

全国医療機関における各モダリティ および手術手技を伴う血管撮影装置の 停電対応の実態調査

Survey of power outage response of each modality and angiography equipment with surgical procedures at medical institutions nationwide

荒井 一正^{1)*}, 太田 丞二²⁾, 鈴木 宏明³⁾, 森島 貴顕⁴⁾, 佐藤 久弥⁵⁾, 石川 栄二⁶⁾

1) 日本赤十字社和歌山医療センター 放射線診断科部

2) 千葉大学医学部附属病院 放射線部

3) 東京慈恵会医科大学附属柏病院 放射線部

4) 東北医科薬科大学若林病院 放射線部

5) 昭和大学藤が丘病院 放射線部

6) 横浜市立大学附属病院 放射線部

Key words: Angiography, Angiography room, Power outage, Disaster medicine, Disaster measures

【Abstract】

Japan has experienced many types of natural disasters, and it is more vulnerable to earthquakes, floods and landslides than other countries. Under these circumstances, medical institutions are required to take disaster countermeasures to ensure business continuity in the event of a disaster. To this end, we conducted a questionnaire survey of power outage countermeasures for each modality and angiography equipment used in surgical procedures. The results showed that 59% of the medical facilities were able to operate angiography systems using their own power generation. In addition, 17% of the medical facilities that experienced a power failure during angiography/IVR stopped the procedure.

【要 旨】

本邦は、諸外国と比べて地震や洪水、土砂災害等が発生しやすい国土である。

このような状況下で医療機関には、事業が継続できるよう災害に対して対策を講ずる必要性が求められている。そのためわれわれは、各モダリティおよび手術手技を伴う血管撮影装置の停電対応についてアンケート調査を実施した。その結果、血管撮影装置を自家発電により稼働できる医療施設は59%の施設であった。また血管撮影・IVR施行中に停電を経験した17%の医療施設では、手技を中止していた。

緒言および目的

本邦は、諸外国と比べて地震や洪水、土砂災害等が発生しやすい国土であり、地震は世界の中で18.5%と極めて高い割合で発生する¹⁾。地震や洪水は大規模な停

電の要因となり、医療機関に大きな影響を与えている。2011年の東日本大震災では、発電所の被災により停電が発生し、手術を中止せざるを得ない事例が発生している²⁾。災害拠点病院指定要件では、自家発電機の機能条件を求められており、画像下治療（Interventional Radiology 以下、IVR）中の停電発生は治療継続に影響するため、患者の生命に関わる場面も想定される。このため特に血管撮影装置の電源確保の重要度は高い³⁾。

医療施設の災害対応準備状況の全国調査では、自家発電保有施設で作動しない機器は、空調システム（294施設：62%）、続いてX線CT（238施設：50%）、3番目に血管撮影装置（225施設：48%）であった⁴⁾。このことから、自家発電で稼働しない機器のうち、放射線部門に関係する機器の割合が高いことが示されている。

しかしながら、現状で示されている資料としては、停電時に稼働できる血管撮影装置の台数および各モダリティの台数、IVR施行中に発生した停電の状況、停電時の装置故障の発生件数、装置復旧マニュアルおよ

ARAI Kazumasa^{1)*}, OTA Joji²⁾,
SUZUKI Hiroaki³⁾, MORISHIMA Yoshiaki⁴⁾,
SATO Hisaya⁵⁾, ISHIKAWA Eiji⁶⁾

1) Department of Radiology, Japanese Red Cross Wakayama Medical Center

2) Department of Radiology, Chiba University Hospital

3) Department of Radiology, The Jikei University Kashiwa Hospital

4) Department of Radiology, Tohoku Medical and Pharmaceutical University Wakabayashi Hospital

5) Department of Radiology, Showa University Fujigaoka Hospital

6) Department of Radiology, Yokohama City University Hospital

* E-mail: eikiaina3@jcom.zaq.ne.jp

Received December 15, 2023; accepted July 2, 2024

び患者対応マニュアルの施設保有状況についての詳細な情報が不足している。

われわれ研究班は、装置の停電対策の向上に関する基本的な情報を提供するために、各モダリティと命に関わる手術手技を伴う血管撮影装置の停電対応に関連する災害対応の実態調査を実施した。

