

勇美記念財団 2014 年度（前期）
一般公募「在宅医療研究への助成」
完了報告書

在宅呼吸管理を要する乳幼児に対する インターネットを用いた 在宅モニタリングシステムの構築

申請代表者：鶴田志緒

共同研究者：長谷川久弥、山田洋輔

所属機関名：東京女子医科大学東医療センター

所属機関所在地：東京都荒川区西尾久 2-1-10

提出年月日：2015 年 9 月 7 日

はじめに

新生児・小児領域における医療技術の進歩による重症児の救命率上昇と、NICU・小児病棟における長期入院児の在宅移行への促進の動きに伴い、高度な医療的ケアを要する児の在宅管理事例が増加している。特に在宅酸素療法や在宅人工呼吸器などの呼吸管理を要する小児例は近年増加の一途を辿っており、小児在宅医療の中でも重要な位置を占める。在宅呼吸管理を行っている小児患者に関する正確な統計はないが、日本小児呼吸器学会の調査などにより本邦で在宅酸素療法施行中の小児患者はおおよそ 5000 名とされている。この他にも気管切開や在宅人工呼吸療法（HMV）、在宅経鼻陽圧呼吸療法（CPAP）などを行っている小児患者もあり、呼吸管理総数としてはさらに多いことが推測される。また、複数の管理を重複して受けている小児も存在する。

患者に対して病棟で呼吸管理を行う場合、医療者は様々な項目について常時モニタリングし、管理が適切であるかどうかを判定し診療方針を修正する。しかし、在宅へ移行するとモニタリング項目は激減し、その監視者・判定者も医療者から保護者へとシフトする。しかし、呼吸管理を行う以上は、それが病院内であっても患者居宅であっても専門知識を持った医療者が責任を持って管理すべきである。そして、適切に管理するためには呼吸状態のモニタリングが必須である。しかし、パルスオキシメータ等を用いた在宅モニタリングが保険収載されていないことなどから、このような在宅呼吸管理を要する小児に対する明確な管理基準はなく、各医療機関で試行錯誤しながら診療に当たっている現状がある。

今回我々は、勇美記念財団の助成を受け在宅呼吸管理を要する乳幼児に対するインターネットを用いた在宅モニタリングシステムの構築に関して検討した。本レポートはその完了報告書である。

対象と方法

2014年8月から2015年7月までの12ヶ月間に当院で管理した患者のうち、何らかの在宅呼吸管理を必要とし、インターネットを用いた在宅モニタリングに対して保護者の同意を得られた生後4ヵ月から2歳7ヵ月までの6名の児を対象とした。この他に学童期の1症例で在宅モニタリングを施行したが、データの取得が不安定であり検討からは除外した。対象となった6例の臨床像を表1に示す。基礎疾患として1例に染色体異常を認めた。在宅呼吸管理の理由となった呼吸器疾患は、上気道閉塞が2例、先天性中枢性低換気症候群（CCHS）が4例であった。呼吸管理法は、上気道閉塞の2例は夜間のCPAP、CCHSの4例は気管切開と入眠中人工呼吸療法を行っていた。

