

# COVID-19パンデミック下における超音波検査部門での 二酸化炭素濃度計測による換気状況の評価 —機械換気システム完備病院施設における検査室内での実際の変化について—

松林 (名本) 路花, 原田詩乃

国立病院機構九州医療センター 超音波/生理検査センター・乳腺センター・放射線科・臨床研究センター

## 概要

2020年より、2021年4月現在まで、日本を含め、全世界でCOVID-19パンデミックが持続中である。日本でのCOVID-19の流行開始当初は、感染の流行・拡大の伝播ルートに関する多くの要因は不明であった。当超音波・生理検査センターでは、2020年3月上旬から、airborne transmission (従来の定義である「空気感染」とは分別するためこの用語を用いる。エアロゾル感染も含め)の可能性を考慮し、いち早く外気導入による換気を安全かつ簡便に行う方策を講じると同時に、患者の受療行動を調査し、行動変容を促すような対策も行った。超音波検査部門内の感染制御は、COVID-19の病院関連の伝染を防ぐために重要である。その結果、約1年経過後の2021年3月まで、当部門を介した感染拡大は生じていない。本報告では、近代的機械換気装置を完備している医療機関における実際の換気状況を二酸化炭素濃度の測定により検証し、それと同時に、患者行動の変容を促すなど、日本の社会環境に適応し、かつ簡単に取り組むことが可能な感染制御を紹介する。

## キーワード

COVID-19・Ventilation・Carbon dioxide・Airborne transmission・Ultrasound Department

©日本放射線科専門医会・医会

## はじめに

COVID-19は2021年4月現在、パンデミックが続いている。一方、2020年2月頃より明らかとなったCOVID-19の日本での流行拡大の初期には、感染伝播に関する多くの要因が不明であった。

我々は、昨年、2020年3月上旬より、airborne transmission (空気伝播、従来の定義である「空気感染」とは分別するためこの用語を用いる。エアロゾル感染も含め)の可能性を考慮し、超音波・生理検査センターでのCOVID-19感染の拡大を防ぐため、感染対策を開始した。

その後、COVID-19感染の発症リスクを高める環境要因が次第に明らかになり、現在では、無症候性個人からの感染に関する知識等も多数蓄積されている。当初、SARS-CoV-2の主たる感染経路として、接触および飛沫を介したものが示唆された<sup>1)</sup>。その後、空気あるいはエアロゾルによる感染

例が報告されている<sup>2~5)</sup>。感染拡大を効果的に防止するためには、行われる業務の特性に基づいて、各部門が実施する対策を検討する必要がある。ここでは、当施設における実際の経験に基づいて、超音波検査を行う部門においてどのような感染制御措置を適用すべきかを報告する。

なお、本研究における初期対応は2020年3月時点までの知見にて開始・実行されており、参考文献としてあげている「冬場における「換気の悪い密閉空間」を改善するための換気について(厚生労働省 令和2年(2020年)11月27日)」<sup>6)</sup>などは、研究開始時点では未発出であったことは留意されたい。

本稿では、多くの医療従事者にとっても未曾有の事態であったCOVID-19パンデミック初期における当超音波・生理検査センターにおける感染対策の取り組みに関する経験を述べる。

## 超音波検査部門における感染制御の対策

### 背景

我々の部門では、多数の小さな部屋で超音波と生理学検査を施行している(図1)。当院はビル管理法(建築物における衛生的環境の確保に関する法律)を満たす機械換気システムが完備されており、通常、空調システムを動作させているため、パンデミック前は窓は常時閉鎖状態であった。

構造的に、外気導入が可能な窓は、本部門内には一ヵ所しかなく、前述のように環境基準を満たす機械換気システムは配備されているものの、複雑な内部構造により、各検査室内の換気は不十分となる可能性があったが、実際の診療状況での環境調査は行われていなかった。

室内の換気状況の評価基準として、前出<sup>6)</sup>での「冬場における「換気の悪い密閉空間」を改善するための換気について」では、「ビル管理法(建築物における衛生的環境の確保に関する法律)の空気環境基準においては、換気量ではなく、二酸化炭素の濃度を1,000ppm以下とすることを規定し、二酸化炭素濃度を定期的に測定することを求めている。」と明記されている。