1. 方法

1-1 調査方法

全国の医療機関600施設に対して、Web上でGoogleフォームを使用してアンケート調査を施行した。当該研究への利用における説明と同意は、Googleフォームで回答を得ている。調査期間は2021年10月1日から2022年8月30日までとした。

1-2 調査項目

調査内容は、以下の項目について調査した。

- ① 属性情報（所在する地域、病床数、災害拠点病院機能の有無）
- ② 各モダリティの保有台数
調査モダリティは、血管撮影装置、CT装置、一般撮影装置、MR装置、X線TV装置、放射線治療装置、核医学装置の7分類とした。
- ③ 非常用電源でのモダリティごとの稼働台数
- ④ 非常用電源での情報系システムの稼働台数

調査システムは、電子カルテシステム（HIS）、放射線情報システム（RIS）、医用画像管理システム（PACS）、医用動画管理システム、放射線読影レポートシステム、医事会計システムの6分類とした。

- ⑤ 停電時におけるシステム障害の発生件数
- ⑥ システム障害の発生内容
- ⑦ IVR施行中の停電件数
- ⑧ IVRにおける停電発生時の患者対応の状況
- ⑨ IVRにおける停電発生時の院内の対応方法
- ⑩ 停電発生時の装置復旧マニュアルの保有状況
- ⑪ 停電発生時の患者対応マニュアルの保有状況
- ⑫ IVR施行時の停電対応訓練の実施状況

1-3 解析方法

解析方法は、回答結果から血管撮影室を設置している施設を抽出し、それに関する解析を実施することとした。

- ① モダリティごとの区分の調査については、それぞれ

医療機関数とモダリティ数を分母として割合（%）を示した。

- ② モダリティごとの区分に関係のない設問に関しては、施設の有効回答数を分母として割合（%）を示した。
- ③ 調査項目ごとの分類を以下に示す。自家発電時に稼働するモダリティ別の医療施設割合についての分類は、一台も稼働できない施設、一台から半数未満が稼働できる施設、半数以上から全数未満が稼働できる施設、全数稼働できる施設の4分類とした。
- ④ 自家発電時に稼働する医療系情報システムの医療施設割合の分類は、医療系情報システムを全ての撮影室で使用できない施設、一部の撮影室で使用できない施設、全ての撮影室で利用できる施設の3分類とした。
- ⑤ 血管撮影・IVR施行中に停電が発生した血管撮影室における患者対応についての医療施設割合の分類は、医療施設自家発電の作動後に手技を再開した施設、通常電源が復旧後に手技を再開した施設、手技を中止した施設の3分類とした。
- ⑥ 停電発生時の応急対策本部の設置状況の医療施設割合の分類は、停電対策本部が設置される施設、停電対策本部が設置されない施設、災害時対策委員会へ準じて設置される施設、対応が不明の施設の4分類とした。
- ⑦ 血管撮影・IVR施行中の停電発生に対して対応訓練を実施している医療施設割合の分類は、訓練を年単位で定期的に行っている施設、訓練を不定期に行っている施設、災害訓練として行っている施設、訓練を行っていない施設の4分類とした。

1-4 倫理的手続き

本調査研究の倫理的手続きは、2021年9月に東京慈恵会医科大学附属病院の東京慈恵会医科大学倫理委員会により臨床研究倫理審査の承認を得た（承認番号33-221：10838）。

2. 結果

2-1 基本情報

2-1-1 アンケート回答率

血管撮影装置保有施設の回答は228施設で、保有率は38%（228/600）であった。

Table 1 Attribute information of medical institutions.

a) Number of hospital beds. b) Regional ratio of medical institutions.
c) Number of disaster base hospitals.

a) Number of hospital beds	N (%)	b) Regional ratio of medical institutions	N (%)
≥ 600 beds	75 (33%)	Hokkaido / Tohoku regions	57 (25%)
300-599 beds	106 (46%)	Kanto region	57 (25%)
< 300 beds	47 (21%)	Chubu region	36 (16%)
		Kinki region	30 (13%)
c) Number of disaster base hospitals	N (%)	Chugoku / Shikoku regions	22 (10%)
Disaster base hospitals	172 (75%)	Kyushu / Okinawa regions	26 (11%)
Non-disaster base hospital	56 (25%)		

