

雑誌

発表者氏名	論文タイトル名	発表誌名	巻号	ページ	出版年
小山耕太郎	東日本大震災に対応した日本超音波診断装置の緊急配置について：岩手県の対応を振り返る。	日本遠隔医療学会雑誌	43(1)	61-74	2016
小山耕太郎	緊急時に備えて。	心臓病の子どもを守る会 編 心臓病児の幸せのために		in press	
発表者氏名	論文タイトル名	発表誌名	巻号	ページ	出版年
小山耕太郎、高橋 信、早田 航、松本 敦、中野 智、那須友里恵、千田勝一、猪飼秋夫、横田暁史、柴田紀正、仁平隆昭。	小児循環器疾患から始まる少子超高齢化社会と大規模災害に対応した地域医療情報連携。	日本小児循環器学会雑誌		in press	
小山耕太郎、石川 健、千田勝一、小笠原邦昭、赤坂俊英、江原 茂、田中良一、石垣 泰、森野楨浩、小川彰。	少子超高齢化社会と大規模災害に対応した広域地域医療情報連携ネットワークシステム。	日本遠隔医療学会雑誌		in press	
櫻井英一、高橋和宏、渡部大輔、赤坂俊英、小野寺好広、小山耕太郎。	岩手県における皮膚科遠隔診療システムの試み～陸前高田と盛岡を結んで。	日本皮膚科学会雑誌		in press	

VI. 研究成果の刊行物・別刷

東日本大震災に対応した日本超音波医学会による超音波診断装置の緊急配備について：岩手県の対応を振り返る

小山耕太郎

抄 録

東日本大震災の直後、日本超音波医学会は岩手県に超音波診断装置を貸与しました。超音波診断装置メーカーも装置を寄贈し、貸与、寄贈、合わせて25台の超音波診断装置が、発災後初期には沿岸地域の避難所や仮設の病院、診療所での診療とボランティアによる深部静脈血栓症スクリーニングに、中期以降には被災医療機関の再建に利用されました。

この震災の特徴は、特に岩手県においては、従来から医療資源に乏しい沿岸地域における津波による人的、物的被害とライフラインの喪失でした。岩手県の人的被害は、死者5,115人、行方不明者1,132人、負傷者211人で、injury-to-death ratioは0.04と、死者数に比べ傷病者数が著しく少なく、津波による人的被害の特徴を如実に示していますが、通信の途絶のため、当初、被災の実態は明らかではありませんでした。発災後1ヵ月間に心不全や心臓突然死、脳梗塞の発症が有意に増加し、医療機関と物流の障害から、ST上昇型心筋梗塞の患者に対する経皮的冠動脈インターベンションの施行率が有意に減少し、院内死亡率が上昇しました。

私たちは、装置の適切な運用と一貫した管理のために、学会本部や岩手県、いわて災害医療支援ネットワーク、メーカーや代理店、実際に装置を利用される先生方と緊密に連携しました。連携には電子メールと携帯電話が重要な役割を果たしました。将来の大災害に備え、多様な通信手段、輸送手段が選択できる環境整備が必要です。支援物資の調達から現地での運用、復旧後の回収まで、学会と企業と被災地を結んだ医療機器の支援体制の構築が重要です。

Deployment of portable ultrasound machines to Great East Japan Earthquake-Stricken Area by the Japan Society of Ultrasonics in Medicine: lessons learned from Iwate Prefecture

Kotaro OYAMA

Abstract

In response to the Great East Japan Earthquake, the Japan Society of Ultrasonics in Medicine (JSUM) deployed portable ultrasound machines to the three most seriously devastated prefectures in the northeastern region of Japan: Fukushima, Miyagi, and Iwate. Twenty-five portable ultrasound machines were loaned or donated to Iwate Prefecture.

In Iwate Prefecture, the medically underserved coast area was hit by a record-breaking tsunami; 5,115 people were confirmed dead, 1,132 remain missing, and 211 were injured, indicating a remarkably low injury-to-death ratio (0.04). At first, the impact of the tsunami on the healthcare system was underestimated as a result of the shutdown of the telecommunication networks. There were significant increases in the occurrence of acute decompensated heart failure, sudden cardiac and unexpected death, and cerebral infarction during the initial 30 days after the disaster. Due to disruptions at hospitals and in distribution systems, the rate of percutaneous coronary intervention decreased and in-hospital mortality increased in patients with ST-elevation myocardial infarction.

In the initial phase, deployed machines were used by local physicians at evacuation shelters and temporary hospitals or clinics, and by volunteer medical teams for DVT screening of the refugees. After 30 days, the machines were utilized to replace those damaged at hospitals and clinics in the coastal area.

In order to realize proper operation and consistent management of the machines, we directly communicated with members at JSUM headquarters, Iwate prefecture government officials, Iwate Disaster Medical Support Network officials, ultrasound machine companies and their agencies, and local physicians who requested the machines. E-mail and cellular phones were irreplaceable in these communications.

We need to develop resilient telecommunication and distribution networks to prepare against massive disasters in the near future. It is important that medical societies and industry work together to build logistics for supporting devastated regions.

Jpn J Med Ultrasonics 2016; 43: 61-74

Keywords

Great East Japan Earthquake, tsunami, portable ultrasound machine, telecommunication, logistics

岩手医科大学医学部小児科学講座

Department of Pediatrics, Iwate Medical University School of Medicine, 19-1 Uchimaru, Morioka, Iwate 020-8505, Japan

Received on September 24, 2015; Accepted on October 6, 2015 J-STAGE. Advanced published. date: December 21, 2015

1. はじめに

平成 23 年 3 月 11 日に発生した東日本大震災の直後、日本超音波医学会は岩手県に超音波診断装置を貸与しました。超音波診断装置メーカーも装置を寄贈し、貸与、寄贈、合わせて 25 台の超音波診断装置が、発災後初期には沿岸地域の避難所や病院、診療所での診療とボランティアの方々による深部静脈血栓症スクリーニングに、中期以降には被災医療機関の再建に利用されました。私は、日本超音波医学会の岩手担当窓口としてこれに関与いたしましたので、ご報告申し上げます¹⁾。

東日本大震災の特徴は、特に岩手県においては、従来から医療資源に乏しい沿岸地域における大津波による人的、物的被害とライフラインの喪失でした。しかし、直後には、通信の途絶から、大きな被災を受けた地域ほど被害状況の情報収集が難しく、情報の発信もできませんでした。一方、県庁所在地ではあっても内陸にある盛岡では沿岸地域の被害の実態が分からず、衛星携帯電話で話すか、直接現地を訪れる以外に方法はありませんでした²⁾。

震災直後、私は盛岡にある岩手医科大学において勤務を続けながら、大学が現地に派遣した複数の医療支援チームが持ち帰る情報と、限られた機会ながら直接自分の目で見た被災地の様子を主に電子メールで学会本部に報告しました。以下に掲げる私によるメール配信の時刻は、私の当時の PC の時刻設定のままであり、多少の誤差があった可能性がありますことをあらかじめお断りしておきます。

2. 初期対応：発災後 10 日まで

本事業は、平成 23 年 3 月 15 日に、(当時) 日本超音波医学会理事長 香川大学 千田彰一先生が学会員に向けて緊急メッセージ「会員の皆様には、現地の方々のご苦勞を共有しあっていただくとともに、要請があれば前向きに対応いただきますよう切にお願いしたく存じます。」を配信したことに始まります。これに応じて、翌 3 月 16 日、福島県立医科大学 高野真澄先生が、被災地への携帯型超音波診断装置(ポータブルエコー)の調達をお願いしました。

この日、私は、沿岸部ではあるものの高台にあって被災を免れた気仙医療圏の災害拠点病院、県立大船渡病院で支援にあたり、同院に管理をお願いしていた重症小児心疾患患者のドクターヘリによる内陸搬送の手配を衛星携帯電話等でしました。また、避難生活をする患者に同院に代わって内陸から処方箋を発行する可能性を考慮し、非常用電源によって作動していた電子カルテから通院中の患者の薬剤情報を入手していました。さらに大船渡市役所において保健師から地域の子どもの被災と避難に関する情報を収集し、夜になって盛岡に戻ったところで高野先生のメールに気づき、学会に対して、岩手へのポータブルエコーの貸出を依頼しました(Fig. 1)。

3 月 18 日朝、学会からの貸与ポータブルエコー第 1 便 3 台が、花巻空港に到着しました。当初、前日の 3 月 17 日午後の便に積み込まれる予定でしたが、花巻空港の天候が雪になるかもしれないことが

2011 / 03 / 16 19 : 36

山本先生、竹中先生、高野先生、西條先生、大場様、皆さま

岩手医大の小山です。

大船渡地区の応援に出かけており、返信が遅くなりました。お申し出はたいへんありがとうございます。

岩手医大では沿岸各地の避難所へ診療班を派遣しております。ポータブルエコーがあればどんなに助かるかわかりません。

岩手医大への搬送法をどうするのがいいか、東京から岩手へ向かうチームを至急確認してご連絡申し上げますので、是非届けていただければと思います。数は多ければ多いほど助かります。