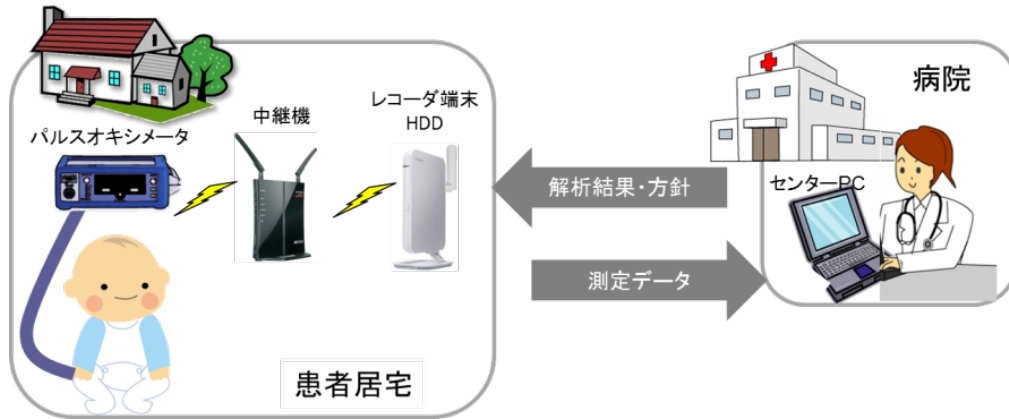
表1) 患者背景

症例	年齢	性別	基礎疾患	呼吸器疾患	呼吸管理
1	2歳7ヵ月	女	染色体異常	上気道閉塞	夜間CPAP
2	0歳4ヵ月	男	なし	CCHS	気管切開 入眠中MV
3	2歳6ヵ月	男	なし	CCHS	気管切開 入眠中MV
4	2歳1ヵ月	女	なし	上気道閉塞	夜間CPAP
5	2歳7ヵ月	男	なし	CCHS	気管切開 入眠中MV
6	2歳11ヵ月	男	なし	CCHS	気管切開 入眠中MV

CCHS: 先天性中枢性低換気症候群
CPAP: 経鼻的陽圧呼吸療法
MV: 人工呼吸療法

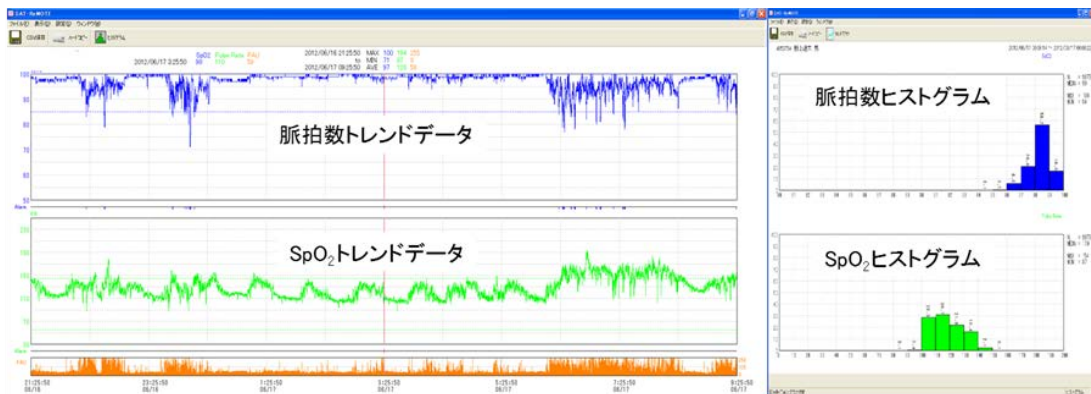
インターネットを用いた在宅モニタリングシステムのイメージを図1に示す。対象患者に対し、患者居宅に設置したパルスオキシメータを用いて経皮的動脈血酸素飽和度（SpO₂）と脈拍数を記録し、そのデータを病院内に設置した専用パソコンにダウンロードすることで取得した（図2）。データの取得は患者個々の状態に合わせて週1回から月1回の「定期通信」と、急性呼吸器感染時などの「緊急通信」に分けて行った。通信の頻度は、各主治医と保護者が相談して決定した。夜間の呼吸状態を評価するため、患者には夜間パルスオキシメータを装着させた。その理由としては、日中に比べ夜間は呼吸状態が不安定になりやすいためモニタリングの意義が高いこと、児の成長に伴い日中の活動性が増し覚醒時のモニタ装着が困難になること、モニタ装着時間を限定することによる家族の負担軽減などを考慮した。

図1) インターネットを用いた在宅モニタリングの概要図



インターネット回線を介して、患者宅に設置したパルスオキシメータから SpO₂ と脈拍数のトレンドデータを病院のパソコンに遠隔取得した。得られたデータを解析し、結果を保護者へ伝えた。

