

# 勤務日の身体的負荷を考慮に入れた個人磁界ばく露調査

山口さち子\*1, 今井信也\*2

磁気共鳴画像検査 (Magnetic Resonance Imaging : MRI 検査) では、装置より漏洩する磁界によって付近で勤務する操作者に一時的な体調変化 (めまい、頭痛等) が生じることが知られている。著者らの先行研究から調査期間に応じて経験率が変化することが示されているが、日常的な発生率の捕捉には至っていない。また、一時的な体調変化は自覚症状に基づくものであるが、当日の体調や作業中の身体負荷の関与について過去に十分検討がなされていない状況である。そこで本研究では、MRI 検査業務従事中の一時的な体調変化について、短期的な記録 (5 就業日) による日常的な発生率の捕捉と、身体負荷を考慮した発生状況の検討を本調査の目的とした。作業者に日勤 5 就業日中に小型の個人ばく露計と活動量計の携帯を依頼し、業務終了時に作業記録の記入を依頼した。その結果、58 名の参加者より 314 件 (うち、MRI 検査実施群 : 120 件、非実施群 : 194 件) のデータを得た。作業記録の結果より、5 就業日といった短期間では MRI 検査業務中の一時的な体調変化の発生割合は他業務と同等程度又はそれ以下で (MRI 検査実施群 : 8.3%、非実施群 : 12.4%)、日常的に発生する事象ではなかった。また、身体負荷で調整をしても一時的な体調変化の発生率は MRI 検査実施群で有意に増加するものではなかった (OR: 0.65, 95%CI: 0.23-1.78)。小型磁界計の計測結果より、MRI 室内に滞在中のうち一定程度 (10 分程度) は自発的な運動制御が必要な装置近傍で作業が行われることが示されたが、国際ガイドライン以下のばく露であり、作業記録の結果を補強するものである。ただし、急激な体勢変化は引き続き注意喚起が必要であると考えられる。

**キーワード:** 職業磁界ばく露, 個人ばく露調査, 身体負荷

## 1. はじめに

磁気共鳴画像検査 (Magnetic Resonance Imaging : MRI 検査) は、複数の非電離放射線の波源 (静磁界、パルス磁界、高周波電磁界) を利用した画像診断手法である<sup>1),2)</sup>。しかしながら、MRI 装置が利用する静磁界は数 T (地磁気の数万倍) 相当の高強度であり、また、装置近傍に漏洩磁界 (一約 1 T) が検査中だけでなく常時存在するという作業環境上の特性がある。このような高磁界下での作業では一時的な体調変化 (めまい、頭痛等) が発生する<sup>1-3)</sup>。

この MRI 検査実施中の一時的な体調変化についての研究は一定数行われ、磁界ばく露と一時的な体調変化の発生との関連が報告されている<sup>4-6)</sup>。著者らは MRI 検査業務従事中の一時的な体調変化の愁訴内容や発生度合いについて調査を続けており、これまでに従事歴中の経験率であれば全回答者の 3 割程度<sup>7)</sup>、中一長期的記録 (10-21 勤務日) においては全記録日の 16.8% で一時的な体調変化が発生しているとの情報を得ている (MRI 検査業務以外では 3.3%,  $p < 0.0001$ , chi-square test)<sup>8)</sup>。著者らの先行研究の状況からも測定期間が長ければ事象 (一時的な体調変化) の発生を捕らえることは容易になると考えられるが、日常的な発生率を明らかにするためにはより短期間のデ

ータも必要である。また、一時的な体調変化が自覚症状に基づくものであることから、当日の体調や作業中の身体負荷の関与について考慮が必要であるが、国外においても現在までにそのような観点での調査はなされていない状況である。

このため、MRI 検査業務従事中の一時的な体調変化について、短期的な記録 (5 就業日) による日常的な発生率の捕捉と、身体負荷を考慮した発生状況の検討を本調査の目的とした (図 1)。本研究では①身体負荷を考慮に入れた個人磁界ばく露調査を実施し 5 就業日中の磁界ばく露と作業記録の解析を行った。また、事象の生じる可能性についてばく露状況からアプローチするため②個人磁界ばく露状況の評価を実施した。

## 2. 方法

本研究は独立行政法人 労働者健康安全機構 労働安全衛生総合研究所の研究倫理審査委員会の承認を得て実施した (No. H3033)。

### 短期的な記録期間 (5 就業日) による日常的な発生率の捕捉と、身体負荷を考慮した発生状況の検討

① 身体負荷を考慮に入れた個人磁界ばく露調査
— 5 就業日中の磁界ばく露と作業記録の結果の解析
— 身体負荷状況を考慮した状態での一時的な体調変化の発生率の検討
→ 事象の生じやすさの検討
② 個人磁界ばく露状況の評価
— 装置間差異、ばく露パラメータ (最大値、最大値平均、ばく露分布) の評価
→ 事象の生じる可能性についてばく露状況からアプローチ