どうかご検討下さいますようお願い申し上げます。

小山耕太郎

Fig. 1 岩手医大から配信した最初の電子メール

山本先生：(当時) 日本超音波医学会幹事 大阪大学 山本一博先生、竹中先生：(当時) 日本超音波医学会副理事長 東京大学 竹中克先生、高野先生：福島県立医科大学 高野真澄先生、西條先生：東北大学 西條芳文先生

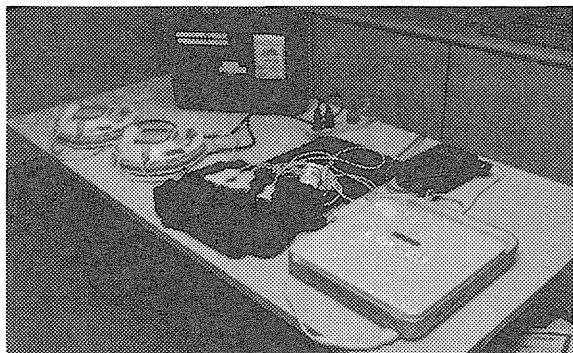


Fig. 2 2011/03/18 超音波診断装置の第1便盛岡着。岩手医大附属病院循環器医療センターの超音波検査士が装置の状態や動作等の確認と充電を行った

ら、燃料の積み込みが優先として、直前に積荷からはずされ、半日遅れの到着となったのでした。3台のポータブルエコーのうち2台は災害医療現場や在宅診療等で多用される単純ながら堅牢な機種、1台は検査室での精密検査にも利用可能な高規格機種でした。依頼から2日も経たずに装置が岩手に届いたのは、ひとえに学会事務局やメーカー、代理店、JAL、岩手医大事務職員など、多くの方々の連携のたまものでした。装置は、岩手医大附属病院循環器医療センターの超音波検査士が、状態や動作等の確認と充電を行うことにしました (Fig. 2, 3)。

2011 / 03 / 17 20 : 27

永見様、荻原様、大場様、山本先生、皆様

皆さまから献身的なご助力をいただいておりますこと、お礼のことばもありません。

永見様、JALへ対応いただき、本当にありがとうございます。

明朝6:50羽田発、8:00花巻着の便で届けていただけるものと思います。花巻空港にはこちらから受け取りに参ります。明日は岩手医大に持ち帰り、バッテリーや動作を確認した上で、明後日の診療から使用させていただくつもりです。医療班のなかには超音波診断装置に不慣れなスタッフもおりますので、医療班が持ち帰る装置の管理に、私と循環器医療センターの超音波検査士が関与することになります。

3台の稼動状況をみたくうえて、追加のお願い等、させていただければと存じます。

どうぞよろしくお願いたします。

小山耕太郎

2011 / 03 / 18 17 : 15

山本先生、竹中先生

たいへんお世話になっております。覚張さん、大場さん、荻原さん、先ほどは電話でのご助言ありがとうございました。

本日受領いたしましたシーメンス2台とフィリップス1台、ただいま動作確認と再充電を終えました。3台とも正常に機能しています。

明朝避難所に出発する岩手医大医療班5チームのうち、3チームに携帯させます。ただしフィリップスのCX50につきましては、循環器または消化器の超音波専門医がいる班に携帯させることにいたしました。もし、今後、ご貸与いただける台数が増えるような状況になりましたら、さらに2台を岩手医大向けにお願いできれば幸甚に存じます。

どうぞよろしくお願いたします。

小山耕太郎

Fig. 3 超音波診断装置の第1便に関する電子メール。依頼から2日も経たずに3台の装置が岩手に到着した。永見氏：日本超音波医学会事務局 永見哲男氏

翌3月19日からは、岩手医大避難所診療支援チームに装置を携行してもらいましたが、支援チームからの報告では、避難所で超音波検査を要する例はほ

とんどないとのことでした。私自身も3月20日、支援チームの一員として陸前高田に入り、県立高田病院仮設診療所や周辺の避難所において医療状況の

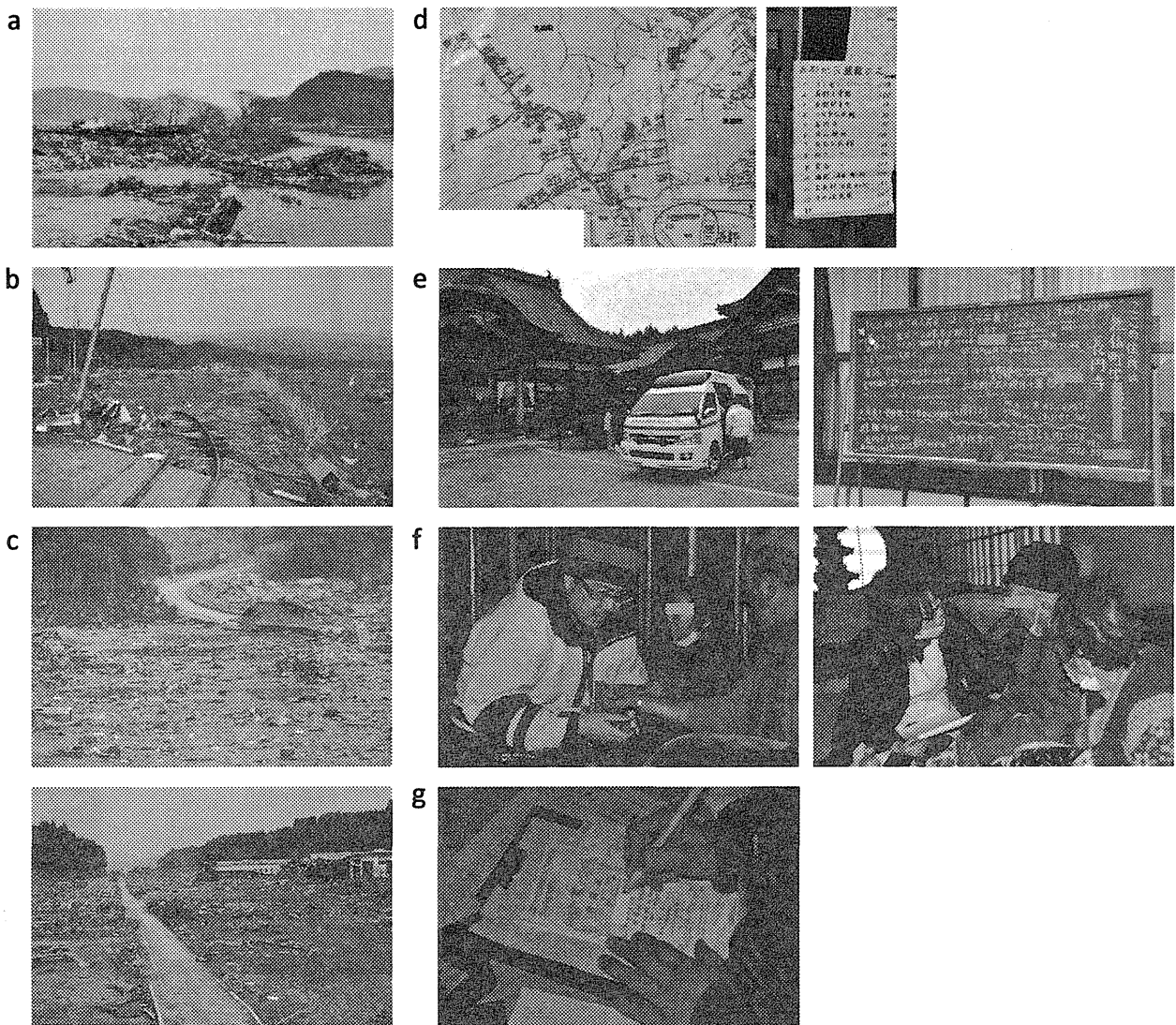


Fig. 4 a 2011/03/20 岩手県陸前高田市 JR 大船渡線竹駒駅・陸前矢作駅間鉄橋。(岩手医大画像情報センター中島久雄氏撮影)
b 2011/03/20 JR 大船渡線 陸前高田市矢作町。(岩手医大画像情報センター中島久雄氏撮影)
c 2011/03/20 陸前高田市気仙町長部。入り江ごとに津波の被害を受け、自衛隊が道路を再開通させるまで集落は孤立した。(岩手医大画像情報センター中島久雄氏撮影)
d 2011/03/20 陸前高田市気仙町長部地区避難所。県内 375 か所の避難所に一時約 5 万人の被災者がいた
e 2011/03/20 岩手医大災害医療支援チーム 陸前高田市気仙町長部 長円寺班。(岩手医大画像情報センター中島久雄氏撮影)
f 2011/03/20 岩手医大災害医療支援チーム 陸前高田市気仙町長部 長円寺班。(岩手医大画像情報センター中島久雄氏撮影)
医療を要する住民の増加は、1) 高血圧や糖尿病など慢性疾患で、特に薬が切れてしまったことによるコントロールの不良、2) 上気道炎、気管支炎、胃腸炎、インフルエンザ等感染症の広がり、3) トイレの不備や入浴できないことによる衛生面での悪化等によった
g 2011/03/20 岩手医大災害医療支援チーム 陸前高田市気仙町長部 長円寺班。(岩手医大画像情報センター中島久雄氏撮影)
避難所では、お薬手帳等から処方内容を確認するが、ジェネリックが多く、作業に手間取った。後続の支援チームによる重複投薬も心配だった