図2) ダウンロードデータの一例



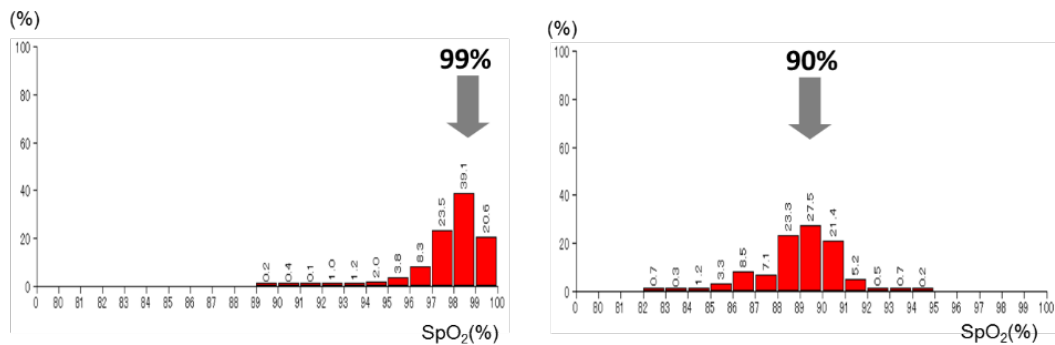
ダウンロードした脈拍数と SpO₂ の連続データを病院内のパソコンで解析し、それぞれのトレンドデータとヒストグラムを得た。

通信で得られたデータの評価項目を以下に示す。

1. SpO₂ 中央値 (図 3)

十分な酸素化が得られているかどうかの評価として、SpO₂ ヒストグラムから SpO₂ 中央値を得た。

図 3) SpO₂ 中央値



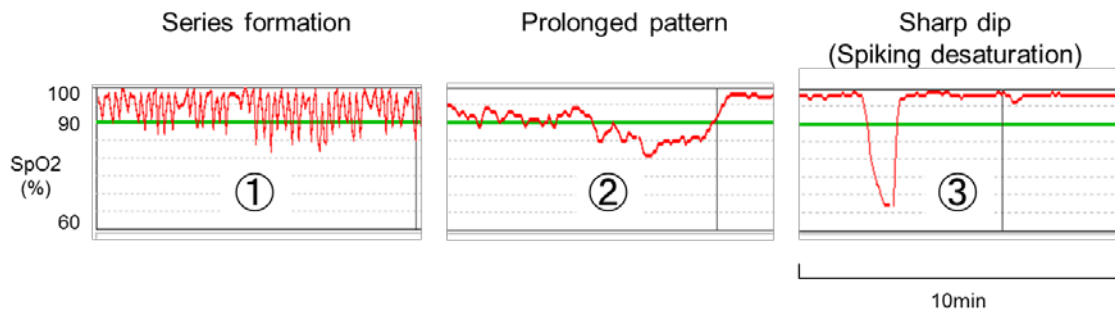
SpO₂ 中央値は左が 99%、右が 90%である。SpO₂ 中央値が適正な範囲内になるよう酸素流量や人工呼吸器の設定などを調整する。

2. 異常低酸素発作 (図 4)

低酸素発作が見られた場合に、SpO₂トレンドデータから個々の波形を次の①、②、③に分類した。

- ① Series formation : 短時間のうちに何回も繰り返す、短い時間で回復する低酸素発作 (10 分以内に 5 回以上、SpO₂ 90%未満)
- ② Prolonged pattern : 1 分間以上持続する SpO₂ 90%未満の低酸素発作
- ③ Sharp dip (Spiking desaturation) : SpO₂ 80% 未満となる重篤な低酸素発作