また、建築物環境衛生管理基準にても、空調設備を設けている場合の空気環境の基準として、以下のような基準が定められている(抜粋)<sup>7)</sup>。

- ・二酸化炭素の含有率 100万分の1,000以下 (=1,000ppm以下)
- ・温度 (1)17℃以上28℃以下、(2)居室における温度を外気の温度より低くする場合は、その差を著しくしないこと。
- ・相対湿度 40%以上70%以下

換気の必要性・評価については、2021年(令和3年)4月7日、厚生労働省からも「新型コロナウイルス感染症の治療を行う場合の換気設備について」の事務連絡<sup>8)</sup>が発出され、その中で、厚生労働科学研究「新興・再興感染症のリスク評価と危機管理機能の実装のための研究」(研究代表者 国立感染症研究所 齋藤智也)の分担研究として、北海道大学 林基哉教授が実施した「室内環境が新型コロナウイルスのクラスター感染に与える影響に関する調査」が引用されており、研究結果に基づき、換気量(給気量や排気量)の不足が、病院内でのクラスター感染の要因となった可能性が否定できないと明示されている。このことから、病院施設内での換気環境を整備することの重要性が強く示唆される。

超音波検査を行う場合、患者の近くで呼吸や発声が必要であるため、感染防護が極めて重要である。しかし、当部門では、一日あたり270件以上の超音波および生理検査を実施するため、時間的・空間的制約があり、各検査に対して個人防護装具

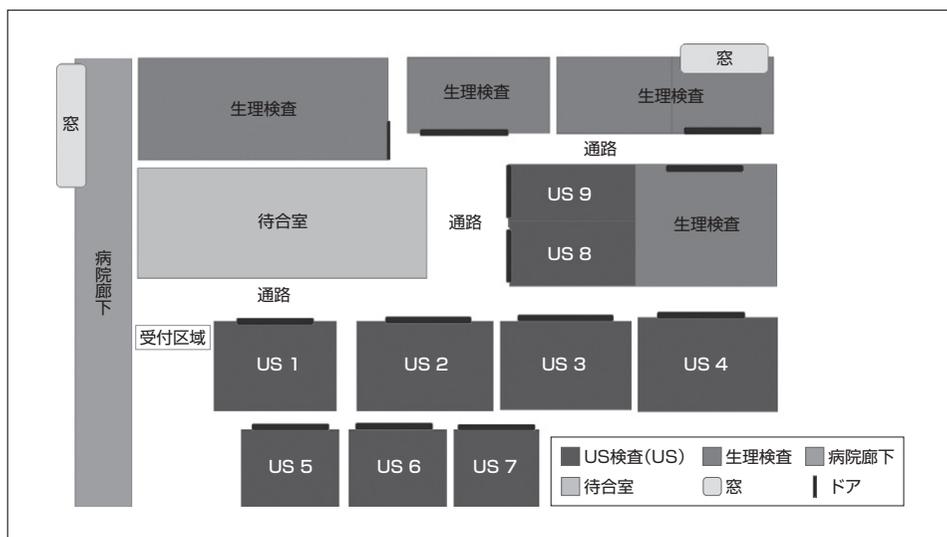


図1 超音波・生理検査部門の内部構造  
多数の検査室が密集して配置されている。部門内部で開閉自由な窓は一ヵ所のみである。超音波室は9室あり、面積は12~15m<sup>2</sup>である。全室に吸気・排気口は完備されており、中央換気システムにて制御され、外気との交換はなされている。

(PPE)の取り付け・取り外しは不可能である。

また一方、患者の行動面において、一定以上の年齢層では、人と対面して会話をしている際、マスクを着用し続けることは失礼と考えるためか、当施設においても、2020年3月の時点では、高齢患者が検査(ないし診療)を受ける際に、着用しているマスクを外すという事例が見られた。さらに、高齢者にとっては、退室する際はドアを完全に閉めることも習慣化されている。これらのことを踏まえ、迅速に行える感染対策を策定する上で、以下の方法で調査を行った。