図 1 本研究の目的及び評価項目

\*1 労働安全衛生総合研究所 産業毒性・生体影響研究

グループ (現: 環境計測研究グループ)。

\*2 大阪物療大学 (現: 森ノ宮医療大学 診療放射線学科)。

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 環境計測研究グループ 山口さち子\*1

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

1) 実施場所及び対象者

調査は2019年8月から12月まで1施設あたり2週間の期間で実施した。本研究は東北地方1、関東地方4、甲信越地方1、中部地方1の計7施設より58人が参加した。調査対象者の職種は全員診療放射線技師であった。参加者58名のうち、MRI検査専任が18名、MRI検査、他業務兼担が11名、その他業務専任が29名であった。MRI検査の平均検査件数は18.4件/日であった。データは欠落データを除き314件(うち、①MRI専任時:90件、②MRI兼任時(MRI検査):30件、③MRI検査兼任時(その他業務):48件、④その他業務専任時146件)取得した。データのうち、①、②をあわせて「MRI検査実施群」、③、④を合わせて「非実施群」としてデータを取り扱った。

2) 使用装置

図2に使用装置及び装着例を示す。磁界計測器は強磁場警報装置マグウォッチャープラス(ディード社製)を本プロジェクトにて改良した改良型マグウォッチャープラス(MD-2010,ディード社製)を使用した。MD-2010はMRI装置使用者についてはばく露源に近い方の腰部に固定を依頼し、それ以外のモダリティについては左右いずれかの腰部に固定を依頼した。ばく露磁界の計測は勤務開始時に記録開始、勤務終了時に記録終了とした。記録設定は1秒ごととした。活動量計はActive style Pro(HJA-750C,オムロン社製)を使用した。装置は腰部にクリップで固定してもらい、記録設定は10秒ごととし勤務時間中は常に携帯を依頼し、勤務時間中の時間あたりの歩数を算出した。なお、活動量計は試験的に1施設のみに検査機関及び技師らの了承を得て携帯を依頼した。

ばく露磁界は勤務中の最大値( $B_{max}$ )、 $B_{max}$ の平均値( $AveB_{max}$ )、0.5 mT以上の環境磁界がある場所での滞在時間比率、1秒あたりの磁束密度変化( $dB/dt$ )、3秒間の磁束密度変化( $\Delta T$ )を算出した。



図2 使用装置及び装着例

図3 調査票3(作業記録)の例

3) 調査票

調査票は3種類使用した(表1)。調査票1では勤務状況を問い、あわせて職業性ストレス簡易調査票の記入と普段の体調を調査した。調査票2は労働者の座位行動評価を主目的とした「労働者生活行動時間調査票(Worker's Living Activity-time Questionnaire)(JNIO SH-WLAQ)」<sup>9)</sup>を使用し、就寝、起床時刻、通勤

表1 本研究で使用した調査票及び内容

調査票1	調査票2	調査票3(作業記録)
勤務状況+ 職業性ストレス 簡易調査票	JNIO SH-WLAQ <sup>9)</sup>	勤務日誌
実験前	実験前	勤務日ごと
<ul style="list-style-type: none"> <li>性別、年齢、職業、MRI検査への関与</li> <li>過去のMRI検査中の一時的体調変化の知覚</li> <li>作業環境の認識</li> <li>「疲労感」「不安感」「抑うつ感」「身体愁訴」の項目</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>就寝、起床時刻</li> <li>通勤に係る時間</li> <li>座位時間</li> <li>普段の運動</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>勤務内容(装置、検査件数、検査技法)</li> <li>主観的疲労度</li> <li>主観的な座位時間</li> <li>患者介助件数</li> <li>息の弾む動作</li> <li>業務中の体調変化</li> </ul>

シフト	1日目	2日目	3日目	-	4日目	5日目
日時	日勤1	日勤2	日勤+当直	当直明け	日勤	日勤
作業内容	終日MRI検査	午前MRI 午後CT	終日一般撮影	-	終日MRI検査	午前マンモ 午後MRI検査
作業記録内容	MRI	MRI MRI以外	MRI以外 (日勤終了時)	対象外	MRI	MRI以外 MRI
メモ	活動量計はMRI非対応です。同一日に複数の装置を担当する場合は十分ご注意ください。 例:5日目では午後MRI検査に入る前に活動量計を外してください。					