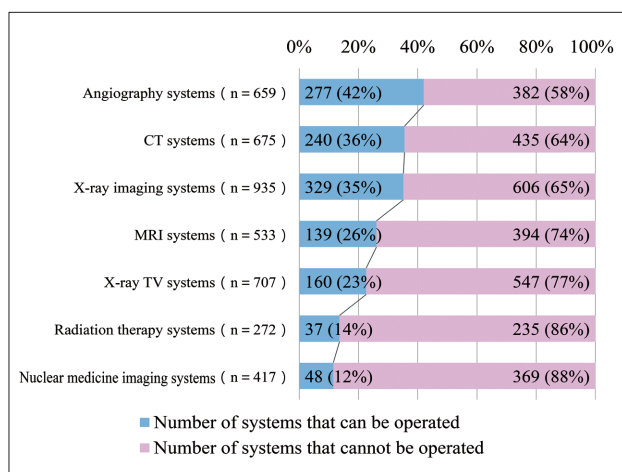


Fig.1 Percentage of units by modality operating during on-site power generation.

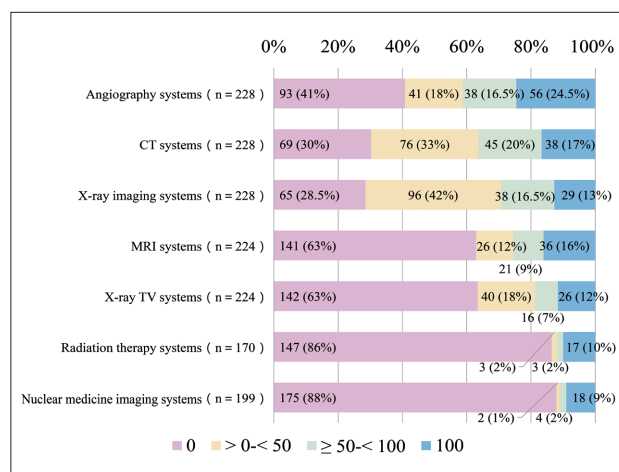


Fig.2 Percentage of medical facilities by modality operating during on-site power generation.

2-1-2 医療機関の属性情報

医療機関の属性情報を Table 1 に示す。病床数については、300床未満の施設から600床以上の施設まで回答が得られていた。回答の地域分布については、全国各地域から回答が得られた。災害拠点病院の回答率は75% (172/228) と高かった。

2-2 停電時のモダリティ稼働状況

2-2-1 自家発電時に稼働するモダリティ別の台数割合

自家発電時に稼働するモダリティ別の台数割合を Fig.1 に示す。自家発電時に稼働できるモダリティの中で、血管撮影装置が277台：42%、CT装置が240台：36%、一般撮影装置が329台：35%の順で稼働割合が高いことが示された。一方、MR装置 (139台：26%) とX線TV装置 (160台：23%) は稼働割合がやや低い。さらに放射線治療装置 (37台：14%) と核医学装置 (48台：12%) の稼働割合が低い結果が示された。

2-2-2 自家発電時に稼働するモダリティ別の医療施設割合

自家発電時に稼働するモダリティ別の医療施設割合を Fig.2 に示す。

血管撮影装置に関しては、保有装置台数の半数以上を自家発電で稼働できる施設 (94施設：41%) の割合が高いことが示された。また全ての血管撮影装置を自家発電で稼働できる施設は56施設：24.5%であった。一台も稼働できない施設の割合は93施設：41%であった。

他のモダリティにおいては、1台でも自家発電で稼働できる視点から見ると、一般撮影装置 (163施設：71.5%) とCT装置 (159施設：70%) が稼働できる割合が高いことが示されている。一方、MR装置 (141施設：63%) とX線TV装置 (142施設：63%) は、63%の施設が一台も自家発電で稼働できないことが示された。さらに放射線治療装置が147施設：86%、核医学装置が175施設：88%で自家発電で稼働できない状態である。

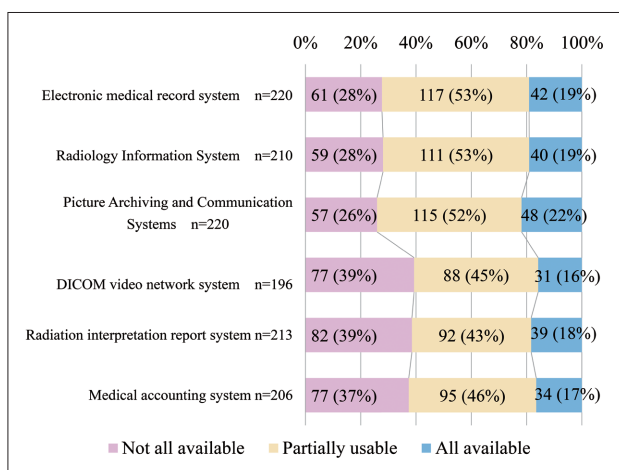


Fig.3 Percentage of medical facilities with medical information systems that are operated during on-site power generation.