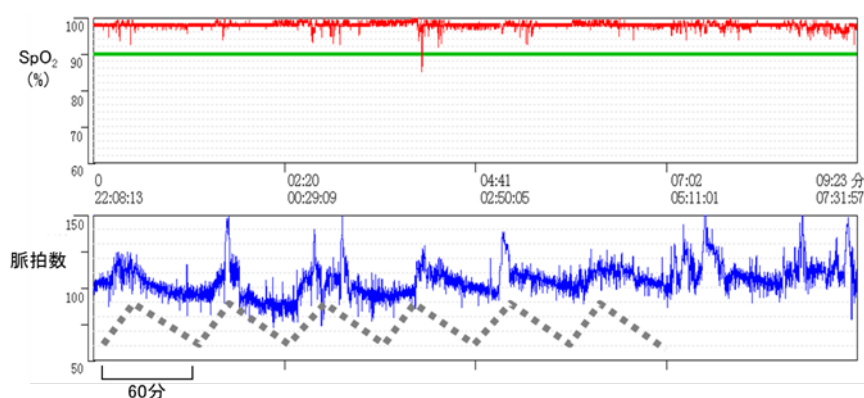
図 4) 異常低酸素発作の分類



3. 脈拍による睡眠サイクル (図 5)

睡眠サイクルは児が熟睡できている時にみられる鋸歯状の脈拍数の揺らぎである。出生直後は見られず、出生予定日から 1~2 か月後より出現する。乳児期早期は 60 分毎のサイクルを示すが、成長に伴い 1 回の睡眠サイクルの時間は延長し、1 歳頃までに 90 分毎となり以後固定する。睡眠サイクルの有無を脈拍数トレンドデータから評価した。

図 5) 脈拍による睡眠サイクルの一例

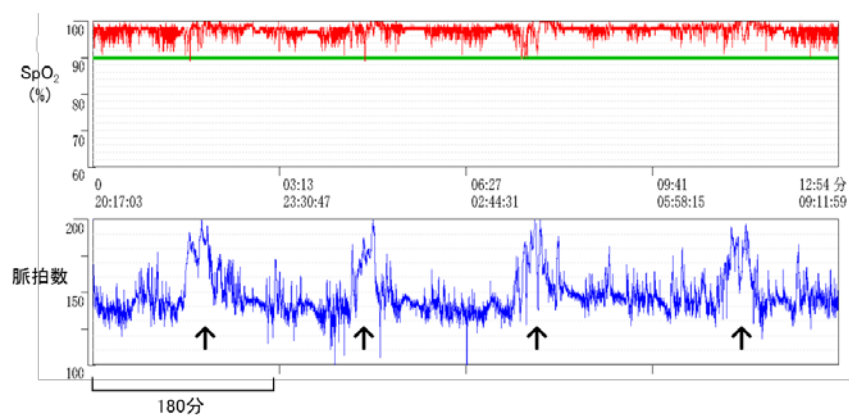


脈拍数のトレンドデータで、点線で示す部位に約 60 分周期で脈拍数の鋸歯状の揺らぎが生じている。

4. 脈拍異常 (図 6)