図4 調査プロトコル

表2 解析内容の一覧

実験	解析
1. 基本情報, 参加者の普段の体調	単純集計及び $t$ -test
2. 身体負荷	
① 実験参加前後の体調	Chi-square test
② 患者介助の件数	Chi-square test
③ 歩数及び自覚座位時間	$t$ -test 及び Pearson's correlation coefficient
④ 息が弾む動作の発生頻度	Chi-square test
3. 一時的体調変化	
① 一時的体調変化の発生件数と内容	Chi-square test
② 背景要因の検討	Chi-square test
③ MRI 検査実施有無が一時的体調変化に与える影響	二項ロジスティック回帰分析
3. ばく露磁界の特性	
① 勤務中のばく露特性の評価	1-way ANOVA, Bonferroni の多重比較
② 0.5 mT 以上の磁界がある場所の滞在時間比率	1-way ANOVA, Bonferroni の多重比較
③ 一秒あたりの磁束密度変化, 3秒間の磁束密度変化	1-way ANOVA, Bonferroni の多重比較

に係る時間, 座位時間, 普段の運動状況を調査した. 調査票 3 は作業記録であり, 勤務内容 (装置, 検査件数, 検査技法), 勤務前・後の体調 (「非常に良い/良い」, 「ふつう」, 「疲れている/非常に疲れている」), 勤務時間中の主観的座位・立位時間の割合, 患者介助件数 (「なし」, 「1-4 件」, 「5-9 件」, 「10-14 件」, 「15 件以上」), 息の弾む動作の発生度合い (「ない」, 「ほとんどない」, 「ときどきあった」, 「しばしばあった」), 業務中の体調変化 (「あり」, 「なし」の回答後に詳細の記載) について記録した. 図 3 に調査票 3 の例を示す. 以後, 調査票 3 は「作業記録」と併記する.

#### 4) データ解析及び統計解析

調査プロトコルは日勤のみを対象とし, 当直時は日勤終了時に記録終了, 当直明けは対象外とした (図 4). 実験開始より 2 週間の期間で 5 勤務日 (連続でない場合もあり) のデータを取得した. 実験日の勤務中は 2 種類の装置の常時携帯を依頼し, 勤務終了後に調査票 3 (作業記録) の記入を依頼した. 実験開始前に調査票 1 及び 2 の記入を依頼した. なお, 調査票 1 及び 2 については今回の解析とは独立しているため, 本報告書に内容を含めていない.

#### 5) 実験プロトコル

磁界ばく露や身体負荷と関連した一時的体調変化の発生率を明らかにするために, 解析には普段の体調, 勤務前・後の体調, 身体負荷に着目した. 表 2 に解析内容の一覧を示す.

普段の体調は職業性ストレス簡易調査票から「疲労感 (Q7-Q9)」, 「不安感 (Q10-Q12)」, 「抑うつ感 (Q13-Q18)」, 「身体愁訴 (Q19-Q29)」の 4 項目の点数を算出したのち, MRI 検査実施群/非実施群で対応のない  $t$  検定を実施した.

身体負荷については, 患者介助の件数, 歩数 (参考まで), 主観的座位時間, 息が弾む動作の発生度合いの項目を解析に利用した. 主観的座位時間, 歩数は 2 群間で対応のない  $t$  検定を実施した. 勤務前・後の体調, 身体負荷について一時的体調変化の有無でクロス集計の後にカイ二乗検定を行った. 続いて, MRI 検査実施有無が一時的体調変化に与える影響について, 一時的体調変化有無を目的変数とした二項ロジスティック回帰分析を行った. 説明変数には MRI 検査実施群/非実施の他, 身体負荷 (患者介助の件数, 主観的座位時間, 息が弾む動作の発生度合い), 勤務前の体調を選択した. 解析は, ①調整なし, ②MRI 検査実施群/非実施と身体負

表3 参加者の普段の体調（調査票1より）

	疲労感		不安感	
	MRI 検査実施群	MRI 検査非実施群	MRI 検査実施群	MRI 検査非実施群
平均値	5.2±1.7	5.4±1.8	5.7±2.1	5.4±1.4
度数	40	18	40	18

	抑うつ感		身体愁訴	
	MRI 検査実施群	MRI 検査非実施群	MRI 検査実施群	MRI 検査非実施群
平均値	9.0±3.4	8.9±2.2	17.5±4.6	17.7±3.7
度数	40	18	40	18