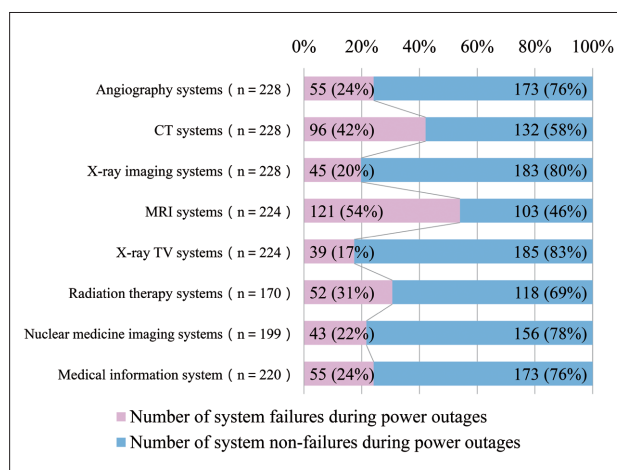


Fig.4 Percentage of medical facilities experiencing failures by modality during power outages.

2-2-3 自家発電時に稼働する医療系情報システム別の医療施設割合

自家発電時に稼働する医療系情報システム別の医療施設割合をFig.3に示す。

一部の撮影室で利用できる施設と全ての撮影室で利用できる施設を合わせてみると、電子カルテシステムが159施設：72%，放射線情報システムが151施設：72%，医用画像管理システムが163施設：74%，医用動画管理システムが119施設：61%，放射線読影レポートシステムが131施設：61%，医事会計システムが129施設：63%の割合で自家発電により稼働することが示されている。医療系情報システムは、イメージングモダリティより自家発電での稼働割合が高いことが示された。

2-3 停電発生時のモダリティ障害

2-3-1 停電時のモダリティ別障害発生時の医療施設割合

停電時のモダリティ別障害発生時の医療施設割合をFig.4に示す。停電時にモダリティ障害が発生する割合は、MR装置が121施設：54%，CT装置が96施設：42%，放射線治療装置が52施設：31%，血管造影装置が55施設：24%，核医学装置が43施設：22%，一般撮影装置が45施設：20%，X線TV装置が39施設：17%の順に多く、障害は全てのモダリティで発生している。また医療情報システムの障害発生割合は55施設：24%であった。

2-3-2 停電時のモダリティ障害の要因

停電時のモダリティ障害の要因をFig.5に示す。停

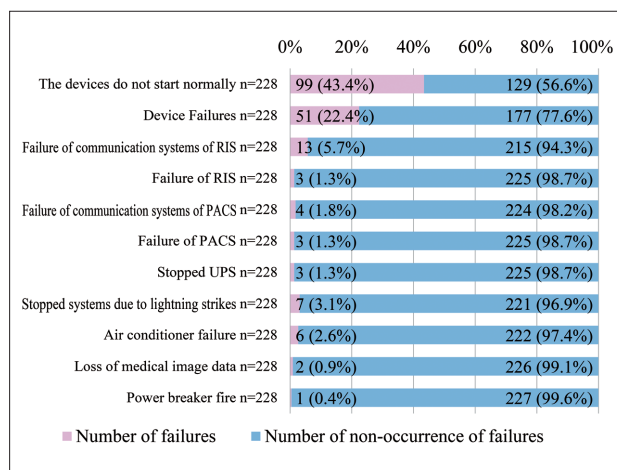


Fig.5 Factors Contributing to Modality Failures During Power Outages.

