% (4/14)		14.3% (2/14)		14.3% (2/14)	
30代	15.8% (6/38)		13.2% (5/38)		15.8% (6/38)	
40代	17.4% (4/23)		13.0% (3/23)		8.7% (2/23)	
50代	16.7% (1/6)		33.3% (2/6)		50.0% (3/6)	
60代	0.0% (0/1)		0.0% (0/1)		0.0% (0/1)	
<b>夜勤</b>		N.S.		N.S.		N.S.
あり	15.9% (11/69)		11.6% (8/69)		15.9% (11/69)	
なし	30.8% (4/13)		30.8% (4/13)		15.40% (2/13)	
<b>業務内容</b>		$p<0.05^*$		N.S.		N.S.
検査担当 (とまどき)	6.5% (2/31)		6.5% (2/31)		6.5% (2/31)	
検査担当 (日常的)	26.5% (13/49)		20.4% (10/49)		22.4% (11/49)	
<b>業務経験</b>		N.S.		N.S.		N.S.
10年以下	19.2% (10/52)		13.5% (7/52)		11.5% (6/52)	
10年以上	17.2% (5/29)		17.2% (5/29)		24.1% (7/29)	
<b>検査件数</b>		N.S.		$p<0.05$		N.S.
50件/月以下	11.4% (4/35)		2.9% (1/35)		5.7% (2/35)	
51-100件/月	32.1% (9/28)		21.4% (6/28)		17.9% (5/28)	
<b>使用装置</b>		$p<0.01$		N.S.		N.S.
MR1.5Tのみ	11.9% (8/67)		14.9% (10/67)		16.4% (11/67)	
3T含む	50.0% (7/14)		14.3% (2/14)		14.3% (2/14)	

表6 MR検査に関連した自覚症状とその要因の検討結果 (続き)

性別	睡眠不足と関係ない不意の眠気			疲労感			筋肉の不随意収縮		
	増加割合 (%)	有意確率	増加割合 (%)	有意確率	増加割合 (%)	有意確率	増加割合 (%)	有意確率	
男性	16.9%	(11/65)	27.7%	(18/65)	10.8%	(7/65)	N.S.	N.S.	
女性	17.6%	(3/17)	29.4%	(5/17)	17.6%	(3/17)	N.S.	N.S.	
<b>年齢</b>									
20代	0.0%	(0/14)	14.3%	(2/14)	7.1%	(1/14)	N.S.	N.S.	
30代	23.7%	(9/38)	23.7%	(9/38)	10.5%	(4/38)	N.S.	N.S.	
40代	17.4%	(4/23)	39.1%	(9/23)	13.0%	(3/23)	N.S.	N.S.	
50代	16.7%	(1/6)	50.0%	(3/6)	0.0%	(0/1)	N.S.	N.S.	
60代	0.0%	(0/1)	0.0%	(0/1)	0.0%	(0/1)	N.S.	N.S.	
<b>夜勤</b>									
あり	15.9%	(11/69)	27.5%	(19/69)	8.7%	(6/69)	N.S.	$p<0.05^*$	
なし	15.4%	(3/13)	30.8%	(4/13)	30.8%	(4/13)	N.S.	N.S.	
<b>業務内容</b>									
検査担当 (ときどき)	12.9%	(4/31)	9.7%	(3/31)	9.7%	(3/31)	$p<0.01^*$	N.S.	
検査担当 (日常的)	20.4%	(10/49)	40.8%	(20/49)	14.3%	(7/49)	$p<0.05$	N.S.	
<b>業務経験</b>									
10年以下	15.4%	(8/52)	19.2%	(10/52)	13.5%	(7/52)	$p<0.01$	N.S.	
10年以上	20.7%	(6/29)	44.8%	(13/29)	10.3%	(3/29)	$p<0.01$	N.S.	
<b>検査件数</b>									
50件/月以下	8.6%	(3/35)	11.4%	(4/35)	8.6%	(3/35)	$p<0.01$	N.S.	
51-100件/月	14.3%	(4/28)	28.6%	(8/28)	14.3%	(4/28)	$p<0.01$	N.S.	
<b>使用装置</b>									
MR1.5Tのみ	43.8%	(7/16)	62.5%	(10/16)	12.5%	(2/16)	N.S.	N.S.	
3T含む	17.9%	(12/67)	28.4%	(19/67)	14.9%	(10/67)	N.S.	N.S.	