全て N.S., t-test

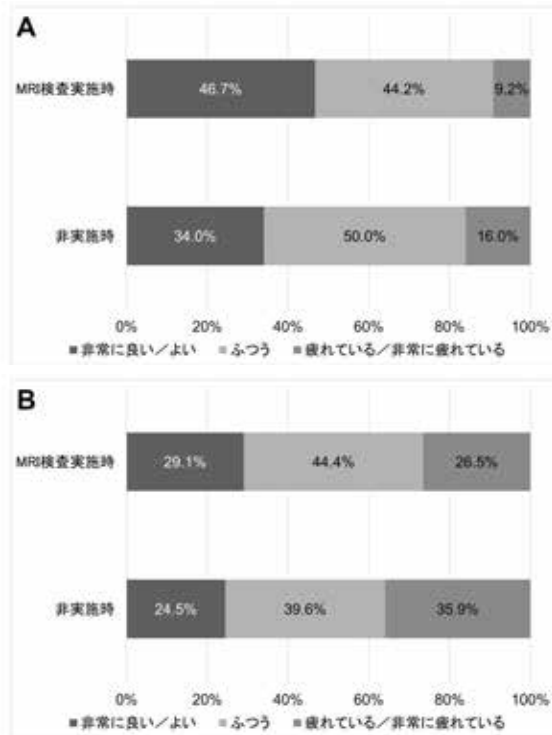


図5 被験者の体調 A: 実験参加前, B: 実験参加後

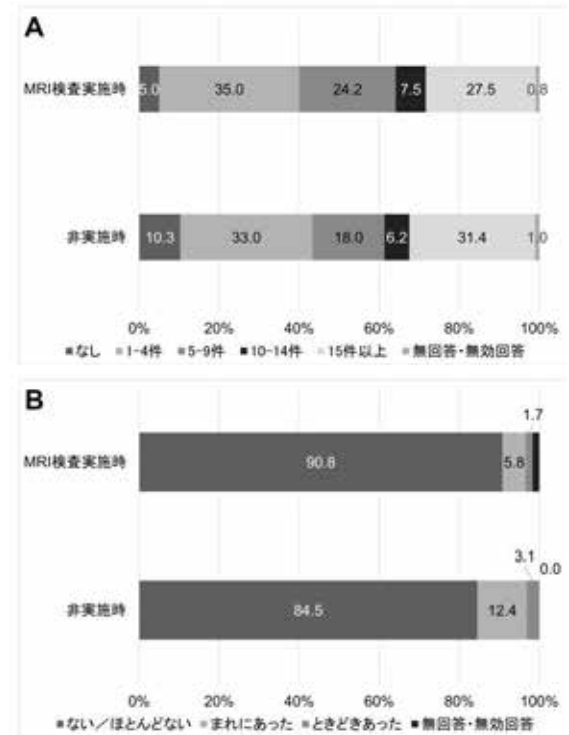


図6 作業記録に基づく身体負荷の状況 A: 患者介助の件数, B: 息の弾む動作の発生度合い

荷で調整, ③MRI 検査実施群/非実施と勤務前の体調変化で調整したモデルで実施した。

ばく露状況の解析には MRI 検査実施群のデータのみに使用した。ばく露特性は勤務中の最大ばく露磁界 ( $B_{max}$ ),  $B_{max}$  の平均値 ( $AveB_{max}$ ), 0.5 mT 以上の磁界がある場所の滞在時間比率, 1 秒あたりの磁束密度変化 ( $dB/dt$ ), 3 秒間の磁束密度変化 ( $\Delta T$ ) について算出した。

### 3. 結果及び考察

調査票1及び2については今回の解析とは独立しているため, 本報告書に内容を含めていない。ここでは, 調査票3(作業記録)及び個人磁界ばく露, 身体負荷の結果について結果及び考察を示す。

1) 実験参加者の基本情報及び参加者の普段の体調  
実験には男性40名(69.0%), 女性18名(31.0%)が参加し, 年齢は男性が20代10人, 30代12人, 40代8人, 50代10人, 女性が20代11人, 30代5人,

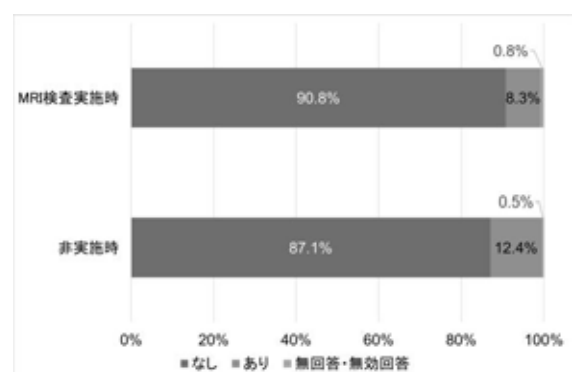


図7 一時的体調変化の発生割合

40代2人であった。MRI 検査実施群の性別年齢構成は, 性別が男性16名, 女性5名で, 年齢が20代4人, 30代8人, 40代6人, 50代3人であった。非MRI 検査実施群では, 性別が男性24人, 女性13人で, 年齢が20代17人, 30代9人, 40代4人, 50代7人であった。

表 4 歩数 (参考値) 及び主観的座位時間

歩数 (歩)	
MRI 検査実施群 (※)	3370.9±1370.6
MRI 検査非実施群	5020.2±2530.7

$p < 0.0001$ ,  $t$ -test  
※原則活動量計携帯不可. 1 施設よりご協力あり.