電時のモダリティ障害の要因は、「装置が正常に起動しない」が最も多く、99施設：43.4%であった。次いで「装置の故障」が51施設：22.4%，その次に「放射線情報システムとの通信障害」が13施設：5.7%であった。少数だが「画像データの消失」が2施設：0.9%や、火災の可能性がある「電源ブレーカーの発火」が1施設：0.4%などの危険な報告も示された。

2-4 手技中の停電発生

2-4-1 血管撮影・IVR施行中に停電が発生した医療施設割合

血管撮影・IVR施行中に停電が発生した医療施設の割合をFig.6に示す。血管撮影・IVR施行中に停電が発生した医療施設の割合は、60施設：26%であることが示された。

2-4-2 停電発生時における血管撮影室の患者対応

血管撮影・IVR施行中に停電が発生した血管撮影室における、患者対応についての医療施設割合をFig.7に示す。

医療施設の自家発電が作動後に手技を再開した施設は24施設：40%、通常電源が復旧後に手技を再開し

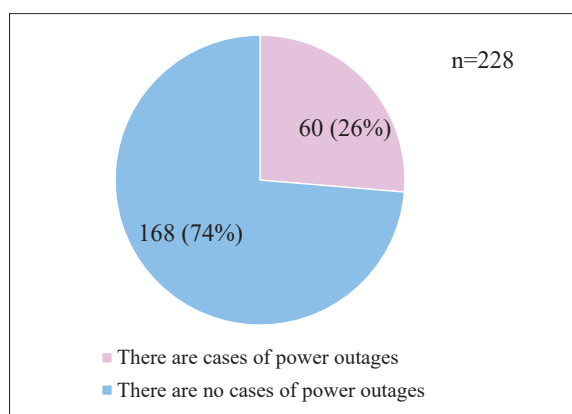


Fig.6 Percentage of medical facilities where power outages occurred during angiography/IVR.

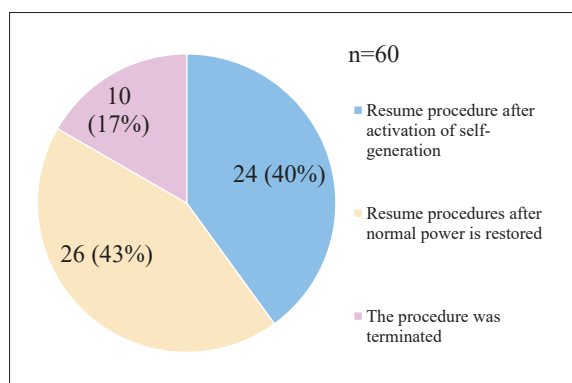


Fig.7 Percentage of medical facilities responding to patients in the angiography room during a power outage.

た施設は26施設：43%、手技を中止した施設は10施設：17%であり、手技中停電を経験した50施設：83%の施設は手技を完遂できている。一方で、10施設：17%の施設が手技を中止している。

2-5 停電発生時の施設体制

2-5-1 停電発生時の応急対策本部の設置状況

停電発生時の応急対策本部の設置状況の医療施設割合をFig.8に示す。

停電対策本部が設置される施設は128施設：56%、停電対策本部が設置されない施設は82施設：36%、災害時対策委員会へ準じて設置される施設は15施設：7%、不明な施設は3施設：1%であった。約60%の施設で停電発生時に応急対策本部が設置されている。

2-5-2 停電時対応マニュアルの施設保有状況

停電時対応マニュアルの施設保有状況をTable 2に示す。a) 装置復旧マニュアルの施設保有状況は、全て

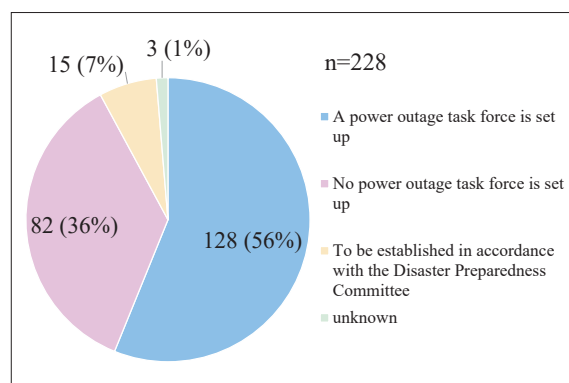


Fig.8 Establishment of emergency response headquarters in the event of a power outage.

Table 2 Possession of power outage response manuals.

a) Institutional possession of equipment recovery manuals.

b) Institutional possession of patient response manuals.