把握に努めました (Fig. 4)。そして、岩手県における被害は、大半が津波によるものであり、医療機関の多くが超音波診断装置を含むほとんどすべての医療機器を失ったこと、DMAT が引き上げた後、沿岸地域には使用できる医療機器がなくなることが分

かりました。盛岡に戻った私は、学会本部に対して、沿岸の医療機関が診療を再開するにあたっては、超音波診断装置の貸与が必要になるであろうと報告しました。(Fig. 5)

2011 / 03 / 18 19 : 22

山本先生, 竹中先生, 皆様

本日派遣したチームはまだ戻っておりませんが, 一昨日と昨日の報告では, 降圧薬, 抗凝固薬が切れたと訴える高齢者が多いようです。高血圧がコントロールできなくなったためと思われますが, 確かに一昨日から, 解離の患者が当循環器医療センターに搬送されており, 2日続けて手術を行っています。また, 脱水による影響もあるのでしょうか, 急性動脈閉塞の患者も搬送されてきております。派遣した医療チームが避難所で入院の適応と判断した例は, 近くにいる DMAT が, 一旦その地区で機能している病院に送るか, あるいは直接に, 岩手医大の救命救急センターや他の内陸の県立病院に搬送しています。循環器医療センターには, 手術適応と考えられる患者が, それらの病院を介して転送されています。それとは別に感染症 (ノロウイルスとロタウイルスによる胃腸炎とインフルエンザ) が確実に増加しています。

派遣医療チームの診療の場所は, 学校であったり, 寺であったりしています。医療チームが着いたと分かれると, 周囲の避難所から住民が一気に押し寄せると報告されています。ポータブルエコーは明日から携帯させますが, 現時点での診療は, 電力が回復していない地域で行われており, 何といてもバッテリー作動時間の長い機種がよいのではないかと考えています。電力が回復すれば, 望まれる機種が変わってくる可能性があります。明日以降の使用状況を見て, さらにご報告申し上げます。

小山耕太郎

2011 / 03 / 18 19 : 31

山本先生, 竹中先生, 皆様

追伸

肝心な搬送手段についてご報告し忘れました。

本日の経験からは, 岩手においては, 花巻空港で受け取るのがもっとも確実なように思いました。到着する便が特定できますし, 今後, ガソリンの供給が改善すれば, 花巻まで受け取りに行くのは一層容易になります。また, 大学のスタッフですから, 動きが速やかです。

佐川急便等の動きは把握しておりませんでした。

小山耕太郎

2011 / 03 / 18 21 : 03

山本先生, 竹中先生, 皆様

週末の様子をみさせていただければ幸いです。

現時点で, 岩手医大の避難所への医療班は, 来週一杯5チームで準備しています。しかし, 週末の動向をみて, 変更があるかもしれません。

先ほど述べました二次的な病態, 循環障害と感染症が, 少なくとも今後1~2週の間, 避難所における大きな課題になると思います。徐々に機能を回復していくであろう地域の病院の診療の中心が, これら多数の患者のケアになるでしょう。そして, これまで地元で基礎疾患の医療を受けていた患者が, 増加する新しい入院患者のためにその医療機関では手がまわらなくなる恐れから, 私たちのような内陸の病院に移らざるを得ないのではないかと考えています。

そのようななかで, 避難所への医療班の役割がどう変化していくのか, まだよく分からないところがあります。はっきりしませんが, 必要な場合, P10を2ないし3台, JALでお送りいただくというお願いをするかもしれません。

その際にはどうぞよろしくお願いたします。

小山耕太郎

2011 / 03 / 19 21 : 16

山本先生, 竹中先生, 皆様

たいへんお世話になっております。

本日, 大槌町と三陸町越喜来の避難所へ向かう岩手医大の医療班に, 携帯型エコーを初めて持たせました。どちらも被害が非常に大きかった地区ですが, 先ほど戻った医療班の報告によると, 避難所に救急医療を要する患者は少なく, 携帯型エコーを使用する機会はほとんどなかったようです。沿岸地域には震災直後から複数の医療班が来ていましたが, 避難所における救急医療の段階は終わりつつあるのかもしれない。

明日の岩手医大からの避難所向け医療班は, 規模を縮小して, 県南の陸前高田に向かわせることにしました。今日と同じように携帯型エコーを持たせますが, 避難所医療班とは別の用途, 例えば再開した診療所での使用なども検討してみます。

取り急ぎご報告まで。

小山耕太郎

2011 / 03 / 20 21 : 23

山本先生, 竹中先生, 皆様

たいへんお世話になっております。

本日, 陸前高田への避難所向け医療班に同行し, 先ほど盛岡に戻りました。

避難所では医療を要する住民が増えていますが, 基本的には, (1) 高血圧や糖尿病などの慢性疾患の患者さんが, 特に薬が切れてしまったことによってコントロールが不良になっている場合, (2) 上気道炎, 気管支炎, 胃腸炎, インフルエンザなどの感染症の広がり, (3) トイレの不備や入浴できないことによる衛生面での悪化, であるように感じました。携帯型エコーを用いる機会はありませんでした。

外傷の患者さんは軽症でもほとんどみられませんでした。現場の眼を覆いたくなる惨状が示す通り, この震災の被害は, 岩手県においては, 地震によるものというよりは, 大半が津波によるものといえます。津波の跡に覆い尽くされた高田町のすぐ近くに, 多数の墓石が無傷で立ち並んでいます。津波を逃れたか, 津波に飲み込まれたかが, 分かれ目であり, 津波を逃れた方々を対象とする医療であるように思います。

携帯型エコーの用途ですが, 消失した県立高田病院は, 高台にあるコミュニティーセンターに仮の診療所をつくって診療していました。そこには DMAT を中心に, 大半は自己完結型である医療班が入っており, エコーが必要な場合には, 彼らの持参した装置を使わせてもらっているとのこと。今後, 徐々に DMAT が引き上げていきますが, それは使用できる医療機器もなくなることを意味します。高田病院の他に消失した県立病院は, 大槌病院と山田病院で, これらも学校などを利用して診療を再開しています。さらに小規模の診療所でなくなったものは数えきれません。今月下旬から4月上旬にかけて, これらの施設の医療機器の手当が重要になるのではないかと思います。その際には, 今回お貸し頂いている CX 50 のような高機能の装置の用途も広がるかもしれません。これらの点について岩手県と相談して参ります。

明日も同じ陸前高田へ派遣する予定ですが, 念のため, P 10 を 2 台, 携帯させます。

週明けの追加はすぐには不要と判断しております。

以上ご報告申し上げます。

どうぞよろしくお願いたします。

小山耕太郎

Fig. 5 次第に明らかになる津波被害と医療への影響を伝える電子メール

3. 初期対応：発災後1カ月まで

3月24日、学会からのポータブルエコーの第2便6台が届き (Fig. 6)、管理上、この日から、装置は学会から「いわて災害医療支援ネットワーク」へ

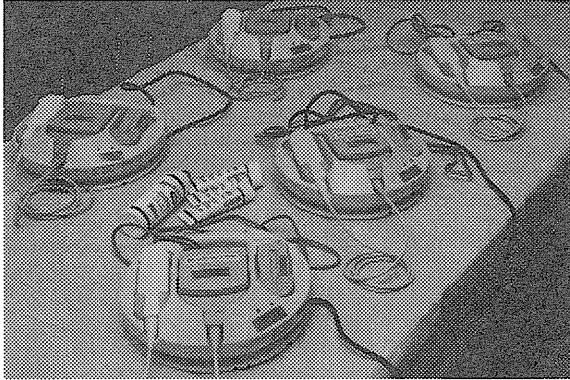


Fig. 6 2011/03/24 第2便盛岡到着。これ以降、装置は学会より「いわて災害医療支援ネットワーク」への貸与となる

の貸与となり、私が借用中の管理者となりました (Fig. 7)。いわて災害医療支援ネットワークは、DMAT撤収後の救護活動の調整や医療資源の配分等、広域にわたる被災地をすき間なくカバーした医療体制を早急に構築するために、岩手医大と岩手県保健福祉部、岩手県医療局、岩手県医師会、日本赤十字社岩手県支部、国立病院機構が中心となり設立されたもので、岩手医大附属病院 小林誠一郎院長が統括していました。その後、ネットワークには、必要に応じて、自衛隊、岩手県警察本部、岩手県消防本部、岩手県看護協会、岩手県歯科医師会等が加わり、様々な医療関係機関が共同体として災害医療にあたりました¹⁾。

沿岸避難所では、4月2日の陸前高田を始まりに、多くのボランティアの先生方による深部静脈血栓症スクリーニングが繰り返し行われ、貸与された高規格ポータブルエコーが血管用探触子を装着して使用されました。日程や会場の調整、装置の搬送等にい