主観的座位時間 (%)	
MRI 検査実施群	67.6±17.7
MRI 検査非実施群	50.5±25.9

$p < 0.0001$ ,  $t$ -test

表 5 業務中に発生した一時的体調変化の発生件数と内容

	勤務中「あり」	勤務中「なし」	無回答・無効回答	合計
人数	8 (13.8%)	50 (86.2%)	0	58 (100%)
事象発生回数	34 (10.8%)	278 (88.5%)	2 (0.7%)	314 (100%)
事象発生回数のうち, MRI 検査実施群	10 (8.3%)	109 (90.8%)	1 (0.8%)	120 (100%)
事象発生回数のうち, MRI 検査非実施群	24 (12.4%)	169 (87.1%)	1 (0.5%)	194 (100%)

症状	記録された件数 (複数回答含む)	うち MRI 検査実施群	うち MRI 検査非実施群 (複数回答含む)
頭痛	4	0	4
疲労感	24	9	15
不意の眠気	11	0	11
めまい	2	0	2
注意力低下	6	0	6
無回答・無効回答	1	1	0
計	48	10	38

表 6 MRI 検査実施有無が一時的体調変化に与える影響

	Exp(B)	調整なし			調整 1 (身体負荷)			調整 2 (勤務前体調)				
		95% CI	$p$	Exp(B)	95% CI	$P$	Exp(B)	95% CI	$p$			
MRI 検査実施												
実施群	0.65	0.30	1.39	0.35	0.65	0.23	1.78	0.40	0.75	0.33	1.67	0.48
非実施群	Ref				Ref				Ref			
患者介助												
1-9 件					1.11	0.23	5.45	0.90				
10 件以上					1.31	0.26	6.71	0.75				
なし					Ref							
息の弾む動作												
まれ/ときどき					1.74	0.65	4.66	0.27				
ない					Ref							
/ほとんどない												
自覚座位時間					0.99	0.98	1.01	0.50				
勤務前体調												
ふつう									1.27	0.53	3.04	0.56
疲労									4.35	1.63	11.59	<b>0.00</b>
/非常に疲労												
良好												
/非常に良好									Ref			

表 7 勤務中のばく露特性の評価 (B<sub>max</sub>, AveB<sub>max</sub>)

B <sub>max</sub> (mT)	MRI 検査実施群 全施設	うち, 1.5 Tのみ	うち, 1.5 Tと 3 T	うち, 3 Tのみ	MRI 検査 非実施群
n	75	14	17	44	88
最大値 <sup>1</sup>	1612	1122	1434	1612	6
最小値 <sup>1</sup>	251	551	463	251	2
AveB <sub>max</sub> <sup>1</sup>	1000	764	884	1118*,**	0
±S.D	340	205	288	343	1

1:  $p < 0.01$ , 1-way ANOVA

\*\*  $p < 0.01$  v.s. 1.5 Tのみ, \*  $p < 0.05$  v.s. 1.5 Tと 3 T, Bonferroni 多重比較検定

表 8 0.5 mT 以上の磁界がある場所の滞在時間比率

B <sub>max</sub> (mT)	MRI 検査実施群 全施設	うち, 1.5 Tのみ	うち, 1.5 Tと 3 T	うち, 3 Tのみ
n	75	14	17	44
> 600 mT (%) <sup>1</sup>	1.1±1.5	0.3±0.4	0.4±0.4	1.6±1.7*
200-600 mT (%) <sup>2</sup>	10.4±6.2	7.5±2.1	8.2±3.3	12.2±7.2**
< 200 mT (%) <sup>1</sup>	88.5±7.0	92.2±2.3	91.4±3.3	86.2±8.1*

1:  $p < 0.01$ , 2:  $p < 0.05$ , 1-way ANOVA

\*  $p < 0.05$  v.s. 1.5 Tのみ及び v.s. 1.5 Tと 3 T, \*\*  $p < 0.05$  v.s. 1.5 Tのみ, Bonferroni 多重比較検定

表 9 3 秒間の磁束密度変化 (ΔT)

ΔT (mT/3 sec)	MRI 検査実施群 全施設	うち, 1.5 Tのみ	うち, 1.5 Tと 3 T	うち, 3 Tのみ
n	81	19	17	45
最大値	1453	987	1395	1453
最小値	78	78	370	185
最大値平均 <sup>1</sup>	827	572	784	951***
±S.D	318	213	274	305