## 方法および対象

### 1) 超音波検査室内の換気状況：各検査室内の二酸化炭素濃度の推移

2020年2月25日～3月6日(診療日数9日間)の期間において、70例(腹部24例、乳房16例、頸部16例、軟部組織・筋骨格14例)の検査前後の検査室内で二酸化炭素濃度の測定を行った。検査後は0分、2分、4分、6分、10分、15分後に測定を行った。当センターの超音波検査室各室の面積は12～15㎡、全9室である。

調査期間を上記とした理由は、2020年2月下旬～3月初旬の時点において、当院では来院患者の症状・発熱によるスクリーニングは行われておらず、症状・臨床所見未詳で検査を施行した症例におい

て、後にCOVID-19と判明した事例が複数あったこと、また、院内全体の感染対策は未策定であり、部門独自に調査・方針策定を早急に行い、院内感染対策を行うことが必須であったためである。さらに、祭日等を考慮し、全診療科の外來開設日を含むように日程を設定した。

検査室内における換気状況と患者・検査者の呼気の状況を把握する目的で、まず基準として検査者一人が検査時間に相当する時間検査室内で滞在した場合と、患者の入室前および、検査終了0分～15分後まで、各検査室内の二酸化炭素濃度を計測した。実際の方法は、検査者と被験者の中間位置(床面から120cm)に測定機器を設置し(図2)、検査部位(腹部、乳房、頸部、軟部組織・筋骨格等)ごと、さらに子供の検査(付き添い者1人)等の属性ごとに、経時的変化を記録、比較した。機器は、多機能ポータブル空気質テスター(WYZXR Air Quality Monitor, Multifunctional Indoor Pollution Detector Meter)を使用した。上記測定法は、ビル管理法(建築物における衛生的環境の確保に関する法律)施行規則に定められた方法に適合している<sup>9)</sup>。調査は、全9室のうち、2室を除く計7室で施行した(2室は経食道心臓超音波検査を施行するため、通常検査での使用が制限される)。

検査時、各検査室ドアは閉鎖状態でいき、また、本調査施行中は、各検査間の検査室を使用していない時間もドアは基本的に閉鎖状態で施行した。

なお、当院超音波検査室では患者・検査者が不在の場合は、585±118ppmに室内CO<sub>2</sub>濃度は保たれており(上記7室の平均値)、1,000ppm以下の環境基準に完全に合致していた。そのため、585ppmを基準とし、703ppm(120%)を正常上限範囲とした。

本調査は施設環境の評価であるため、倫理委員会での審査対象外と判断された。

統計分析では、ボンフェローニ/ダンの複数比較検定を使用し、有意水準は $p < 0.005$ であった。

### 2) 患者受療行動の調査

2020年2月25日～3月6日の期間における診療日(9日間)において、当センターにて検査を行った患者の年齢比率と、高齢者(65歳以上)におけるマスクの装着・着脱状況及び、検査後の検査室ドアの患者による開閉状況について、調査した。

## 結果

### 1) 検査室内の二酸化炭素濃度の推移

各室の室内温度は22～24度、湿度は40～45%程度であり、これらは日本医療福祉設備協会の定

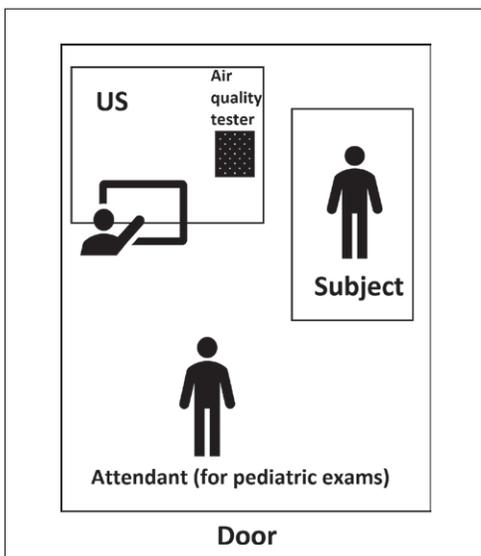


図2 各検査室におけるCO<sub>2</sub>測定方法の模式図  
空気質モニターは超音波診断装置の平らな部分で、被験者と検査者のちょうど中間にて、設置の高さは床面から120cmとした。

表1 Comparison of CO<sub>2</sub> concentration values (ppm)