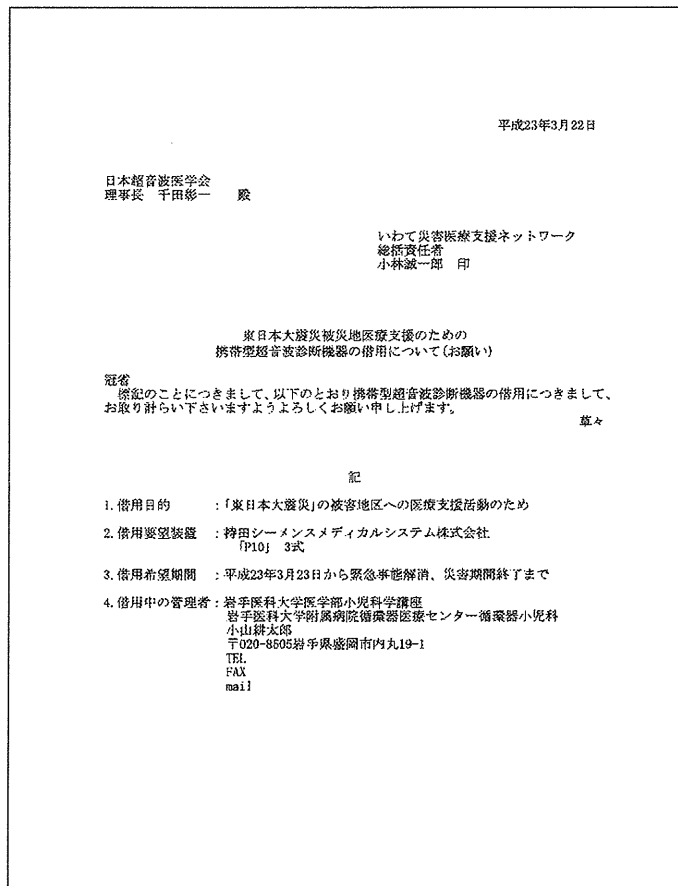


Fig. 7 「いわて災害医療支援ネットワーク」から学会への超音波診断装置の借用願いの例

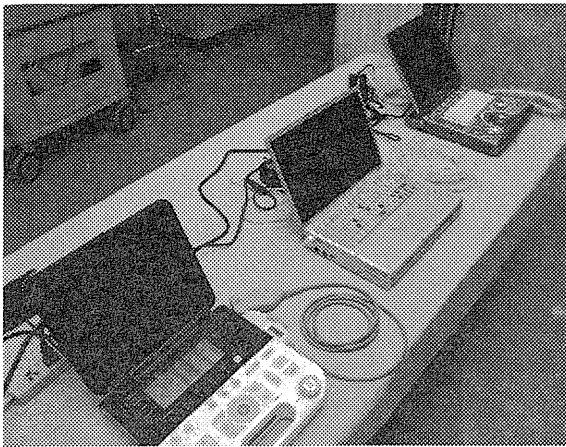


Fig. 8 2011/03/31 第3便盛岡着. DVTスクリーニング用装置



Fig. 9 a 2011/04/29 岩手県陸前高田市高寿園. 応援の先生方による避難所でのDVTスクリーニング. (岩手医大形成外科柏谷元氏撮影)
b 2011/04/29 岩手県陸前高田市サンビレッジ. 応援の先生方による避難所でのDVTスクリーニング. (岩手医大形成外科柏谷元氏撮影)

わて岩手災害医療支援ネットワークの先生方のご尽力をいただきました (Fig. 8-10).

4. 中期的支援：発災後1ヵ月以降

4月以降も高規格機種を中心に超音波診断装置の貸与が続きましたが、岩手県から、被害が特に甚大であった陸前高田市と大槌町、山田町の医療機関の復旧のために、超音波診断装置を寄贈いただけないかとの希望が寄せられました。早速学会本部にご相談

談させていただいたところ (Fig. 11), 学会を通して複数のメーカーからポータブルエコーの寄贈や、貸与から寄贈への切り替えの申し出があり、貸与10台、寄贈15台、合計25台の装置が沿岸で稼働することになりました。なお、4月18日以降、装置は「岩手県保健福祉部健康国保課」への貸与または寄贈となり、それまでと同様、私が管理者となりました (Fig. 12).

沿岸医療機関における診療再開の動向については、4月半ば以降、岩手県や岩手県医師会事務局と頻繁に連絡を取り合い、情報を共有するとともに、沿岸各保健所や岩手医大の各臨床講座の先生方からも教えていただきました。それらをもとに、県立山田病院、大槌病院、高田病院をはじめ、各診療所の先生方、さらに支援の先生方とも携帯電話で直接お話しし、ポータブルエコー貸与希望の有無、ご希望の機能や機種・探触子、お届け先、お届け時期、お届け方法等を調整しました。

病院では各診療科の用途に対応するための高規格機種のご希望が多く、診療所の先生方の多くは診療所でも往診先でも簡単に使える装置を希望されました (Fig. 13)。なかには、「自分はエコーに不慣れなので装置はいらないが、エコーが得意な〇〇先生が装置を失い困っておられるので是非助けてあげて欲しい」と話される先生もおおいでした。また、装置を調達できたからと貸与されていた装置を速やかに返却いただき、その装置を別の先生にお貸しした場合もあります。

病院や診療所へ装置を届けたのは、メーカーや代理店の社員の方々でした。施設によっては初めて使用する機種もあることから、取扱い説明もしていただきました。お届けした後も、故障や仮設診療所における電源の不安定性による不具合などに、その都度現地に赴き、対応していただきました (Fig. 14)。さらに超音波検査の参考になるように、学会員が寄贈した新刊書4冊を県立病院の検査室に届けました。

貸与された超音波診断装置は、平成23年3月18日付、医療用具業公正取引協議会よりの「平成23年度東日本大震災に伴う医療機器の無償提供及び無償貸出に関する取扱いについて」において、対象機器と認められており、貸出期間は、「災害期間」内であること、とされました (Fig. 15)。

この間、私たちは、貸与または寄贈されたポータ

2011 / 03 / 28 14 : 38

山本先生, 西條先生, 皆様

たいへんお世話になっております。

本日, お借りした P 10 3 台が, 陸前高田市の高田病院仮設診療所を中心に活動するチームに向けて送られたことをご報告申し上げます。

これとは別に, エコノミークラス症候群の診療に用いる携帯型エコーについてご助言をお願いします。

地震・津波の発生から 17 日がたちましたが, 岩手では車中泊の患者はあまりないとされる一方, 避難所生活の改善が進まないため, 今後, 避難所内でのエコノミークラス症候群の発生を心配するという声, 青森県八戸市で診療応援をした弘前大学心臓血管外科から寄せられました。明日から陸前高田市の避難所において D- ダイマーを含む血液検査が行われることになっており, 弘前大学は D- ダイマー高値の住民を中心にエコノミークラス症候群の予防等を進めようとしているようです。実際の患者数など, はっきりしたデータがあるわけではなく, 地元の岩手医大の血管グループではまだ対応を決めかねているようです。

そのような段階ですが, エコノミークラス症候群の検出に用いやすい携帯型エコーについての情報と貸し出し (当面 2 台位) が可能かどうかお教え頂ければ幸甚に存じます。なお, 現在お借りしている P 10 をこの目的で使うのは難しいというのが, P 10 を試してみた岩手医大の血管グループの話です。もし間違っていましたらお詫びします。

小山耕太郎

2011 / 03 / 28 17 : 08

西條先生, 高野先生, 皆様

早速のご助言ありがとうございました。GE の Logic e 等をお借りすることは可能でしょうか?

先ほど荻原様ともお話しさせていただきましたが, お借りしている Philips の CX 50 には血管用プローブがあり, 実際に鮮明な血管エコーを確認していますが, 避難所の巡回診療ですので, バッテリーの時間や全体の大きさから, 現時点での使用は難しいと判断しています。

小山耕太郎

2011 / 03 / 28 20 : 12

永見様

この度はたいへんご多用のなかいろいろとお力添えを賜りまして, ころよりお礼申し上げます。

携帯型超音波診断機器借用依頼書を添付ファイルでお送りいたします。ご査収下さいますようお願いいたします。依頼者を全て, 「いわて災害医療支援ネットワーク 総括責任者 小林誠一郎」に, 借用中の管理者を全て, 私, 小山耕太郎にしております。ご確認頂ければ幸いです。

小山耕太郎

2011 / 03 / 29 18 : 37

山本先生

岩手医大の小山です。

弘前大学胸部心臓血管外科の谷口先生が岩手県での診療に用いるための携帯型エコーの貸出をお願い申し上げます。

谷口先生としては第一候補に logiq e 3 台を挙げていますが, これが難しいときは, viamo または Fazone CB, SSD-C 3 CV のなかから使用可能なもの 3 台をお願いできますでしょうか。

なお, これまでと同様, 借用依頼者はいわて災害医療支援ネットワーク, 借用中の管理責任者は私, 小山としていただければ助かります。

小山耕太郎

2011 / 03 / 30 16 : 58

永井様, 皆様

早速お手配いただきありがとうございます。
明日のJALですが, 羽田発6:50と15:10のどちらになりますでしょうか。
大学から受け取りに参りますので, 決まりましたらお教えください。