1:  $p < 0.001$ , 1-way ANOVA

\*\*\*  $p < 0.001$  v.s. 1.5 Tのみ, Bonferroni 多重比較検定

※サンプリングレート 1 秒, 【参考】ICNIRP2014: 閾値 Δ2 T@0-1 Hz

実験参加者の職業性ストレス簡易調査票の 4 項目 (「疲労感」, 「不安感」, 「抑うつ感」, 「身体愁訴」) の点数は, 実験期間中 1 度でも MRI 検査を実施した群と非実施群との間で有意差は観察されなかった (表 3: N.S., *t*-test). 標準集団<sup>10)</sup>との比較においても明確な差異は観察されなかった。

## 2) 実験参加前後の体調と身体負荷の状況

実験参加前の体調は MRI 検査実施群, 非実施群間で有意差が検出された (図 5A:  $p < 0.01$ , chi-square test). 非実施群において実験前の疲労の訴えが有意に多かった (残差分析). 一方で実験参加後の体調は有意な差は検出されなかった (図 5B: N.S., chi-square test).

患者介助の件数は 15 件以上/日の割合は非実施群においてより高値であったが, MRI 検査実施群/非実施群の回答分布に有意な差は検出されなかった (図 6A: N.S., chi-square test).

歩数は MRI 検査実施群で有意に少なく ( $p < 0.0001$ , *t*-test). 主観的座位時間は MRI 検査実施群で有意に長かった ( $p < 0.0001$ , *t*-test) (表 4). また, 一時間あたりの歩数と主観的座位時間は有意に相関していた ( $p < 0.01$ , 相関係数: -0.572, Pearson's correlation coefficient).

息の弾む動作の発生度合いの分布は MRI 検査実施群, 非実施群で有意な差は検出されなかった (図 6B: N.S., chi-square test).

これらのことから, MRI 検査は安静度が高い作業であると考えられる。

## 3) 一時的体調変化の発生件数と内容, 背景要因の検討

業務中に発生した一時的体調変化は「あり」と回答したのは MRI 検査実施群で男性 2 名 (20 代及び 50 代), MRI 検査非実施群では男性 5 名 (20 代, 30 代及び 50 代), 女性 1 名 (40 代) であった (表 5). 事象の件数は全記録データ (1 就業者, 1 日あたり 1-2 件) 314 件中 34 件 (10.1%) であった. うち, MRI 検査実施群の記録では 8.4% が「あり」という回答で, 非実施群で 12.4% が「あり」という回答であり, 統計的有意差は観察されなかった (図 7: N.S., chi-square test). 一時的体調変化の内訳は, MRI 検査実施群では「疲労感」のみであった (表 5).

一時的体調変化の発生度合いは MRI 検査実施群は非実施群と比較して低値であったが, 身体負荷や元々の体調要因を考慮するため, MRI 検査実施有無が一時的体調変化に与える影響について, 調整なし, 調整 1 (身体負荷), 調整 2 (勤務前体調) のモデルについて二項ロジスティック回帰分析を実施した (表 6). なお, 勤務