脈拍数のヒストグラム、トレンドデータから徐脈や頻脈などの脈拍異常を検出した。

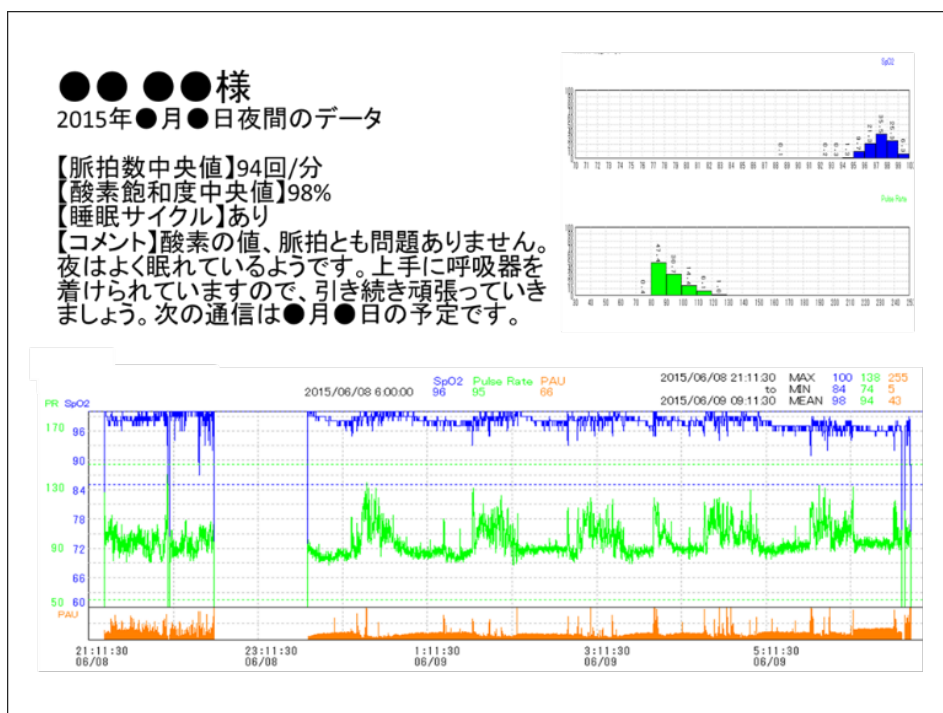
図 6) 脈拍異常の一例



矢印(↑)に示す部分は哺乳に一致した頻脈である。非哺乳時には脈拍数 130~150 回/分で安定しているが、哺乳に一致して脈拍数 200 回/分の頻脈を認める。

通信日には保護者と電話で連絡を取り合い、患児の様子やトラブルの有無等を確認した上でデータを取得・解析した。解析結果は同日中に担当医から保護者へ伝え、必要に応じて呼吸器設定変更などを指示するものとした。また、発熱や呼吸器症状の出現など普段と異なる事態が発生した場合には保護者からの連絡を受け緊急通信を行い、その結果も同様に同日中に保護者へ伝えた。また、外来受診日には解析結果をレポートにまとめたものを保護者へ渡した（図7）。

図7) 保護者へ渡す解析結果レポートの一例



結果

2014年8月から2015年7月までの12ヶ月間に、6症例に対して述べ138回の通信を行った（表2）。138回のうち定期通信が124回、緊急通信が14回であった。

それぞれの症例の通信回数は9回から38回で、呼吸状態が比較的安定している症例では少ない傾向にあった。通信回数が特に多かった2症例は期間中に35回と38回であり、両方ともCCHS症例であった。緊急通信は保護者からの要請があった時に施行し、その理由としては発熱や感冒症状の出現が8回、SpO2低値が2回、呼吸器設定変更後が2回、詳細不明が2回となっていた。緊急通信の回数は、7回が1例、4回が1例、3回が1例、0回が3例であった。緊急通信回数が最多の症例には同胞があり、感染の機会が多かった。睡眠サイクルは全通信138回のうち125回において認められたが、そのうち20回は不安定なものであった。12回は睡眠サイクルが消失しており、その理由は感冒などの急性感染症、呼吸器の装着不十分などであった。異常低酸素発作は24回の通信において観察され、そのうち10回がprolonged pattern、9回がsharp dipであった。5回は分類不能または2つ以上のパターンが混在したものであった。脈拍異常は9回の通信で確認された。

6例全例において、期間内に呼吸管理方法が大きく変更された症例や、呼吸器疾患が治癒し在宅呼吸管理が不要となった症例はなかった。また、在宅モニタリングから脱落した症例はなかった。

表2) 結果

症例	通信施行回数			睡眠サイクル			異常低酸素発作					脈拍異常
	全体	定期	緊急	あり	不安定	なし	回数	SF	PP	SD	分類不能	
1	17	10	7	12	2	3	4	0	3	1	1	4
2	19	15	4	10	7	2	4	0	0	0	4	2
3	38	38	0	35	2	1	0	0	0	0	0	0
4	20	17	3	13	6	0	6	0	0	6	0	1
5	35	35	0	28	2	5	9	0	6	2	0	0
6	9	9	0	7	1	1	1	0	1	0	0	2
計	138	124	14	105	20	12	24	0	10	9	5	9