谷口先生

装置の到着後, 動作の確認と充電, リスト作成を岩手医科大学循環器医療センターで行います。
金曜の午後に盛岡にお入りになるとのことですが, 装置は岩手医大でお渡しできればと思います。装置の到着時刻によっては上の作業が金曜午後までかかる可能性があります。ご承知おきいただければと思います。
また, いつから, どの避難所に向かわれるか, いわて災害医療支援ネットワークの高橋智先生とご調整いただければ幸いです。

先生の盛岡入りの日程と装置の搬送については, いわて災害医療支援ネットワークの担当者, 赤坂様にお伝えしてあります。

どうかよろしく願いいたします。

小山耕太郎

2011 / 03 / 31 19 : 08

山本先生, 永見様

たいへんお世話になっております。

ただ今, 弘前大学谷口先生用の携帯型エコー3台を確かに受領いたしました。

ご多用のなか, 迅速にご対応いただきありがとうございます。

明日午前中に動作確認と充電, リスト作成を行い, 午後には谷口先生にお渡しできると思います。

取り急ぎご報告申し上げます。

小山耕太郎

Fig. 10 DVTスクリーニング用超音波診断装置の貸与依頼と受け取りの電子メール

ブルエコーの適切な運用を目指し, 特に, ニーズと支援のミスマッチを防止すること, あるいは速やかに修正することを心がけました。第一にニーズの確認ですが, 発災直後, 交通も情報も遮断されたなかで, 毎日変化する医療現場のニーズを正確に把握することは困難でした。しかし, 岩手県や岩手県医師会, 保健所, 岩手医大等からの情報をもとに, 実際にエコーを使用される先生方からの聞き取り調査を行い, 装置の必要性の有無, お届けする装置や探触子の種類を決めることができました。第二は事業の一元的な管理であり, 学会本部やいわて災害医療支援ネットワーク, 岩手県保健福祉部健康国保課から, メーカーや代理店, そして実際に装置を利用される先生方まで, 関係各位のご協力により, 情報収集, マッチング, 搬送, アフタケアと, 一貫した体制で対応することができました。

その後, 岩手医大では, いわて災害医療支援ネットワークの経験をもとに, 県や医師会と連携した災害時医療体制モデルの確立と人材育成を目指した「災害時地域医療支援教育センター」を開設し, 支援活動に必要な超音波診断装置をはじめとする医療機器や種々の物品の備蓄を行っています。(Fig. 16)

5. 岩手県の人的被害と医療機関の被災

東日本大震災の死者は19,074人, 行方不明者は2,633人で, 死因の9割は津波による溺死でした。負傷者は6,219人(重症697人, 軽症5,337人, 程度不明185人)であり, 死者数に対する傷病者数の比(injury-to-death ratio)は0.3でした。岩手県についてみると, 死者5,115人, 行方不明者1,132人, 負傷者211人(重症4人, 軽症50人, 程度不明157人)で, injury-to-death ratioは0.04でした。阪

日本超音波医学会理事長
千田彰一先生

この度は災害の初期から、迅速かつ細やかなご配慮に満ちたご支援を頂きまして、まことにありがとうございます。おかげさまで岩手県の被災地は少しずつではありますが秩序を回復して来ています。県内では今週から学校が再開されたところが多く、久々に聞かれる子供たちの歓声が地域の再建を促してくれるものと喜んでます。岩手県の医療ですが、先にお伝えしたように、なかでも基幹となる県立病院が崩壊した陸前高田市と大槌町、山田町の3医療圏で被害が甚大です。県はこの3地域を中心として沿岸各地に仮設診療所を置き、病院や診療所を失った医師達を核にして地域医療の復旧を図りたいと考えています。その復旧過程で、超音波診断装置をはじめとする失った医療機器の回復も重要な課題となっています。そのようななかで、本日、岩手県より私に、現在学会より借用中の9台（当初お借りした6台と、後に弘前大学チーム用としてお借りした3台を合わせ、9台）について、貸与でなく、岩手県への寄贈としていただけないものかとの相談がありました。

装置の現状ですが、先に診療所に貸し出しておりましたP10の5台に加え、私の手元に預かっていたCX50を今週陸前高田市の仮設診療所に送りました。3地域のなかでも医療圏のもっとも大きかった陸前高田市ですが、他の2医療圏に比べると病院機能の回復が早く、先に配布していた携帯型エコーに加えて、より高機能の装置の依頼があったためです。弘前大学用の3装置は、明日4月23日、岩手医大循環器内科のチームが、これも陸前高田地区ですが、避難所でD-ダイマー高値であった住民のスクリーニングに使用します。

貸与頂いている装置は、Siemens Acuson P10（5台）、Philips CX50（1台）、GE LOGIQe（1台）、ALOKA Prosound C3 CV（1台）、FUJIFILM FAZONE CB（1台）です。たいへん厚かましいお願いであり、また、各社のご意向もあると存じますが、ご高配を賜りたく、お願い申し上げます。

小山耕太郎

Fig. 11 岩手県からの超音波診断装置の寄贈に関する打診を学会に報告する電子メール

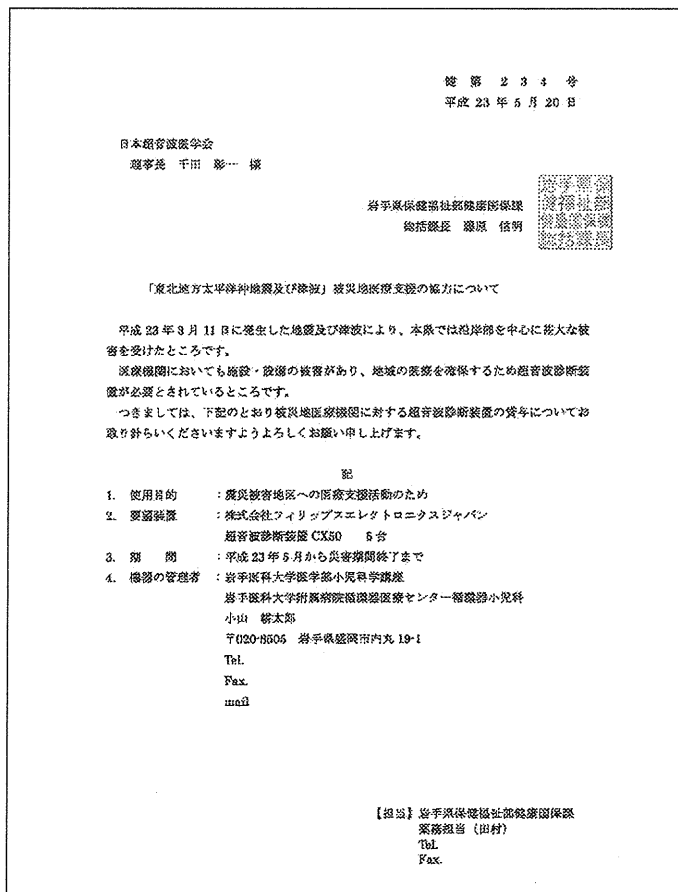


Fig. 12 岩手県保健福祉部国保課から学会への超音波診断装置借用願いの例

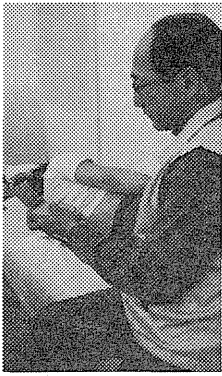


Fig. 13 病院や診療所の先生方による超音波診断装置の利用

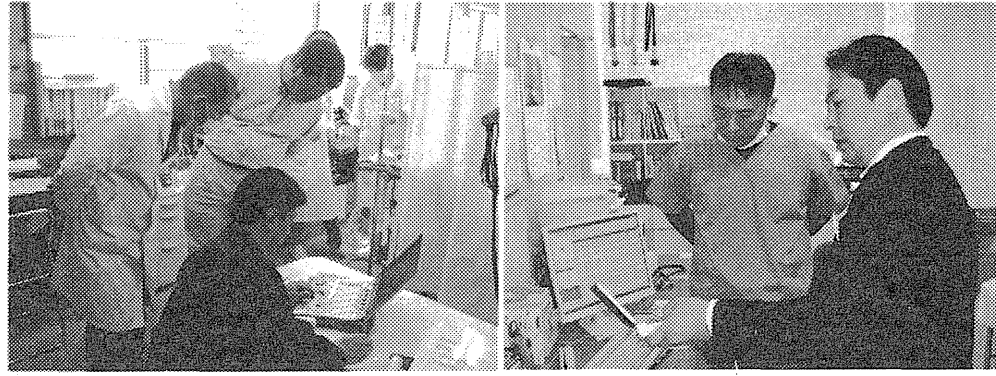


Fig. 14 「いわて災害医療支援ネットワーク」のスタッフや代理店社員等による装置の搬送とメーカー担当者による取扱い説明

(様式3)

医療用具の貸出しに関する確認書

2011年 6月 8日

貸出先 岩手県医療福祉部健康課 選定確認日 年 月 日

貸出先 岩手県医療福祉部健康課
〒100-8585 東京都千代田区千代田1-1-1 岩手銀行 6階 事務の管理 岩手県立大学900号館6階外科診療室
〒980-8577 岩手県盛岡市大町1-1-1 岩手県立大学900号館6階外科診療室