	Mean	Maximum	Time after examination						
			Pre-exam	0 min	2 min	4 min	6 min	10 min	15 min
Abd (n=24)	904.6 ±179.9	1323.5 ±328.5	544.9 ±87.8	999.3 ±207.2	1291.6 ±377.4	1026.2 ±328.4	878.7 ±262.2	685.0 ±119.4	546.7 ±52.1
Breast (n=16)	1304 ±113.5	1881.1 ±181.3	612.3 ±129.6	1724.9 ±149.0	1827.3 ±211.2	1479.2 ±272.9	1137.4 ±112.7	918.8 ±163.2	736.8 ±202.9
MSK (n=14)	1001.6 ±133.0	1497.7 ±189.9	644.6 ±170.4	1474.9 ±199.2	1283.6 ±163.8	977.6 ±114.6	842.6 ±158.1	760.1 ±155.9	669.4 ±150.5
Neck (n=16)	678.5 ±94.6	848.7 ±166.9	567.5 ±60.8	698.4 ±229.8	762.6 ±154.9	748.4 ±104.6	711.9 ±130.9	600.3 ±110.4	550.2 ±107.7
Examiner (n=1)	526	553	533	553	518	539	531	501	507
	<i>p</i> -value								
Abd/breast	<.0001	<.0001	0.0725	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
Abd/MSK	0.0208	0.0171	0.0117	<.0001	0.829	0.5555	0.5725	0.1057	0.0074
Abd/neck	<.0001	<.0001	0.5425	<.0001	<.0001	0.0008	0.008	0.0585	0.9343
Abd/examiner	0.4213	0.4835	0.9189	0.032	0.0058	0.0547	0.0758	0.1906	0.7692
Breast/MSK	<.0001	0.0001	0.4424	0.0011	<.0001	<.0001	<.0001	0.0022	0.167
Breast/neck	<.0001	<.0001	0.2721	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.0002
Breast/examiner	0.0532	0.1281	0.5035	<.0001	<.0001	0.0004	0.0027	0.0041	0.0957
MSK/neck	<.0001	<.0001	0.0699	<.0001	<.0001	0.0126	0.0628	0.0021	0.0162
MSK/examiner	0.9772	0.9207	0.3491	<.0001	0.007	0.0872	0.1156	0.0707	0.2387
Neck/examiner	0.0342	0.0224	0.7706	0.4821	0.3747	0.4083	0.3562	0.4824	0.7518

MSK musculoskeletal

Abd abdomen

*p*<.005

める基準内<sup>10)</sup>であった。一検査あたりの所要時間は10±5分であった。

方法の項でも触れたが、検査開始前の二酸化炭素濃度は、平均で585±118ppmであり、日本における建築物衛生法の基準1,000ppmの基準内であった。一方、検査後の最高濃度は2,261ppm(乳房の検査2分後、検査開始前の441%)に達した。全検査において、平均値では、二酸化炭素濃度は検査2分後が最も高く、1,281±452ppmであった。検査15分後の平均値は613±152ppmであり、検査開始前の二酸化炭素濃度の120%未満に回復したのは51/70例(73%)であった。超音波検査後の測定時間内(0~15分)での平均二酸化炭素濃度は、どの時相にても、乳房の検査において、他のものよりも有意に高く、頸部の検査で低かった(表1, 図3, 4)。

また、同伴者がいる場合(小児)では、どの部位でも同伴者がいない場合よりも各時相の二酸化炭素濃度は有意に高かった(図4)。

検査者が単独で10分間検査室に滞在した場合は、開始前が533ppm、退室後0分が553ppm、15分後は507ppmと、最大で検査前の104%であった。

## 2) 患者受療行動調査

上記期間における当センターでの超音波検査受検者に占める高齢者割合は65.7%であった(947名中622名)。センター来訪時よりマスクを装着していない患者は54名(5.7%)(65歳未満22名, 65歳以上32名)に留まり、マスク着用率は94.3%と、当時の日本人一般の着用率よりも遙かに高い数値を示していた(参考:日本全体における公共空間でのマスク着用率:2020年3月中旬で62%,日本リサーチセンター調べ,2021年2月10日)<sup>11)</sup>。(調査時点当時は院内でマスクを購入することも可能であり、可及的に装着を促した。そして、検査開始時には患者全員がマスクを装着した状態とした。)