## MR 検査室での作業に関するアンケート調査

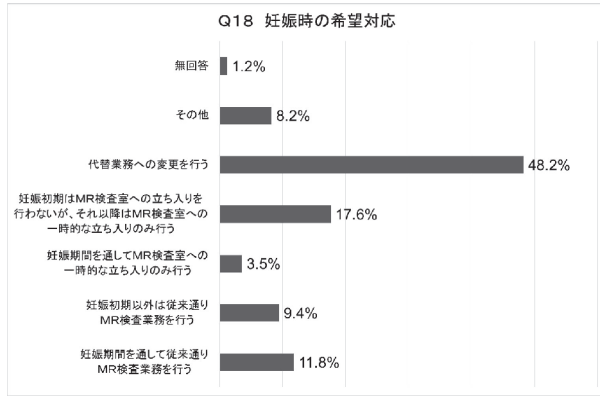


図 10 妊娠時の MR 検査室での作業(\*女性に対しては自身がどのような対応を希望するか、男性についてはスタッフの妊娠が想定された場合、MR 検査室への立ち入りについてどのような対応を行うか)

それぞれの増減割合については、最も「ほとんどいつもあった」という回答が得られたのは味覚変化(金属味感:20.0%)であった。また、「めまい(11.8%)」と「注意力や集中力の変化(16.7%)」についても「ほとんどいつもあった」との回答がみられた(図8下段)。

<その他>

【Q17】図9にMR検査室での作業に関連した自覚症状の普段の勤務への影響の回答結果を示す。MR検査室での作業に関連した自覚症状の普段の勤務への影響については、約90%の回答者は日常業務に取り立てて影響が有る訳でないという回答であった。

一方で、検査機会を減らしたり、検査室内での行動を工夫するなどの回答が8.3%あった。

【Q18】図10に妊娠時のMR検査室での作業に関する回答結果を示す。MR検査の作業者と妊娠に関しては、女性に対しては自身がどのような対応を希望するか、男性についてはスタッフの妊娠が想定された場合、MR検査室への立ち入りについてどのような対応を行うかという観点で質問を行った。

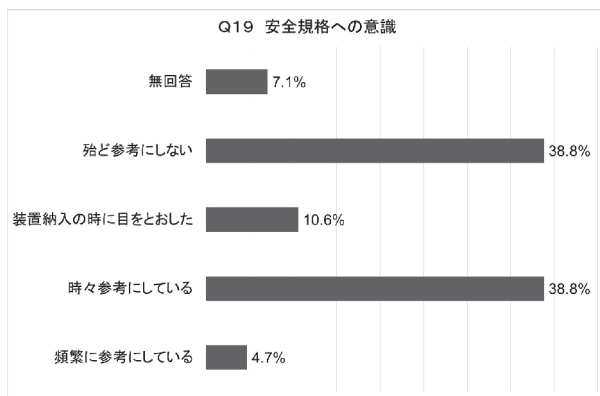


図 11 安全規格への意識

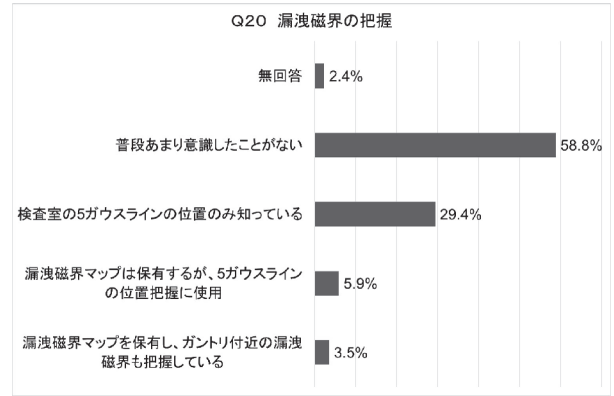


図 12 MR 装置からの漏洩磁界の把握程度

約半数の回答者は妊娠期間はMR検査室への立ち入りを行わないとの回答であった。他にも、器官形成期(妊娠初期)のみ業務を行わないという回答も17.6%あった。

【Q19】図11にMR検査に関連した安全規格の意識を示す。MR装置の安全規格については、頻繁に目を通しているのは4.7%の回答者で、半数以上が日常的に利用していなかった。

【Q20】図12にMR装置からの漏洩磁界の認知度について示す。MR装置の漏洩磁界については、電子機器の誤作動防止目的として認知度の高い、いわゆる5ガウスラインは約30%に認知されていたものの、58.8%の回答者は自身の作業領域の漏洩磁界程度を普段あまり意識したことがない、との回答であった。