所在地 岩手県盛岡市大町1-1-1 岩手銀行 6階 事務の管理 岩手県立大学900号館6階外科診療室
〒980-8577 岩手県盛岡市大町1-1-1 岩手県立大学900号館6階外科診療室

貸出目的 デモ 臨床研修 (有償性・安全性・操作性等の確認) 緊急時・災害時対応 事故・故障対応
 研修 調査目的・学術的研究活動 納期遅延対応 その他

品名・メーカー名・規格型式	数量	使用者名/設置場所	期間	症例数
超音波診断装置 C 5-5 B C 5-1 (腹部プローブ) S 5-1 (心臓プローブ) L 1 2-3 (血管プローブ)	各 1 式	県立山田病院救急診療所 (米崎エコーセンター)	2011/6/8 ~ 災害期間終了	

●貸出し期間中の費用負担：
 1. 当該医療用具の選定 _____ 貸出し先負担 _____
 2. 送料 _____ 貸出し先負担 _____
 3. 送料・修理費 _____ 貸出し先負担 _____
 4. 送料等 _____ 貸出し先負担 _____
 5. その他修理費 _____ 貸出し先負担 _____

●貸出し期間が満了した当該医療用具は、速やかに貸出し先に返還する。

医療用具業公正取引協議会

Fig. 15 医療用具業公正取引協議会による医療用具の貸出に関する確認書の例

神・淡路大震災では injury-to-death ratio が 6.8 と、多くの傷病者が発生したのに対して、東日本大震災では死者数に比べ傷病者数が少なく、なかでも岩手県における津波による人的被害の特徴を如実に示しています^{3,4)}。

当初の予想に反して岩手医大に搬送された患者は少なく、重症例は成人と小児、どちらも津波肺でした^{1,5,6)}。津波の被災地では、発災後 1 ヶ月間に後期高齢者を中心に、心不全や心臓突然死、脳梗塞の発症が有意に増加し⁷⁻⁹⁾、心不全の発症は津波浸水域の広さや避難所の住民数と関連していました⁷⁾。また、医療機関ならびに医療物資の調達・輸送の障害から、

ST 上昇型心筋梗塞の患者に対する経皮的冠動脈インターベンションの施行率が有意に減少し、院内死亡率が上昇しました¹⁰⁾。

岩手県沿岸部の 4 つの災害拠点病院 (県立久慈病院、県立宮古病院、県立釜石病院、県立大船渡病院) は、過去の津波の教訓から、いずれも高台・内陸に新築移転されており、津波被害を免れました。超急性期から傷病者の受け入れが可能で、震災翌日から入院病床確保のため、沿岸部から内陸部の医療機関へ、小児を含む重症患者等の搬送が行われました。一方、県立山田病院、県立大槌病院、県立高田病院といった災害拠点病院以外の比較的小規模な病院や

2011 / 05 / 23 16 : 19

日本超音波医学会
千田彰一先生, 山本一博先生, 竹中 克先生
日本超音波医学会事務局
永見哲男 様

たいへんお世話になっております。災害直後から多大なご支援を学会より頂いておりますこと、厚くお礼申し上げます。また、第 84 回学術集會でご報告の機会をお与えいただけますこと、たいへん光栄に存じます。

岩手県沿岸地域の医療ですが、5 月の連休明け頃から、県南部に比べると遅れていた北部の山田地区、大槌地区でも仮設診療所での診療がようやく回復してきております。それに伴い、ご貸与いただいていたエコーも両地区への貸し出しが増えております。

先日は、GE 社から Vscan 10 台を岩手県に寄贈いただきました。各診療所、先生方への聞き取り調査をもとに 5 月 16 日から各地への送付を始めております。その際には GE 社の担当の方による使用方法の説明も行われております。また、5 月 19 日には Philips より、CX50 をさらに 5 台、日本超音波医学会を通してご貸与くださると連絡がありました。それもこれも学会のご支援のお陰とところより感謝しております。CX50 につきましては、山田、大槌、陸前高田の 3 医療圏を中心に使用させていただく方針で現在県と相談を進めております。添付いたしましたのは、岩手県から学会宛に CX50 の 5 台の貸与をお願いする申請書です。ご確認いただければ幸いです。正式には岩手県より学会事務局へ郵送にてお届けいたします。

なお、先に DVT スクリーニング用としてお借りした 3 台 (GE LOGIQe, ALOKA Prosound C3 CV, FUJIFILM FAZONE CB) も、コンベックスとセクターのプロープを各社に追加いただいたうえで、これらの地区の診療所で使用させていただいております。

以上ご報告申し上げます。

学術集會でお会いできるのを楽しみにしております。

小山耕太郎

Fig. 16 医療機関の復旧状況と学会を介して配備された超音波診断装置の利用について報告する電子メール

診療所など 57 医療機関が大きな被害を受け、医療インフラの再整備、損壊した医療機器の準備やマンパワーの確保など、多くの困難に直面しました^{1,2)}。

学会を通して岩手県へ貸与または寄贈された装置は、発災後初期には避難所を含む地域の診療に、中期以降には被害を受けた中小の医療機関の再建に重要な役割を果たしました。その後、岩手県が被災医療機関を対象とする補助制度を整備したことから、施設と医療機器に対する一定の補助金を利用することができるようになりました。平成 26 年 1 月時点で、医科 29、歯科 22 の医療機関が補助金を活用し、復旧の足がかりとしました¹⁾。医療機関の復旧に伴い、貸与されていた装置は逐次貸出終了となり、代理店を通して各メーカーに返還されました。

6. おわりに

東日本大震災の初期対応を困難にした最大の要因は通信の途絶でした。そのなかで学会本部と福島、仙台、盛岡が電子メールでつながり、それぞれの情報は不十分ながら、学会のイニシアチブによって情報の集約化と共有化が行われ、迅速な被災地支援が

行われました。また、学会本部から被災地の医療現場へと空路、陸路をつないでの超音波診断装置の輸送は、多くの方々と関係諸機関の献身的な協力がなければ実現できませんでした。未曾有の大災害のなか、事業を決断し、その都度状況に応じた最善の決断をして下さった関係者の皆様に改めて心よりお礼申し上げます。

今回の初期対応ならびに中期的支援で明らかになった課題から、将来、電子メールもつながらないような大災害が起こりうることを想定し、多様な通信と輸送の手段を選択できるような環境整備を進めることが重要と考えます。また、支援物資の調達から、現地での適切な配備と運用、復旧後の回収まで、学会と企業、被災自治体、災害時医療支援本部をつなぐ一連の医療機器の支援体制を構築することが必要です。

利益相反

本論文は、開示する利益相反はありません。

付記：活動記録の参考とするため、本文中に記載された方々の災害時および2015年現在の所属に関し、下記に記載する。

- 1) 千田彰一先生：当時 日本超音波医学会理事長，香川大学医学部総合診療部教授・(2011年4月-) 病院長，現 日本超音波医学会名誉会員，徳島文理大学副学長・教授，香川大学名誉教授
- 2) 竹中克先生：当時 日本超音波医学会副理事長，東京大学医学部附属病院検査部講師，現 日本超音波学会理事，日本大学板橋病院循環器内科客員教授
- 3) 山本一博先生：当時 日本超音波医学会幹事，大阪大学臨床医工学融合研究教育センター特任教授（大阪大学大学院医学研究科循環器内科兼任），現 日本超音波学会理事，鳥取大学医学部病態情報内科学教授
- 4) 永見哲男氏：当時・現 日本超音波医学会事務局
- 5) 高野真澄先生：当時 日本超音波医学会代議員，東北地方会運営委員，福島県立医科大学感染制御・臨床検査医学講座助教，現 日本超音波医学会代議員，東北地方会運営委員，福島県立医科大学集中治療部助教
- 6) 西條芳文先生：当時・現 日本超音波医学会代議員，東北地方会運営委員，東北大学大学院医工学研究科教授
- 7) 小山耕太郎：当時・現 日本超音波医学会東北地方会運営委員，岩手医科大学小児科学講座教授

文 献

- 1) 一般社団法人岩手県医師会編. 東日本大震災の記録 2011.3.11.
- 2) 細谷光亮, 田中総一郎, 井田孔明, ほか. 東日本大震災が岩手, 宮城, 福島の三県の小児と小児医療に与えた被害の実態と, それに対する支援策の効果と問題点についての総括. 日本小児科学会雑誌. 2014;118:1767-4.
- 3) 消防庁災害対策本部. 平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)について(第150報)(平成26年9月10日) <http://www.fdma.go.jp/bn/higaihou/pdf/jishin/150.pdf>
- 4) 石川健, 小山耕太郎. 大規模災害時の小児救急. 小児科. 2015;56:413-8.
- 5) Nakadate T, Nakamura Y, Yamauchi K, et al. Two cases of severe pneumonia after the 2011 great east Japan earthquake. Western Pac Surveill Response J. 2012;3:79-82.
- 6) 赤坂真奈美, 荒谷菜海, 亀井淳, ほか. 津波肺の管理における真菌の意義. 小児内科. 2014;46:1853-7.
- 7) Nakamura M, Tanaka F, Nakajima S, et al. Comparisons of the incidence of acute decompensated heart failure before and after the major tsunami in northeast Japan. Am J Cardiol. 2012;110:1856-60.
- 8) Omama S, Yoshida Y, Ogasawara K, et al. Influence of the great east Japan earthquake and tsunami 2011 on occurrence of cerebrovascular disease in Iwate, Japan. Stroke. 2013;44:1518-24.
- 9) Niiyama M, Tanaka F, Nakajima S, et al. Population-based incidence of sudden cardiac and unexpected death before and after the 2011 earthquake and tsunami in Iwate, northeast Japan. J Am Heart Assoc. 2014;3:e000798 doi:10.1161/JAHA.114.000798.
- 10) Itoh T, Nakajima S, Tanaka F, et al. Impact of the Japan earthquake disaster with massive tsunami on emergency coronary intervention and in-hospital mortality in patients with acute ST-elevation myocardial infarction. Eur Heart J Acute Cardiovascular Care. 2014;3:195-203.