検査室入室時、マスクを外す、あるいは外そう

としたのは、65歳未満では2.1% (325名中7名)であったが、65歳以上では8.7% (622名中54名)であり、特に75歳以上では35%と頻度が高かった(43名中15名)。これらの患者の多くは、待合室ではマスクを装着しているが、検査室入室と同時に外すという事例がほとんどであり、再装着を促し

ても呼吸困難感を訴えて拒む患者も5名存在し、いずれも70歳代以上の高齢者であった。

また、ドアの閉鎖に関しては、65歳未満では89%、高齢者では100%、退室時にドアを完全に閉めていた。

上記1)、2) 調査後、早急に行える換気対策とし

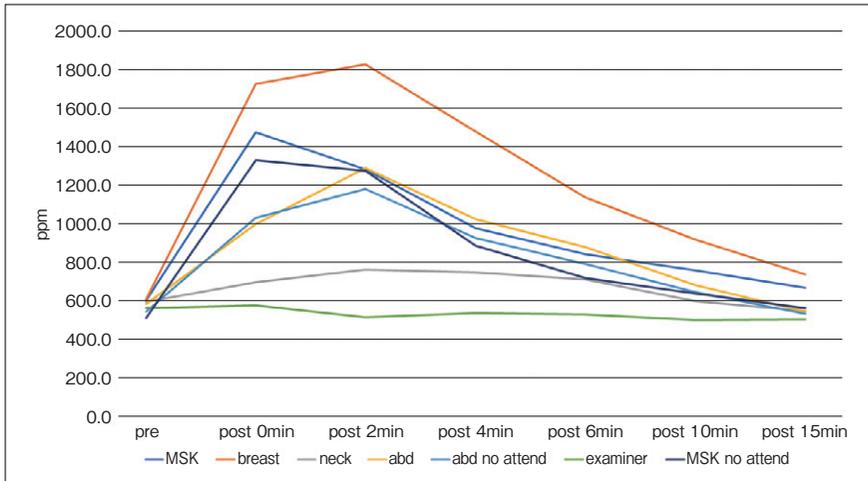


図3 各部位の超音波検査終了後の平均二酸化炭素濃度の経時変化。乳房の検査では、検査終了後のすべての時点で、他部位の検査に比べて二酸化炭素濃度が有意に高かった。略語：MSKは筋骨格，abdは腹部，no attendは付添人なし

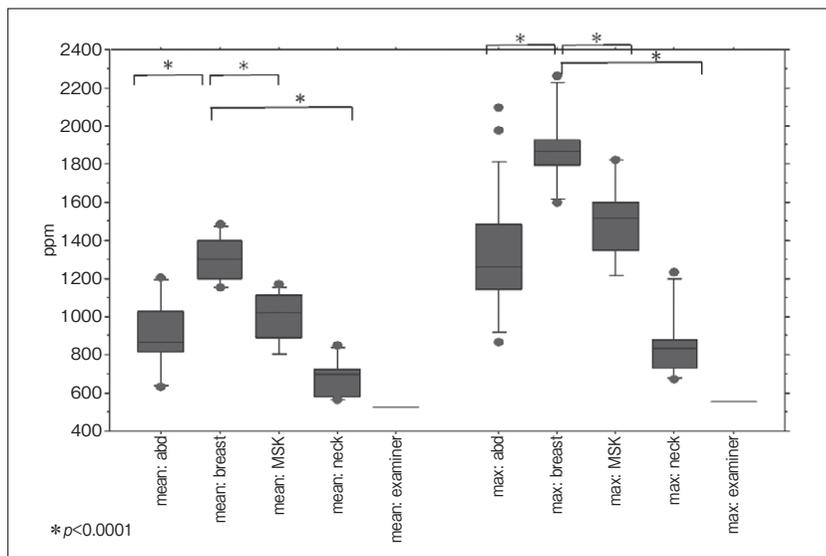


図4 超音波検査後の検査室内の二酸化炭素濃度の平均値・最大値の各部位間での比較。乳房の検査が最も高い値を示した (\* $p < 0.0001$ )。略語：MSKは筋骨格，abdは腹部，no attendは付添人なし