④ 自由記述：自由記述では、妊娠との関係や、頻繁にMR検査室に入出入りすることによる蓄積性に関する問いがあげられた。

### 2) MR 検査に関連した自覚症状とその要因の検討

MR検査に関連した心身の症状変化と考えられる要因である、「性」、「年齢」、「夜勤」、「業務内容」、「業務経験」、「検査件数」、「使用装置」について、クロス表を作成し、カイ二乗検定(症例の少ないものについてはFisherの直説法)で検定を行った。

表6にMR検査に関連した自覚症状とその要因の検討結果を示す。MR検査に関連した自覚症状と最も関連が多く観察されたのは、「検査件数」であった( $p < 0.05$  v.s. 「耳鳴り」、 $p < 0.01$  v.s. 「睡眠不足と関係ない不意の眠気」、 $p < 0.01$  v.s. 「疲労感」)。また、検査件数の上昇にともない症状変化の増加傾向が観察された。「夜勤」、「業務内容」、「業務経験」、「使用装置」においても散発的に同様の傾向が観察されたが、「性」、「年齢」との関連は観察されなかった(表6)。

## 4 考察

MR検査は既に日常的な臨床検査手段となりつつある一方で、MR装置のオペレーターの職業磁界ばく露の実

態調査などの労働衛生研究は進んでいない。MR装置の有する問題は検査時以外からも漏洩磁界が発生していることであり、この漏洩磁界中での動作に起因するめまいや頭痛などの一過性の症状が近年問題となっている<sup>8), 11), 12)</sup>。しかしながら、MR装置は高額医療機器であるため、装置置き換えなどの発生源対策は不可能であるうえ、MR検査にともなう一過性の心身の症状変化についてのサーベイが十分行われていないという現状がある。そこで、MR検査業務従事者の労働衛生対策の第一段階として、まずはMR装置周辺での作業に伴う一時的な身体症状について発生頻度を明らかにするために、本研究ではMR検査を主に担当する診療放射線技師を対象として磁界へのばく露機会やMR検査室での作業に関連した体調変化の発生程度に関するアンケート調査を行った。

#### <調査した集団の特性について>

現在のMR装置の主流は超伝導型の1.5 Tもしくは3 T装置であるが、小規模な病院やクリニックなどではメンテナンスの容易な永久磁石型の1 T以下の装置も多く利用されている<sup>4)</sup>。今回は公立病院という地域の基幹病院宛に調査票を発送したため、1.5 T装置、3 T装置、その両方の3パターンに回答が分類された。したがって、就業中のばく露磁界についても潜在的に高いと考えられる。また、地域基幹病院勤務ということから、MR検査の検査件数はクリニック等の小規模病院より多いと考えられる。

#### <MR検査と関連した自覚症状について>

MR装置近傍での作業と関連した自覚症状に関する先行研究から<sup>8), 11), 12)</sup>、すでに確立している高磁界ばく露に特徴的な生体影響については、「めまい」、「頭痛」、「金属味感」があげられる<sup>9), 10)</sup>。これらは、導電体である人間がMR装置近傍のような不均一磁界を移動することによる体内誘導電流の影響であると考えられる。しかしながら、このような直接的な影響のほか、本研究では疲労感がMR検査と関連した自覚症状の筆頭回答であった(図8)。よって、高磁界ばく露に特徴的な症状以外にも、多面的にMR検査と関連した自覚症状について検討を行う必要があると考えられる。また、本研究ではこれら自覚症状はMR検査業務従事者のみを対象として問うたが、CTやX線撮影など、磁界を用いない医療装置の使用者についても、比較を行うために同様のサーベイが必要であると考えられる。

#### <MR検査と関連した自覚症状の変化と、月当たりの検査件数について>

MR検査と関連した自覚症状の変化と、月当たりの検査件数に関連性が観察されたことから、回答集団の身体的・精神的疲労の影響が考えられる。実際、MR検査業務従事者で、特に夜勤あり群(N=69)では、職業性ストレス簡易調査票の「疲労感」のスコアが有意に上昇しており(図6B:  $p<0.01$ )潜在的に疲労が蓄積している

可能性も考えられる。実際に有意差が観察された「耳鳴り ( $p<0.05$ )」、「睡眠不足と関係ない不意の眠気 ( $p<0.01$ )」、「疲労感 ( $p<0.01$ )」はいずれも既知の高磁界ばく露に特徴的な症状とは異なる。一方で、磁界ばく露の影響についてはサーベイが十分終了しているとは言えず、疲労感などの間接的な影響についても実際生じえる可能性もある。したがって、本研究においては、MR検査と関連した自覚症状の変化と月当たりの検査件数の関連については、回答集団の身体的疲労の影響も完全に排除できないが、漏洩磁界による影響も示唆されると解釈をする。