Longitudinal systolic strain of the bilayered ventricular septum during the first 72 hours of life in preterm infants

Yurie Nasu¹ · Kotaro Oyama¹ · Satoshi Nakano¹ · Atsushi Matsumoto¹ · Wataru Soda¹ · Shin Takahashi¹ · Shoichi Chida¹

Received: 19 February 2015 / Revised: 3 June 2015 / Accepted: 21 June 2015 / Published online: 11 July 2015
© Japanese Society of Echocardiography 2015

Abstract

Background Quantitative evaluation of right ventricular myocardial performance in preterm infants remains a challenge because of the limitations of conventional echocardiographic measurement and the complex geometry of the right ventricle (RV). Serial assessment of peak longitudinal systolic strain on the right and left sides of the ventricular septum (VS), RV, and left ventricle (LV) during the transitional period in preterm infants using two-dimensional speckle-tracking echocardiography is reported.

Methods In 21 preterm infants (33 ± 2 gestational weeks, $1,913 \pm 218$ g birth weight) without mechanical ventilation, inotropic agents, or symptomatic patent ductus arteriosus (PDA), longitudinal strain (LS) was measured on both sides of the VS, RV free wall, and LV, along with conventional echocardiography at 1, 3, 6, 9, 12, 24, 48, and 72 h after birth. Correlations and factors associated with echocardiographic measurements were analyzed.

Result LS was maintained on the four analyzed regions during the first 72 h of life despite significant hemodynamic changes, including a decrease in pulmonary artery pressure and PDA closure. LS was significantly larger on the left side of the VS than on the right side of the VS at 1, 48, and 72 h after birth.

Conclusions Preterm infants showed stable LS on both sides of the VS, the RV free wall, and the LV despite significant hemodynamic changes during the first 72 h of life. These results suggest that the right and left sides of the

VS respond differently to the complex cardiopulmonary transitions from fetal to neonatal life in preterm infants.

Keywords Two-dimensional speckle-tracking echocardiography · Strain · Ventricular septum · Preterm infants

Introduction

The transition from fetal to neonatal life is characterized by major circulatory alterations—a decrease in pulmonary vascular resistance, an increase in pulmonary blood flow, and closure of fetal shunts. Preterm infants are susceptible to hemodynamic derangements, such as hypotension and hemodynamically significant patent ductus arteriosus (PDA) during this period [1, 2]. Serial assessment of both right and left ventricular myocardial adaptation during the transition would be helpful for optimal cardiovascular management of preterm infants [1–4]. However, quantitative evaluation of right ventricular myocardial performance in preterm infants remains a challenge because of the limitations of conventional echocardiographic measurement and the complex geometry of the right ventricle (RV). On the other hand, the ventricular septum (VS) is visualized far better than the RV free wall on echocardiography. Furthermore, it has been shown that the VS is a morphologically and functionally bilayered structure divided by a bright line [5–7], and the right and left sides of the VS respond differently to ventricular overload [6].

Until recently, tissue Doppler imaging has been used for noninvasive assessment of myocardial performance, but tissue Doppler measurement is angle-dependent [3, 4]. A novel two-dimensional (2D) speckle-tracking echocardiography, which analyzes grayscale speckle patterns from frame

✉ Yurie Nasu
yurienas@iwate-med.ac.jp

¹ Department of Pediatrics, Iwate Medical University School of Medicine, 19-1 Uchimaru, Morioka, Iwate 020-8505, Japan

to frame based on a pattern matching algorithm and is angle-independent, permits assessment of regional and global myocardial function in the fetus and newborn [8–11]. The accuracy and reproducibility of 2D speckle-tracking have been validated in normal pediatric subjects and patients with congenital heart disease [12].

It has been shown that gestational age, postnatal age and ventricular dimensions all influence myocardial properties measured by tissue Doppler and 2D speckle-tracking echocardiography [3, 4, 8–11]. These findings might reflect developmental characteristics in which the immature myocardium generates less active tension than the mature myocardium at similar muscle lengths [13, 14]. The use of 2D speckle-tracking echocardiography in preterm infants who are ill requires knowledge of the reference values specific to these patient population as well as the variations during the vulnerable transitional period soon after birth. The purpose of the present study was to serially assess myocardial performance of both sides of the VS, RV, and left ventricle (LV) during the transitional period in healthy preterm infants using 2D speckle-tracking echocardiography.

Methods

Study population

Infants weighing 750–2,499 g born in our hospital and admitted to the neonatal intensive care unit from 1 July 2013 to 31 August 2014 were enrolled. Infants meeting the following criteria were excluded—(1) presence of chromosomal abnormality, (2) presence of congenital malformation (brain, heart, digestive tract), (3) small for gestational age, (4) resuscitation by bag and mask or intubation at birth, (5) oxygen administration of $\text{FIO}_2 > 0.3$, (6) symptomatic PDA, (7) use of inotropic agents, (8) plethora (hematocrit $\geq 65\%$), severe anemia (hematocrit $< 35\%$), or (9) sepsis (at least one of positive blood culture, immunoglobulin $M \geq 20$ mg/dL at birth, or use of immunoglobulin). This study was approved by the institutional review board of Iwate Medical University, after which written consent was obtained from the parents of all subjects prior to enrolment. The subject infants were managed according to standard practices.

Measurement of heart rate, mean blood pressure, respiratory rate, and SpO_2

Heart rate was measured using a heart rate monitor (IntelliVue MP70 Neonatal; Phillips Healthcare, Tokyo, Japan), and mean blood pressure was measured with an indirect oscillometric method (BX-10; Colin, Tokyo, Japan). The

respiratory rate was counted visually. SpO_2 was measured with a pulse oximeter (Radical; Masimo, Irvine, CA, USA) attached to the right arm. These recordings were made in combination with echocardiography as described below and stored in a personal computer.

Echocardiographic measurements

Echocardiography was performed in the resting state without sedation by a single experienced investigator (YN) at 1, 3, 6, 9, 12, 24, 48, and 72 h after birth using an ultrasound system (iE33; Phillips Healthcare, Tokyo, Japan) and 7- and 12-MHz sector transducers.

Conventional echocardiographic measurement

According to the American Society of Echocardiography guidelines [15, 16], the following echocardiographic measurements were obtained using M-mode—LV end-diastolic (LVDD) and end-systolic diameters from the parasternal short axis view, and left atrial and aortic root diameters from the parasternal long axis view. LV shortening fraction (LVSF) and left atrial to aortic root (LA/Ao) ratio were obtained. Tricuspid annular plane systolic excursion (TAPSE) was measured from the apical four-chamber view [17]. Right ventricular fractional area change (RVFAC) was obtained using 2D echocardiography from the apical four-chamber view. The time to peak flow (acceleration time, AcT) and right ventricular ejection time (RVET) were measured in the right ventricular outflow tract just below the pulmonary cusp by pulsed Doppler echocardiography in the parasternal short axis view, and AcT/RVET ratio was calculated [18]. Pulsed tissue Doppler imaging for the myocardial performance index (MPI) was obtained at the lateral tricuspid annulus and septal and lateral mitral annuli in the apical four-chamber view [15, 19]. All variables were measured for 3–5 heart beats at each study time, and the mean values were used in the analyses.

2D speckle-tracking echocardiography

The apical four-chamber view was used for measurements of 2D speckle-tracked peak systolic longitudinal strain (LS) of the VS, RV free wall, and LV at frame rates ranging from 101–192, 74–165, and 64–149 frames/s, respectively. All images were recorded after optimizing scan width, gain, and dynamic range to maximize the image quality, and data for one cardiac cycle were stored in an archiving system (QLAB 9.1 software; Philips Healthcare, Tokyo, Japan) for later offline analysis. Care was taken to keep the ultrasound beam aligned parallel to the VS and RV free wall. Images were graded according to the scoring system [20], and only images graded as excellent or good were included in the

following analysis. Regions of interest were manually positioned on the right and left sides of the VS separated by a bright line and the RV free wall, both at the middle part of the wall (Figs. 1, 2a, b). The size of the sampling volume was 7.3 ± 2.0 (mean \pm SD) mm for the right side of the VS, 7.3 ± 2.0 mm for the left side of the VS, and 10.9 [10.0–12.4] [median (inter-quartile range)] mm for the RV free wall. For measurement of global LV peak LS, a semi-automatic system traced the endocardial and myocardial borders. Segmental strain is represented by six different color-coded curves, and global LS is represented by the dotted white curve (Fig. 2c). The semi-automatic tracking was visually inspected before accepting the results, and the tracing points were manually repositioned in most cases. Since systolic LS is defined as the percent shortening of the myocardium during systole, more negative LS values indicate more shortening/contraction of the tissue. In the present study, 'LS is larger' when LS values are more negative in intergroup comparisons.