SF: Series formation
PP: Prolonged pattern
SD: Sharp dip

考察

新生児・小児領域における在宅呼吸管理は近年増加の一途にあり、小児の在宅医療の中で重要な役割を占める。その背景としては、医療技術の進歩によりそれまでは救命し得なかった重症患者の生存が可能となってきたこと、新生児・小児病棟における長期入院児の在宅移行への促進の動きが活発になってきたことが挙げられる。また、在宅酸素療法や在宅人工呼吸療法に用いられる医療デバイスの改良により、在宅での呼吸管理がより容易になってきていることも在宅促進を強く後押ししている。医療者、患者（保護者）ともに在宅呼吸管理に対する物理的・心理的抵抗感が低減され慢性呼吸器疾患を有する小児患者の在宅移行が進むこと自体は歓迎すべきであるが、その管理については明確な基準は示されていないのが現状である。

通常、在宅呼吸管理を行う患者は月に1回程度の管理病院への通院を要する。担当医は体重増加や診察室でのSpO₂測定、保護者から聴取した児の日常生活の様子などから現在の呼吸管理が適切であるかどうかを判断することが求められる。しかし、診察室で得られるこれら断片的な情報のみで呼吸状態を正確に評価するのは極めて困難である。そこで重要な意味を持つのがモニタリングである。日本小児呼吸器学会の調査では小児在宅酸素療法患者におけるパルスオキシメータの使用率は1996年で18%、2011年で46%であり、現在はそれよりもさらに多くの患者がパルスオキシメータを使用しているものと推測される。しかし、患者居宅にパルスオキシメータが設置してあったとしても観察するのは保護者であり、担当医は保護者から情報を得るしかない。保護者が就寝する夜間のデータについては、聞き取りによる取得はほぼ不可能である。

そこで今回我々は、患者居宅に設置したパルスオキシメータからインターネット回線を用いてSpO₂と脈拍数の連続データを病院内の専用パソコンに遠隔取得・解析する在宅モニタリングを試行した。連続データを遠隔取得することの利点としては、移動が不要であるため患者の負担が軽減されること、情報量が多いことなどが挙げられる。

期間内に7名の患者に対してインターネットを用いた在宅モニタリングを試行し、そのうちデータが安定して得られた6名の乳幼児について検討した。期間内に全患者が在宅モニタリングを完遂でき、脱落者はなかった。保護者からは、在宅モニタリングそのものについての拒否的な反応は出なかった。データの取得・解析は定期通信と緊急通信にわけを行い、通信の回数は、児の呼吸状態、家庭環境、保護者の希望などを鑑みて決定された。通信で取得したデータは各主治医が記録し、日常診療の参考とした。今回対象となった6症例は比較的呼吸状態が安定していたため、在宅モニタリングのデータにより呼吸器設定を変更したのは2回のみであった。うち1回は設定変更後にデータが悪化したため元の管理に戻したが、このような判断が可能となるのも在宅モニタリングにより連続してデータを確認できたためと言える。また、発熱を伴う急性感染症などに罹患した時には保護者からの要請を受けて緊急通信を行い、データをもとに医療機関受診を指示するなどの対応を

行った。このような急性期には、連日データを確認することで急性感染症が良い方向へ向かっているのか、悪化しているのかをある程度把握でき、保護者からの不安の訴えや相談に対応しやすくなるという利点があった。

また、ある症例では入眠中の呼吸器装着が必須であるにもかかわらず、保護者が先に就寝してしまい呼吸器装着を忘れる、ということが起こっていた。この症例では呼吸器を使っていない時間帯のデータが明らかに不良であった。しかし、そのことを指摘し、呼吸器装着の重要性を根気よく説明し、指示通り装着できた時の良好なデータを示し保護者をねぎらうという作業を繰り返すことで、保護者の治療に対する理解と熱意が徐々に向上した。その結果、自宅での管理が改善し呼吸状態をより安定させることができた。