Equipment classifications	a) Institutional possession of equipment recovery manuals	b) Institutional possession of patient response manuals
	N (%)	N (%)
Angiography systems (n = 228)	187 (82%)	95 (42%)
CT systems (n = 228)	201 (88%)	104 (46%)
X-ray imaging systems (n = 228)	170 (75%)	93 (41%)
MRI systems (n = 224)	208 (93%)	123 (55%)
X-ray TV systems (n = 224)	169 (75%)	85 (38%)
Radiation therapy systems (n = 170)	143 (84%)	84 (49%)
Nuclear medicine imaging systems (n = 199)	157 (79%)	79 (40%)

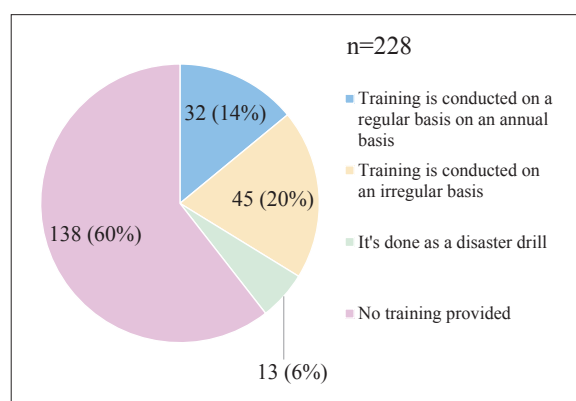


Fig.9 Percentage of medical facilities that conduct training in response to power outages during angiography and IVR.

のモダリティで75%以上の施設で保有しており、装置の停電時対策は準備されていることが示されている。一方で、b) 患者対応マニュアルの保有率は平均して45%程度あり、装置の停電時対策と比較して準備されていないことが示されている。

2-5-3 手技中の停電発生に対して対応訓練を実施している医療施設割合

血管撮影・IVR施行中の停電発生に対して対応訓練を実施している医療施設の割合をFig.9に示す。

訓練を年単位で定期的に行っている施設は32施設：14%、訓練を不定期に行っている施設は45施設：20%、災害訓練として行っている施設は13施設：6%、訓練を行っていない施設は138施設：60%であった。訓練を実施していない施設の方が多い結果が示された。

3. 考 察

3-1 停電時のモダリティ稼働状況

電源供給は病院機能の維持に不可欠である。日本医療・病院管理学会による医療施設の災害対応準備状況の全国調査結果によれば、血管撮影装置が稼働しない施設は46%であり、今回の調査結果の41%と近似している⁴⁾。また厚生労働省は、大規模病院である「災害拠点病院」に対して非常用発電機の容量を通常時の60%程度と指定しているが、具体的な指定要件がないため、停電時に稼働できる血管撮影装置台数も全体の42%にとどまっている⁵⁾。

血管撮影装置において、非常用電源の確保の有無は

治療の完遂・中止の要因に直結する。このため診療放射線技師には、医師、メディカルスタッフと協力して血管撮影装置の電源確保について、施設整備と合わせて検討することが望まれる。

3-2 停電発生時の血管撮影装置の障害発生

停電時に血管撮影装置のシステム障害が発生すると、IVRの継続に大きな障害が生じる。先行文献においても、大地震後に個々の心血管疾患（CVD）が短期的に増加することが報告されており、事業継続の重要性は明白である⁶⁾。従って血管撮影装置は非常用電源に接続され、治療を確実に完遂できるような体制を整えておくことが望ましい。本調査の結果からも、24%の施設で血管撮影装置のシステム障害が発生している。モダリティ障害発生要因の調査結果から、停電が起きると装置が正常起動しないことが多いと推察される。瞬停電によっても装置停止が発生することがある。このため施設で非常用電源設備の見直しを瞬停電対策も含めて検討する必要性は高い。今回の調査では、機器の導入年数や建物の制限、建築年数まで検討できていない。

3-3 血管撮影装置に係る停電発生時の医療系情報システム

IVRを実施する際には、電子カルテやRISを使用し、患者基本情報、血液検査結果、過去画像の参照、薬剤の使用記録の情報を取得している。また治療の実施記録、X線の照射記録、使用デバイスの会計記録、看護記録など多くの記録に使用されている。今回の調査では、停電時に電子カルテとRISが28%の施設で使用できない結果であり、医療系情報システムの電源整備も推進することが望ましい。