て、常に患者の手の届かない管理可能な領域の窓（一カ所は部門外の廊下に面する窓）を二カ所開けて気流を作った。犯罪行為や転倒を防ぐために、かならず、職員が管理可能な領域・時間内に制限した。待合室内に、マスク装着の周知文を掲示すると共に、全ての患者に対し、繰り返し口頭で、「検査時にマスクを外さず、退室時にドアを開放状態にする」ように指示した。

上記対策開始後、二酸化炭素濃度の再計測では、対象20例（腹部7例、乳房5例、頸部5例、軟部組織3例）において、検査後0分の二酸化炭素濃度の平均は $1,112 \pm 339$  ppm程度と同様であったが、15分後の平均値は $546 \pm 102$  ppmと低下し、25/30例（83%）で検査前の120%未満となった。

さらに、上記までの二酸化炭素濃度の測定結果に基づいて施設管理者と交渉し、対策開始から6ヵ月後ではあるが、検査部門内で特に換気が重要である呼吸機能検査室および、各超音波検査室開口部から気流を作り、外気との交換を促進すべく、部門内でサーキュレーターを4台導入することができた。

サーキュレーター導入後、再度、対象15例（腹部5例、乳房5例、頸部3例、軟部組織・筋骨格2例）にて、二酸化炭素濃度の再計測を施行すると、検査後0分の二酸化炭素濃度の平均は $1,209 \pm 289$  ppm程度であったが、経過10分後にて平均値が $499 \pm 118$  ppm、13/15例（87%）が検査前の120%未満となった。

施設の構造等により、気流の制御は変化する可能性があるが、当院においては、検査室内の二酸化炭素濃度低下時間が短縮された結果となった。

## 考察

今回、われわれは、感染伝播形式（感染拡大形式）が未詳の2020年2月～3月に超音波検査部門において実臨床状態における室内換気状況の調査を行い、その対策を行った。同時に患者の受療行動の変容を促す方策を行った。当院は、第二種感染症指定医療機関であり、当センターを初め、院内では、スタッフは常に標準的感染防護措置を講じている。上記3つの項目（検査室内換気対策・患者のマスク装着・スタッフの標準防護策）を徹底的に実施することで、潜在的なCOVID-19感染者を検査した場合であっても、濃厚接触を回避することが可能と考えた。これらの措置は2020年3月上旬にスタッフに周知するとともに、当院の感染制御チームとも共有された。

当初より、換気の評価に検査室内の二酸化炭素濃度を計測した理由としては、他にも空気環境の評価項目はあるが、呼気に含まれる二酸化炭素は、すなわち人体由来のものであるため、被験者および検査者の呼吸状態を反映すると想定されたためである。

結果では、乳房領域および、小児で同伴者が付きそう場合に二酸化炭素濃度が高く、頸部の検査

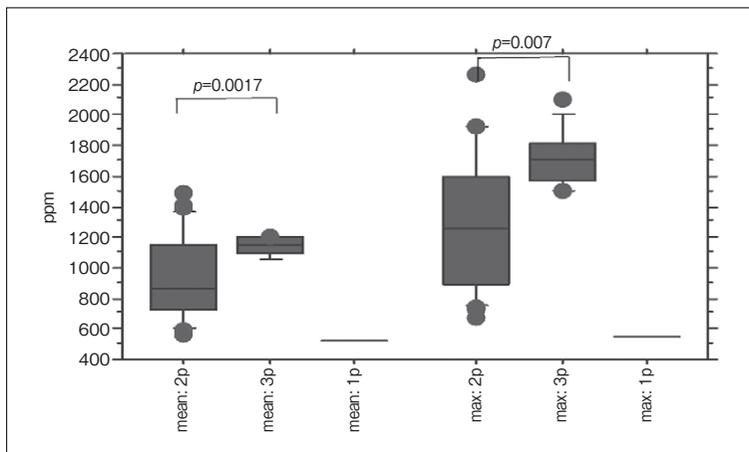


図5 検査内の人数と二酸化炭素濃度の関係

平均濃度、最大濃度ともに、被験者が一人の場合よりも、付添人がいる場合の方が有意に高い値を示した（平均濃度： $p=0.0017$ 、最大濃度： $p=0.007$ ）。