乳幼児に帯する在宅モニタリングは患者保護者の協力なくして施行することはできない。今回検討した6例においては保護者の理解が良好であり、協力も得やすかった。呼吸器装着を忘れていた症例も通信に関しては比較的真面目に取り組んでおり、だからこそ管理が不十分であることを把握し対応することができた。不安を感じやすい保護者は発熱や咳嗽など普段と異なる状況が発生した時にこまめに緊急通信を要請するため、緊急通信の回数が多くなる傾向にあった。逆に、症状があってもなかなか主治医に連絡してこない保護者もあり、そのような例では定期通信のデータが悪化しているのを見て初めて急性感染に罹患していたことに気付くということもあった。在宅モニタリングは患者居宅で行われるため家庭環境や保護者のキャラクターの影響を受けやすく、主治医はその点も考慮した上で管理を行う必要があった。

今回の検討では、在宅モニタリングは在宅呼吸管理施行中の乳幼児において呼吸管理内容の変更や患者教育に有用であった。期間中に管理変更や緊急通信を要さず常に状態が安定していた症例においても、定期的に呼吸状態を評価してその結果を保護者に伝えることにより、保護者の治療に対するモチベーションを保っていた可能性が考えられた。しかし、パルスオキシメータ等を用いた在宅モニタリングは現在のところ保険収載されておらず、費用負担の問題などがあることから、在宅呼吸管理施行中の小児患者において十分なモニタリングがなされていない現状がある。また、今回の検討のような患者居宅からデータを遠隔取得する技術はまだ試行段階であり、誰でも使えるものではない。今後、小児の在宅モニタリングが保険収載され、呼吸管理を必要とする小児をより安心して見守れるサポート体制が構築されることが望まれる。

※この研究は、公益財団法人 在宅医療助成 勇美記念財団の助成により行われました。

<参考文献>

- 1) 在宅酸素療法マニュアル等作成委員会（編）. 厚生省健康政策局・日本医師会（監修）：在宅酸素療法ガイドライン（医療者用）. P50. 1991
- 2) 長谷川久弥：在宅酸素療法の現状. 日本小児呼吸器学会誌 8. P45. 1997
- 3) 長谷川久弥：慢性肺疾患児のフォローアップ—在宅酸素療法（HOT）—. 周産期医学 35（4）：515-521, 2005
- 4) American Thoracic Society: Statement of the care of the child with chronic lung disease of infancy and childhood. Am J Respir Crit Care Med 168: 356-396, 2003
- 5) 鶴田志緒, 長谷川久弥：高度な医療的ケアを必要とする乳幼児と家族のための在宅移行支援策—在宅酸素療法施行中の乳幼児に対する PHS 回線を用いた在宅モニタリングシステム—. 厚労省成育疾患克服等次世代育成基盤研究「重度の慢性疾患児の在宅と病棟での療養・療育環境の充実にに関する研究」. 平成 23 年度研究報告書. P45-49. 2012
- 6) 鶴田志緒, 長谷川久弥：高度な医療的ケアを必要とする乳幼児と家族のための在宅移行支援策—在宅酸素療法、在宅人工呼吸療法施行中の乳幼児に対するインターネット回線を用いた在宅モニタリングシステム—. 厚労省成育疾患克服等次世代育成基盤研究「重度の慢性疾患児の在宅と病棟での療養・療育環境の充実にに関する研究」. 平成 24 年度研究報告書. P46-50. 2013
- 7) 鶴田志緒, 長谷川久弥, 他：在宅酸素療法施行中の乳幼児に対する Personal Handy-phone System 回線を用いた在宅モニタリングシステムの検討. 東京女子医科大学雑誌 83. 臨時増刊号. P118-124. 2013
- 8) 山田洋輔, 長谷川久弥, 他：在宅モニタリング. 周産期医学 43: 1444-1448. 2013
- 9) 長谷川久弥：小児在宅酸素療法（HOT）全国アンケート調査. 日本小児呼吸器学会誌 25. P64-67. 2014