3-4 血管撮影装置に係る停電発生時の施設体制

今回の結果から、患者への対応マニュアルについては、全体平均で44%と保有割合が低い結果となっている。IVR手技中の停電時対応には、特に患者対応のマニュアル整備と訓練が大切であると考えられる。また停電の対応訓練に関しては、訓練を実施していない施設が60%もある。IVR中の中止・継続の判断には、医師・看護師・メディカルスタッフの連携が重要となるため、指揮命令システムを整備する上でも各施設で訓練の実施を推進する必要がある。

今回の調査では、停電発生による装置停止から装置の復旧までのシステム停止時間の詳細が調査されてい

ないため、実態把握には限界がある。システム停止時間は、手技の継続または中止の判断に影響する要因となる可能性があるため、今後の調査項目として検討の余地がある。また調査結果からは、災害拠点病院が75%という割合であり、災害拠点病院以外の回答が増えた場合、電源確保の状況やマニュアル保有率などの結果が下がる可能性があることが推察される。

4. 結 論

今回の調査により、治療の中止が発生していることから血管撮影装置への電源供給は不十分であると考えられる。血管撮影装置への電源供給は、施設整備と合わせて推進することが推奨される。また患者対応マニュアルの整備や災害訓練の実施も推進すべきである。

5. 利益相反

本研究に対して開示すべき利益相反事項はない。

謝 辞

大変お忙しい中、本調査研究のアンケート調査にご協力いただいた全国病院施設の皆さま、研究にご協力いただいた循環器画像技術研究会の皆さま、川崎達哉さま、またご助言いただきました東北大学大学院医学系研究科の千田浩一先生および千葉大学医学部附属病院の横田元先生に心より感謝申し上げます。

表の説明

Table 1	医療機関の属性情報：a) 病床数 b) 地域割合 c) 災害拠点病院の割合。
Table 2	停電時対応マニュアルの保有状況：a) 装置復旧マニュアルの施設保有状況 b) 患者対応マニュアルの施設保有状況。

図の説明

- Fig.1 自家発電時に稼働するモダリティ別の台数割合。
- Fig.2 自家発電時に稼働するモダリティ別の医療施設割合。
- Fig.3 自家発電時に稼働する医療系情報システム別の医療施設割合。
- Fig.4 停電時のモダリティ別障害発生率の医療施設割合。
- Fig.5 停電時のモダリティ障害の要因。
- Fig.6 血管撮影・IVR施行中に停電が発生した医療施設割合。
- Fig.7 停電発生時における血管撮影室の患者対応についての医療施設割合。
- Fig.8 停電発生時の応急対策本部の設置状況。
- Fig.9 血管撮影・IVR施行中の停電発生対応訓練を実施している医療施設割合。

参考文献

- 1) 国土交通省 編：第1章 第1節 我が国を取り巻く環境変化、国土交通白書2020、24-29、2020。
<https://www.mlit.go.jp/hakusyo/mlit/r01/hakusho/r02/html/n1115000.html> (Accessed 2023.8.1)
- 2) 鈴木保之、他：東日本大震災における手術・手術室への影響、日本医療マネジメント学会雑誌、Vol.14、No.4、189-196、2014。
https://www.jstage.jst.go.jp/article/jhm/14/4/14_189/_pdf/-char/ja (Accessed 2023.8.1)
- 3) 厚生労働省医政局長：災害拠点病院指定要件の一部改正について、医政発0228第1号 令和5年2月28日、2023。
<https://www.mhlw.go.jp/content/10800000/001064197.pdf> (Accessed 2023.8.1)
- 4) 福田幾夫、他：医療施設の災害対応準備状況の全国調査結果：インフラストラクチャの災害対応整備状況、日本医療・病院管理学会誌、Vol.59、No.3、110-119、2022。
https://www.jstage.jst.go.jp/article/jsha/59/3/59_590303/_article/-char/ja/ (Accessed 2023.8.1)
- 5) 一般社団法人 東京都病院協会：災害等非常時における病院の電源確保に関する現況調査とこれに基づく課題の整理と対策の方向について、東京都医師会調査研究委託事業事業報告書、7-14、2020。
<https://tha.or.jp/user/news/338/n5lzf59zhk68bax8kkpi1s2m24c9ovx.pdf> (Accessed 2023.8.1)
- 6) Aoki T, et al.: The Great East Japan Earthquake Disaster and cardiovascular diseases. Eur Heart J, 33, 2796-2803, 2012。
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22930461/> (Accessed 2023.8.1)