#### <妊娠時の対応について>

MR検査の作業者と妊娠に関しては、現場から非常に関心の高い一方で、どのようなアクションを起こすべきかの統一指針がない状態である。本研究では、女性に対しては自身がどのような対応を希望するか、男性についてはスタッフの妊娠が想定された場合、MR検査室への立ち入りについてどのような対応を行うかという観点で質問を行った。その結果、約半数の回答者は妊娠期間はMR検査室への立ち入りを行わないとの回答であった(図10)。他にも、器官形成期のみ業務を行わないという回答も27%あった(図10)。

MR検査で利用される電磁場・電磁波(静磁場、勾配磁場、ラジオ波)のうち、胎児に明確なハザードが観察されるのはラジオ波等の高周波電磁場による熱影響である<sup>16)</sup>。このため、通常器官形成期の胎児MR検査は禁忌である<sup>16)</sup>。一方で、数テスラ以上の強磁場の生体影響は、磁場中の体動に由来するめまいや頭痛等の一時的な感覚的障害は科学的に立証されているが<sup>11), 12)</sup>、頭部組織(血液脳関門)への影響や<sup>17)</sup>、生殖組織への影響については必ずしも十分な知見はない<sup>2)</sup>。MR検査と妊娠・出産に関する疫学調査は、1.5 T MR検査の黎明期に女性MR作業従事者を対象に行われた症例対象研究1件のみである<sup>18)</sup>。胎児MRの実施例からは、出生後の胎児に明確な影響は報告されていないが、一部の動物実験では有害事象が報告されている<sup>19)</sup>。

現状では、妊娠中のMR検査業務について英国などでは一定の見解はあるものの<sup>20)</sup>、実際には高磁場の生体影響評価—特にヒトの発生・成長過程へのin vitro研究の欠落が生じている。このため、現在では各施設で自主指針を設け妊娠中のMR検査業務従事者の作業について検討せざるを得ない状況が改めて浮き彫りとなった。今後は細胞生物学研究に基づいた、高磁場の発生・成長過程へのリスク評価が将来的に求められる。

#### <普段の安全対策について>

MR検査に関連した安全規格の意識は、規格等に頻繁に目を通しているのは5.2%の回答者で、半数以上が日常的に利用していなかった(図11)。これら規格に目を通すと、MR検査がどのように生体へ作用するかについて、

多くの文献を知ることが可能であることから、使用者への啓蒙活動が必要であると考えられる。

MR 装置の漏洩磁界については、5 ガウスラインの認知度は3割程度であったのに対し、普段あまり意識していない回答者も約60%観察された(図12)MR検査における最も多い医療事故はMR装置への磁性体の吸着であり、長年にわたり啓蒙活動がされている<sup>21), 22)</sup>。特に最近の高性能機である3T装置では、漏洩磁界打消しのためのアクティブシールド(逆極性の磁界を生じさせるコイルによるシールドリング)が施されており装置周辺で大きな磁界勾配が生じることから<sup>23)</sup>、電子機器の誤動作防止目的である5ガウスラインの他にも、装置周辺の大体の漏洩磁界を知っておくことは、磁性体の吸引事故防止の観点からも望ましいと考えられる。

## 5 結論

本研究では、職業的非電離放射線ばく露として磁界ばく露に注目し、ばく露機会やばく露前後の心身の症状変化の発生程度の調査した。その結果、90%以上の人が磁界と、電離放射線の両方にばく露されていた。また、普段の自覚症状は、身体愁訴については、他業種と比較した場合高い傾向が示された。MR検査室での作業に関連した体調変化については、「めまい(17.1%)」、「耳鳴り(13.4%)」、「頭痛(14.6%)」、「睡眠不足と関係ない不意の眠気(16.9%)」、「疲労感(26.5%)」、「筋肉の不随意収縮(10.8%)」の6項目で有意に増加した。上記6項目について、背景要因の探索を行ったところ、「検査件数」との間で最も多く有意な関連が観察されたが、日常業務では約90%の回答者は特段の影響を訴えておらず、体調変化は限定的であると示唆された。一方で、普段の安全対策として安全規格や漏洩磁界の把握程度は十分ではなく、今後啓蒙活動が必要になると考えられる。