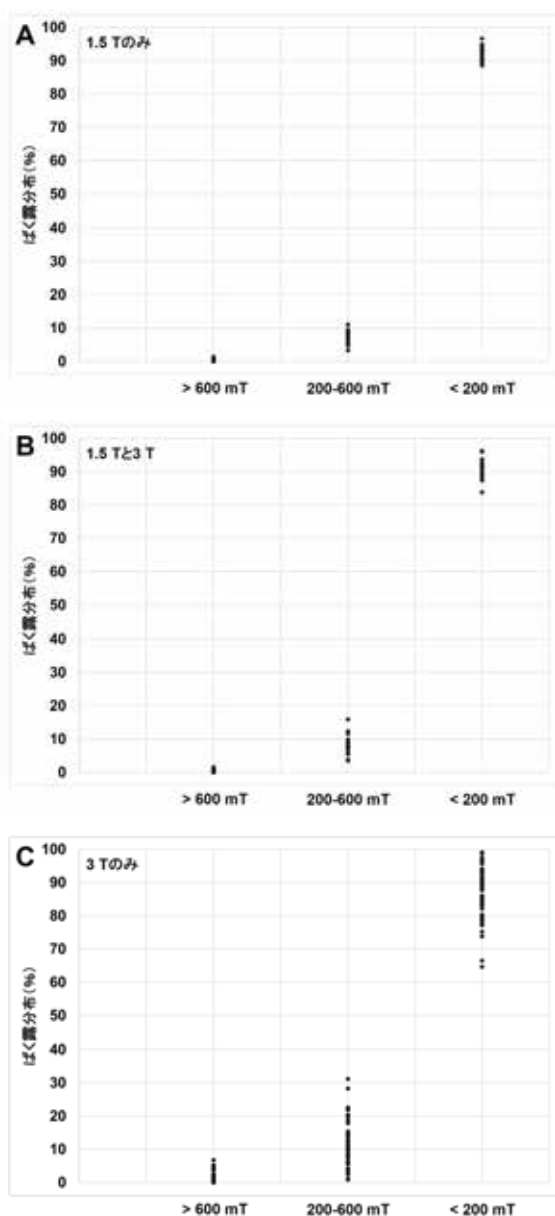


図8 使用装置のごとのばく露特性  
A: 1.5 Tのみ, B: 1.5 Tと3 T, C: 3 Tのみ

後体調については一時的体調変化の発生との関連が強く予想されるため二項ロジスティック回帰分析では説明変数として投入していない。その結果、調整なし、調整1及び2いずれにおいても一時的体調変化の発生についてMRI検査実施の有無に統計的有意差は検出されなかった。一時的体調変化の発生について強く影響する要因は勤務前体調であった。

#### 4) ばく露磁界の特性

ばく露特性は勤務中の最大ばく露磁界 ( $B_{max}$ )、 $B_{max}$ の平均値 ( $AveB_{max}$ )、0.5 mT以上の磁界がある場所の滞在時間比率、1秒あたりの磁束密度変化 (dB/dt)、3秒間の磁束密度変化 ( $\Delta T$ ) について算出した。なお、欠落データがあるため解析に用いたのはMRI検査実施群は75データ、非実施群は88データとなった。

MRI検査実施群の $B_{max}$ は208-1612 mTで $AveB_{max}$ は1000+338 mTであった(表7)。 $AveB_{max}$ は3 Tのみと1.5 Tのみ、3 Tのみと1.5 Tと3 T間で有意な装置間差異が観察された(1-way ANOVA:  $p < 0.001$ , Bonferroniの多重比較:  $p < 0.01$  及び0.05)。MRI検査非実施群の最大ばく露値は6 mTで、ほとんどの業務中でばく露レベルは検出限界以下であった。

0.5 mT以上の磁界(5 Gライン以内)の滞在時間比率については、600 mTを超える場所に滞在する割合は、使用装置が1.5 Tのみが $0.3 \pm 0.4\%$ 、1.5 T及び3 Tが $0.4 \pm 0.4\%$ 、3 Tのみが $1.6 \pm 1.7\%$ であり、3 Tで有意に高い比率であった(表8及び図8: 1-way ANOVA:  $p < 0.05$ , Bonferroni 多重比較:  $p < 0.05$ )。また、200-600 mTにおいても3 T装置利用時は滞在時間が有意に高かった(1-way ANOVA:  $p < 0.01$ , Bonferroniの多重比較:  $p < 0.01$ )。

個人ばく露評価より、3 T装置において5Gライン以内に滞在中のうち、数%の時間はMRI装置近傍(>600 mT)に滞在していた。1検査のうちMRI室内での滞在時間を10分(検査前・後合計)<sup>11)</sup>、一日平均18件とすると、MRI室内にいるのは180分と推定される。仮にMRI装置近傍にいるのは5%とすると、一時的体調変化に注意が必要なのは9分となると予想される。

#### 5) ガイドライン適合性の評価

3秒間の磁束密度変化( $\Delta T$ )は国際非電離放射線防護委員会(ICNIRP)ガイドライン値を下回るものであった(表9)。

したがって、一時的体調変化に注意が必要なMRI装置近傍にいる割合は業務中で一定程度(10分程度)あると予想されるが3秒間の磁束密度変化( $\Delta T$ )はいずれも国際非電離放射線防護委員会ICNIRPガイドライン値を下回るものであった。これらは調査票の結果より日常的な発生度合いがそれほど高くないことを支持するものである。

以上の結果から、一時的体調変化の発生に関しては、結果1)-3)により概ね日常的には影響は回避されており、勤務日の身体負荷も影響を与えていなかった。一時的体調変化の記録があった群は男性回答者が多いが

(MRI検査実施群で100%、MRI検査非実施群で83.3%)、これはそれぞれの群の男性比率を反映している可能性もあるが(MRI検査実施群で76.2%、MRI検査非実施群で64.9%)、今回の結果では例数が少ないため年齢とともに性差については今後の検討が必要である。