1p: 1人（検査者のみ）、2p: 2人（被験者と検査者）、3p: 3人（被験者、検査者、付添人）

では常に低いという点が注目に値する。乳房および小児では、発語が多い(乳房では部位や症状等を聞く、あるいは被験者への声かけが必須であること、小児では親や本人への問診・声かけが多いこと)が要因と考えられる。反対に、頸部の検査では、その検査部位から、必然的に発語が困難であることが影響していると考えられる。発語はせずに呼吸を反復する腹部検査では乳房等に比較し濃度が低く保たれているという点も考慮すると、「発語」が重要な因子であると考えられる。

感染対策開始後、2021年3月18日まで、当部門を通じての院内感染は確認されていない。ただし、これらの対策は、各検査に必要な作業負荷と時間も増加する。そのため、私たちは、臨床各科において必須な検査への影響を及ぼさないよう勘案しつつ、制御可能な検査の数を調整すると同時に、随時更新される各学会発出の感染制御に関するガイドラインをまとめ、すべての医師と共有することにより、検査件数の制御に関して相互の理解を深めるよう努めた。

## 結 論

超音波検査室で検査前後のCO<sub>2</sub>濃度を測定し、検査部位ごとの濃度の比較や経時の変化を調べた。

近代的換気設備を備えた病院であっても、超音波検査室の二酸化炭素濃度は検査直後に上昇し、検査前の濃度に回復するまでに少なくとも15分を要する事が判明した。特に、発語を伴う検査および、検査室内の人数が、検査室内の空気環境に有意に影響を及ぼすことが明らかとなった。

新興感染症であるCOVID-19感染は全世界的に急激に拡大し、その防護策についても、完全に検証されたものは未だなく、日本における感染流行が1年以上におよぶ現在にても、クラスターは頻発している。

2021年4月発出の厚生労働省通知にても、厚生労働科研関連研究結果に基づき、医療施設における換気状況の把握が重要であることが明記されており、感染制御の観点においては、今後も効果的な換気を継続的に行っていく必要がある。

**利益相反**：全著者において利益相反なし

## 参考文献

- 1) Bao L, Gao H, Deng W, et al. Transmission of SARS-CoV-2 via close contact and respiratory droplets among hACE2 mice [published online ahead of print, 2020 May 23]. *J Infect Dis.* 2020; jiaa281. doi:10.1093/infdis/jiaa281
- 2) Guo ZD, Wang ZY, Zhang SF, et al. Aerosol and surface distribution of severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 in hospital wards, Wuhan, China, 2020. *Emerg Infect Dis* 2020;26. <https://doi.org/10.3201/eid2607.200885>.
- 3) Ong SW, Tan YK, Chia PY, et al. Air, surface environmental, and personal protective equipment contamination by severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (SARS-CoV-2) from a symptomatic patient. *JAMA* 2020. <https://doi.org/10.1001/jama.2020.3227>.
- 4) van Doremalen N, Bushmaker T, Morris DH, et al. Aerosol and surface stability of SARS-CoV-2 as compared with SARS-CoV-1. *N Engl J Med* 2020; 382:1564e7.
- 5) Liu Y, Ning Z, Chen Y, et al. Aerodynamic analysis of SARS-CoV-2 in two Wuhan hospitals. *Nature* 2020. <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2271-3>.
- 6) 厚生労働省 新型コロナ感染症について・感染拡大防止と医療提供体制の整備(クラスター対策)「冬場における「換気の悪い密閉空間」を改善するための換気について」  
<https://www.mhlw.go.jp/content/10906000/000698849.pdf>
- 7) 厚生労働省 建築物環境衛生管理基準について  
<https://www.mhlw.go.jp/bunya/kenkou/seikatsu-eisei10/>
- 8) 厚生労働省「新型コロナウイルス感染症の治療を行う場合の換気設備について」の事務連絡2021年(令和3年)4月7日。  
<https://www.mhlw.go.jp/content/000766517.pdf>
- 9) 建築物における衛生的環境の確保に関する法律施行規則。  
[https://elaws.e-gov.go.jp/document?lawid=346M50000100002\\_20190701\\_501M60000100020](https://elaws.e-gov.go.jp/document?lawid=346M50000100002_20190701_501M60000100020)
- 10) 鍵直樹, 柳宇, 池田耕一, 他. 病院施設における室内環境の衛生管理に関する研究: 第1報-空気環境法定測定に準じた実態調査. 空気調和・衛生工学会 論文集2008年33巻137号 p. 39-46
- 11) 新型コロナウイルス自主調査: 2021年最新のマスク着用率は? ~世界23か国・地域調査~  
<https://www.nrc.co.jp/nryg/210210.html>