Evaluation of ductus arteriosus and foramen ovale

The ductus arteriosus was observed using color Doppler echocardiography at each time point of the study, and cases were judged patent when continuous ductal shunt flow was

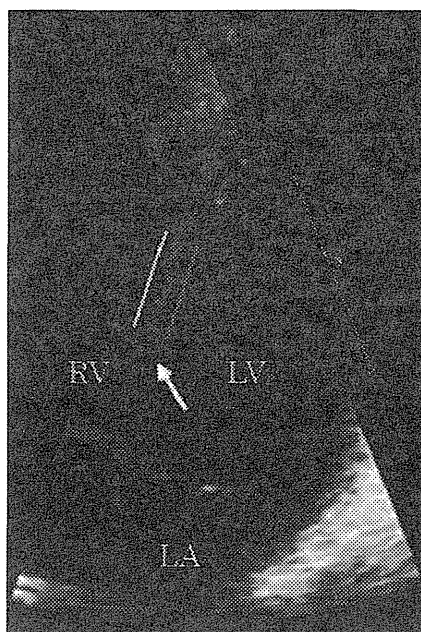
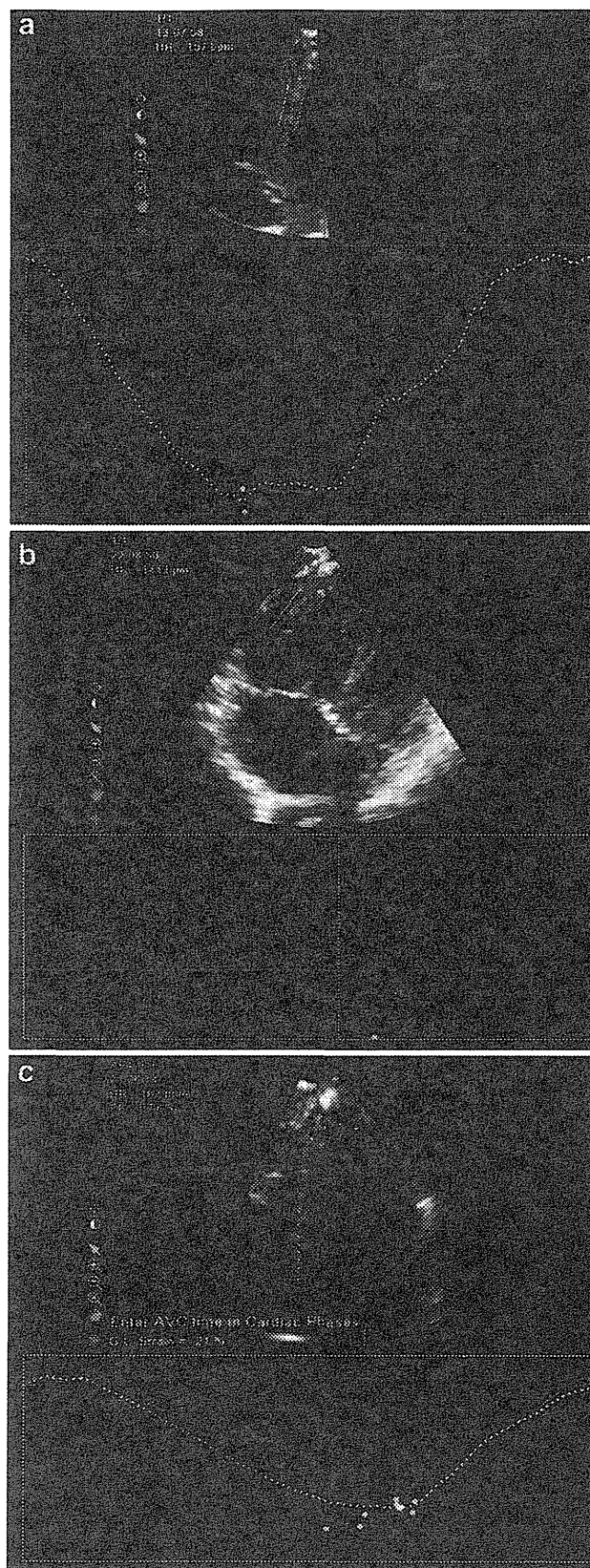


Fig. 1 Apical four-chamber view of the ventricular septum. This four-chamber view shows the *right side (yellow)* and the *left side (green)* of the ventricular septum separated by the *bright line (arrow)*. *RV* right ventricle, *LV* left ventricle, *LA* left atrium



◀**Fig. 2** Apical four-chamber view of the ventricular septum, right ventricular free wall, and global left ventricle. **a** Longitudinal speckle-tracking strain imaging of the *right side (yellow)* and *left side (green)* of the ventricular septum. **b** Right ventricular free wall longitudinal speckle-tracking strain curve. **c** Left ventricular longitudinal speckle-tracking strain curve. Segmental longitudinal strain is graphically represented by six different *color-coded curves*, and global longitudinal strain is graphically represented by the *white dotted curve*

seen from the aorta to the main pulmonary artery. The foramen ovale was judged patent when left to right atrial shunt flow was observed.

Statistical analysis

All data are expressed as mean \pm standard deviation (SD) or median [inter-quartile range] according to the data distribution unless otherwise indicated. Analysis of variance with the Tukey correction or Friedman test was performed for intragroup comparisons by time after birth of each type of data as appropriate. The *t* test was used for intergroup comparisons by site and for comparisons between study patients and patients in whom measurements could not be made. To analyze factors associated with echocardiographic measurements, multiple regression analysis was performed with echocardiographic indices at each time after birth as the dependent variable, and sex, gestational age, birth weight, mode of delivery, oxygen administration, use of nasal directional positive airway pressure (n-DPAP), and PDA at each time after birth as independent variables. Conventional echocardiographic measurements affecting LS were analyzed at each time point of the study. Pearson's correlation coefficient was obtained for regional LS values.

The reproducibility of strain measurement was assessed in 10 randomly selected subjects using Bland–Altman plot analysis [bias and 95 % limits of agreement and intraclass correlation coefficient (ICC)]. For intra-observer variability, data were analyzed twice, 8 weeks apart. Interobserver variability was assessed by analyzing data from two separate observers blinded to each other's results. Statistical analysis was performed using SPSS Ver. 20 for Windows (SPSS, Tokyo, Japan) with a significance level of $p < 0.05$ (two-sided).

Results

Characteristics of the patients (Table 1)

Eighty-four preterm, low birth weight infants weighing 750–2,499 g were admitted to our hospital during the study period, and exclusion criteria applied to 49 of them. Of the remaining 35, measurements could not be made for 14

Table 1 Subject characteristics

Variable	Value
Number	21
Gestational week	33 \pm 2
Birth weight (g)	1,913 \pm 213
Male	12 (57)
Reason of delivery	
PROM	4 (20)
Premature delivery	7 (33)
Premature separation	1 (5)
PIH	2 (9)
Fetal distress	3 (15)
TTTS	2 (9)
Triplet	2 (9)
Mode of delivery	
Vaginal delivery	4 (20)
Caesarean section	17 (80)
Apgar score	
≤ 7 (1 min)	7 (33)
≤ 7 (5 min)	2 (9)
O ₂ administration (FiO ₂ \leq 0.3)	11 (52)
n-DPAP	9 (43)

Values indicate mean \pm standard deviation or number (%)

PROM premature rupture of the membranes, *PIH* pregnancy-induced hypertension, *TTTS* twin-to-twin transfusion, *n-DPAP* nasal directional positive airway pressure

infants because no examiner was present. As a result, the subjects were 21 infants (12 boys, 9 girls), including two sets each of twins and triplets. The gestational age of the subjects was 33 \pm 2 weeks (range 28–36 weeks), and birth weight was 1,913 \pm 213 g (range 899–2,490 g). Eleven of the 21 subjects were diagnosed with transient tachypnea of the newborn or apnea of prematurity, and oxygen was administered (FIO₂ \leq 0.3) within the incubator or an oxygen hood, and nine subjects received n-DPAP within 72 h after birth. No apnea attacks occurred during measurements. There were no differences in clinical characteristics between study patients and the patients in whom measurements could not be made ($n = 14$).

Changes in heart rate, mean blood pressure, respiratory rate, and SpO₂ over time (Fig. 3)

Heart rate decreased significantly from 163 [154–182] bpm at 1 h to 137 [130–148] bpm at 72 h of age ($p < 0.001$). Mean blood pressure increased significantly from 39 [35–45] mmHg at 1 h to 45 [41–51] mmHg at 72 h of age ($p < 0.01$). Respiratory rate and SpO₂ did not change significantly during the first 72 h of life.