一方で、結果4)及び5)より、作業環境は意図しない急激な動作時に一時的体調変化の知覚が発生しうるMRI装置近傍での作業(<600 mT以上)が含まれている(サブ2-1)。このような現象は科学的に発生することが確定している現象であることを鑑みると、事象に関する知識及び防護方法を作業者に知らせる手段としては、定期教育での啓発活動が適当であると考えられる。

これは、アンケートの結果から安全性情報の入手先としてメーカーより (89.8%) に続いて勉強会 (64.5%) があることから、年に1度程度実施される勉強会や講演会で情報提供を行うことが望ましいと考えられるためである。

本研究結果より、日常業務による身体負荷は影響を与えていないことを考慮すると、短期的影響が知覚された場合は発生状況を整理し防護策 (体調確認、自発的体動制御や動線確認の見直し、装置入れ替えなど作業環境変化による影響確認等) を検討することが望ましいと考えられる。

#### 4. まとめ

本調査の目的である、MRI 検査業務従事中の一時的体調変化の短期的記録期間 (5 就業日) による日常的な発生率の捕捉と、身体負荷を考慮した発生状況の検討については、下記のようにまとめられる。

- 5 就業日といった短期間では他業務と同等程度又はそれ以下の発生割合で、日常的に発生する事象ではない。
  - よって、急に事象が増えた場合、他の要因 (例: 勤務前の体調、作業動線、装置入れ替え等) に注目すること。
  - 記録期間を長期化すると事象経験率は上昇するため「全く発生しない事象」ではない。定期的に教育や防護方法 (体動の制御や別の手段の検討) の情報共有が必要である。
- 身体負荷は短期的記録期間においては MRI 検査業務従事中の一時的体調変化に影響を与える要因でない。
- 個人ばく露調査より、MRI 室内に滞在中のうち一定程度 (10 分程度) は自発的体動制御が必要な装置近傍で作業が行われる。磁界ばく露の変化 ( $\Delta B$ ) は ICNIRP のガイドライン値以下であるが、不意の動作で一時的体調変化が発生しないよう注意を払うことは肝要である。
  - 1.5 T と比較すると 3 T はばく露特性が異なるため注意を払う。

#### 謝 辞

本研究は独立行政法人 労働者健康安全機構本部 研究試験企画部及び放射線技師会のご協力の元実施した。

#### 参 考 文 献

- 1) ICNIRP. ICNIRP Guidelines on Limits of Exposure to Static Magnetic Fields. *Health Phys.* 2009; 96(4):504-514.
- 2) ICNIRP. 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. *Health Physics.* 2014, 106(3):418-425.
- 3) World Health Organization. Environmental Health Criteria 232 Static Fields. 2006; 1-351.
- 4) de Vocht F, Muller F, Engels H, Kromhout H. Personal exposure to static and time-varying magnetic fields during MRI system test procedures. *J Magn Reson Imaging.* 2009 Nov; 30(5):1223-8.
- 5) Schaap K, Christopher-de Vries Y, Mason CK, de Vocht F, Portengen L, Kromhout H. Occupational exposure of healthcare and research staff to static magnetic stray fields from 1.5-7 Tesla MRI scanners is associated with reporting of transient symptoms. *Occup Environ Med.* 2014 Jun; 71(6):423-9.
- 6) 山口さち子, 井澤修平, 原谷隆史, 今井信也, 奥野勉. MR 検査室での作業に関するアンケート調査. *JNIO SH-SRR-No.44-2-7.*
- 7) 山口さち子, 井澤修平, 前谷津文雄, 土井 司, 引地健生, 藤田秀樹, 今井信也, 赤羽 学, 王 瑞生. 本邦における妊娠中の MRI 検査業務担当の現況と非電離放射線 (静磁場ばく露) の意識状況調査 概要報告, *日本磁気共鳴医学会誌* 2018; 38:103-119.
- 8) 山口さち子, 今井信也, 前谷津文雄, 引地健生. 小型磁界計測器を用いた放射線科業務における中一長期磁界ばく露の計測と業務中の体調変化の調査研究. 第 89 回日本産業衛生学会, *産業衛生学雑誌* 2016; 58 (Suppl.), p219.
- 9) 松尾知明, 蘇 リナ, 笹井浩行, 大河原一憲. 座位行動の評価を主な目的とした質問紙「労働者生活行動時間調査票 (JNIO SH-WLAQ)」の開発, *産業衛生学雑誌* 2017; 59:219-228.
- 10) <http://www.tmu-ph.ac/topics/pdf/average.pdf> (accessed on August 8, 2020)
- 11) Yamaguchi-Sekino S, Nakai T, Imai S, Izawa S, Okuno T. Occupational exposure levels of static magnetic field during routine MRI examination in 3T MR system. *Bioelectromagnetics.* 2014 Jan;35(1):70-5.