受領：2021年3月19日 採択：2021年7月16日

責任著者：松林(名本)路花

国立病院機構九州医療センター 超音波/生理検査センター・乳腺センター・放射線科・臨床研究センター  
〒810-8563 福岡市中央区地行浜1-8-1  
E-mail: namoto.roka.kh@mail.hosp.go.jp

# Evaluation of Ventilation Status by Measuring Carbon Dioxide Concentration in the Ultrasound Departments of a Hospital Facility with a Modern Mechanical Ventilation System; From the Perspective of COVID-19 Infection Control

Roka Namoto Matsubayashi, Shino Harada

National Hospital Organization Kyushu Medical Center, Department of Ultrasound and Physiology,  
Breast Care Center, Department of Radiology and Clinical Research Institute

## Abstract

Since 2020, the COVID-19 pandemic has been persisting worldwide, including Japan. At the beginning of the COVID-19 pandemic in Japan, many factors related to the route of transmission were unknown. Starting in early March 2020, our ultrasound and physiology center investigated patient behavior and took immediate action based on the assumption of the possibility of airborne transmission. Infection control within the ultrasound department is important to prevent hospital-associated transmission of COVID-19. To clarify the state of ventilation in ultrasound exam rooms, as an index of ventilation rate, the carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) concentration in our exam rooms was measured. It was found that even in a hospital equipped with the latest ventilation system, the CO<sub>2</sub> concentration in the ultrasound exam room increased immediately after the examination and took at least 15 minutes to return to the concentration observed before the examination. In particular, the exams involving speech and the number of people in the exam room significantly affected the air quality in the exam room. From the viewpoint of infection control, it is necessary to continue to provide effective ventilation in the future.

## Keywords

COVID-19 · Ventilation · Carbon dioxide · Airborne transmission · Ultrasound Department

J Jpn Coll Radiol 2021; 1: 1-8.

Copyright © Japanese College of Radiology

### Fig.1

Layout of the ultrasound and physiology department. Many laboratories are arranged in a densely packed area. There is only one window that can be controlled by the staff.

There are nine ultrasound rooms with an area of 12 to 15 m<sup>2</sup>. All rooms are equipped with air intake and exhaust vents, which are controlled by a central ventilation system and exchanged with outside air.

### Fig. 2

The schematic diagram of CO<sub>2</sub> measurement in each laboratory. The air quality tester was positioned in the flat part of the ultrasound machine, just between the subject and the examiner. The height of the air quality tester was 120 cm from the floor.

### Fig. 3

Change in the average CO<sub>2</sub> concentration over time for each test site.

The CO<sub>2</sub> concentration was significantly higher in

breast examinations than other examinations at all time points after the examination.

*MSK, musculoskeletal; abd, abdomen; no attend, no attendant*

### Fig. 4

A comparison of mean and maximum CO<sub>2</sub> concentrations during post-test measurements among the sites showed that the breast had the highest values (\*p<0.0001).

*MSK, musculoskeletal; abd, abdomen; no attend, no attendant*

### Fig. 5

Both mean and maximum concentrations were significantly higher in the presence of an attendant than with the subject alone (mean concentration: p=0.0017, maximum concentration: p=0.007).

*1p: one person (examiner alone), 2p: two persons (subject and examiner), 3p: three persons (subject, examiner, and attendant)*

Received: March 19, 2021 Accepted: July 16, 2021  
Corresponding author: Roka Namoto Matsubayashi  
National Hospital Organization Kyushu Medical Center  
1-8-1 Jigyohama, Chuo-ku, Fukuoka 810-8563, Japan  
E-mail: namoto.roka.kh@mail.hosp.go.jp