## 6 謝辞

本調査を実施するに当たり、大阪府公立病院技師会及び今井信也会長にご協力を賜りましたことをここに報告し、お礼申し上げます。

## 参考文献

- 1) Kangarlu A, Burgess RE, Zhu H, Nakayama T, Hamlin RL, Abduljalil AM, Robitaille PM. Cognitive, cardiac, and physiological safety studies in ultra high field magnetic resonance imaging. *Magn Reson Imaging*. 1999; 17(10):1407-1416.
- 2) Yamaguchi-Sekino S, Sekino M, Ueno S. Biological effects of electromagnetic fields and recently updated safety guidelines for strong static magnetic fields. *Magn Reson Med Sci*. 2011; 10(1):1-10.
- 3) McRobbie DW. Occupational exposure in MRI. *Br J Radiol*. 2012; 85:293-312.
- 4) 厚生労働省. 平成23年医療施設(静態・動態)調査・病院報告. <http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/iryosd/11/dl/1-3.pdf>
- 5) Schenck JF. Health and physiological effects of human exposure to whole-body four-tesla magnetic fields during MRI. *Ann N Y Acad Sci*. 1992; 649:285-301.
- 6) Chakeres DW, de Vocht F. Static magnetic field effects on human subjects related to magnetic resonance imaging systems. *Prog Biophys Mol Biol*. 2005; 87(2-3):255-265.
- 7) Yamaguchi-Sekino S, Nakai T, Imai S, Izawa S, Okuno T. Occupational exposure levels of static magnetic field during routine MRI examination in 3 T MR system. *Bioelectromagnetics*. 2014; 35:70-75.
- 8) International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. The Guidelines for Limiting Exposure to Electric Fields Induced by Movement of the Human Body in a Static Magnetic Field and by Time-Varying Magnetic Fields below 1 Hz. 2014; *Health Physics*. 106(3):418-425.
- 9) World Health Organization, Static Fields Environmental Health Criteria Monograph No.232
- 10) International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. Guidelines on limits of exposure to static magnetic fields. 2009; *Health Physics*. 96:504-514.
- 11) de Vocht F, van Drooge H, Engels H, Kromhout H. Exposure, health complaints and cognitive performance among employees of an MRI scanners manufacturing department. *J Magn Reson Imaging*. 2006; 23(2):197-204.
- 12) Glover PM, Cavin I, Qian W, Bowtell R, Gowland PA. Magnetic-field-induced vertigo: a theoretical and experimental investigation. *Bioelectromagnetics*. 2007; 28(5):349-361.
- 13) EU directive 2004. Directive 2004/40/EC of the European parliament and of the council of 29 April 2004 on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (electromagnetic fields). Official Journal of the European Union, Luxembourg, Luxembourg.
- 14) EU directive 2013. Directive 2013/35/EU of the European parliament and of the council of 26 June 2013 on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (electromagnetic fields) (20th individual Directive within the meaning of Article 16(1) of Directive 89/391/EEC) and repealing Directive 2004/40/EC. Official Journal of the European Union, Luxembourg, Luxembourg.
- 15) 浅沼一成, 縣 俊彦, 中村義之, 成瀬昭二, 鈴木勇司, 清水英佑. 電磁場の健康影響に関する研究. *慈恵医大誌*. 2006 ; 121 : 119-132.

- 16) 日本工業規格. JIS Z 4951 磁気共鳴画像診断装置-基礎安全及び基本性能. 2004
- 17) Yamaguchi-Sekino S, Ciobanu L, Sekino M, Djemai B, Geffroy F, Meriaux S, Okuno T, Le Bihan D. Acute exposure to ultra-high magnetic field (17.2T) does not open the blood brain barrier. *Biological and Biomedical Reports*. 2012; 2:295-300
- 18) Kanal E, Gillen J, Evans JA, Savitz DA, Shellock FG. Survey of reproductive health among female MR workers. *Radio*. 1993; 187:395-399.Yip
- 19) Yip YP, Capriotti C, Talagala SL, Yip JW. Effects of MR exposure at 1.5 T on early embryonic development of the chick. *J. Magn. Reson. 1994; Imaging*, 4, 742-748.
- 20) Temperton DH. *Pregnancy and Work in Diagnostic Imaginc Departments 2nd Edition*. British Institute of Radiology. 2009
- 21) 土橋俊男. いま改めて 3T MRI の安全性を考える (3T MRI の吸引事故を防ごう). *インナービジョン*. 2012 ; 27(9) : 66-67.
- 22) (独) 医薬品医療機器総合機構. *PMDA 医療安全情報*. 2011 ; 26.
- 23) 日本磁気共鳴医学会 安全性評価委員会監修. *MRI 安全性の考え方第二版*. 秀潤社 ; 2014 年.