

# 集中治療室における抜管後の声帯運動評価 ～経皮的喉頭超音波検査の有用性～

## Utility of percutaneous laryngeal ultrasonography in evaluating vocal fold movement after extubation

平田尚子<sup>1)</sup>・辺土名貢<sup>2)</sup>・畠山淳司<sup>3)</sup>・栗原智宏<sup>1)</sup>・和佐野浩一郎<sup>4)</sup>

1) 独立行政法人国立病院機構東京医療センター救急科, 2) 済生会横浜市東部病院 耳鼻咽喉科, 3) 大阪医科薬科大学救急医学教室,  
4) 東海大学医学部耳鼻咽喉科・頭頸部外科・独立行政法人国立病院機構東京医療センター耳鼻咽喉科

### 要 旨

#### 【目的】

抜管後の声帯麻痺スクリーニングにおける経皮的喉頭超音波検査 (Transcutaneous laryngeal ultrasonography; TLUSG) の有用性を検討する。

#### 【方法】

2019年4月から2020年12月に当院の救命救急センターで人工呼吸器管理を行い、抜管後48時間以内にTLUSGおよび喉頭ファイバースコープによる声帯運動評価を行った患者を対象とし、それらの結果を後方視的に調査した。

#### 【結果】

対象患者は100例であり、喉頭ファイバースコープで評価困難であった2例、TLUSGで評価困難であった17例を除いた81例を解析対象とした。TLUSGで声帯麻痺あり20例、声帯麻痺なし61例と診断し、解析対象81例中74例で喉頭ファイバースコープ所見と一致していた。声帯麻痺診断でのTLUSGの感度、特異度はそれぞれ85%、93%、陽性的中率81% (95%信頼区間: 58.1-94.6)、陰性的中率95% (95%信頼区間: 86.1-99.0)であった。

#### 【結論】

TLUSGは声帯麻痺のスクリーニング検査として有用である可能性がある。

**Key Words** : 経皮的喉頭超音波検査, 集中治療室, 声帯麻痺, Point of care ultrasound (POCUS), 診療看護師 (NP)

### I. 緒言

喉頭は軟骨や空気の介在する部位であることから超音波での診断は困難とされてきたが、診断装置の進歩によって声帯運動の評価が可能となり、その評価法は経皮的喉頭超音波検査 (Transcutaneous laryngeal ultrasonography; TLUSG) として報告<sup>1,2)</sup> されている。

声帯の評価において喉頭ファイバースコープ (以下、喉頭ファイバー) は信頼性の高い評価方法であるが、経鼻的にファイバースコープを挿入するため一定の苦痛を患者に与える。また新型コロナウイルス (COVID-19) 感染症の流行により喉頭ファイバーによる診断は、咳反射に伴うエアロゾル発生の危険性があることから安易な実施は困難な状況にありTLUSGによるスクリーニング

の有用性は高いと考えられる。また、集中治療領域における、抜管後の声帯評価は気道トラブルを予測するために有用と考えられ、診療看護師（NP）がベッドサイドで実施することの意義は高いと考える。

しかし、TLUSGは描出が難しいことから、十分な評価を行うためにはトレーニングが必要である<sup>1)</sup>。Zhengshangら<sup>3)</sup>の報告で経験豊富な技師が集中治療領域における声帯麻痺評価する際に、喉頭側面から長軸超音波を施行することで喉頭ファイバーの診断と高い相関性を示している。そこで診療看護師（NP）がPoint-of-Care Ultrasound（POCUS）としてベッドサイドで行うTLUSGの声帯麻痺スクリーニング検査としての有用性を検討した。

## II. 方法

### 1. 期間と対象

2019年4月から2020年12月に当院救命救急センターにて人工呼吸器管理（挿管した場所は問わない）を施行され、抜管後48時間以内に診療看護師（NP）がTLUSGにより声帯運動の評価を施行し、同日に耳鼻咽喉科医師による喉頭ファイバーにより声帯運動評価を実

施された患者を対象とした。

### 2. 方法

単施設後ろ向き研究で、診療録からTLUSGと喉頭ファイバーによる声帯運動の評価結果を抽出した。

当院では、2017年より抜管後の声帯評価をルーチンで行っており、通常のTLUSGは、診療看護師（NP）がiViz、リニアプローブL38v（FUJIFILM SonoSite社製）を用いゲインを最高とし観察している。患者の体位は、臥床した状態で頸部正面短軸超音波（front-side transverse-axis ultrasound: FTU）にて観察している。呼吸や発声に伴う仮声帯や披裂軟骨の動きから左右差を認めた場合に動きの弱い側の声帯麻痺と判断し左右共に動きを認めない場合を両側声帯麻痺と判断している（図1）。また、耳鼻咽喉科が通常施行している鼻咽喉ファイバースコープは、鼻咽喉ファイバースコープポータブルFNL-10RBS（ペンタックス社製）を用い、耳鼻咽喉科医師が記載した診療録から声帯麻痺の有無に関する情報を抽出した。検査は、TLUSGが先行して行われTLUSGの結果を知らない状態で耳鼻咽喉科医師が喉頭ファイバーを行った。

超音波による声帯運動評価を行うためのトレーニングは、文献およびそれに付随した動画・画像資料を参考に

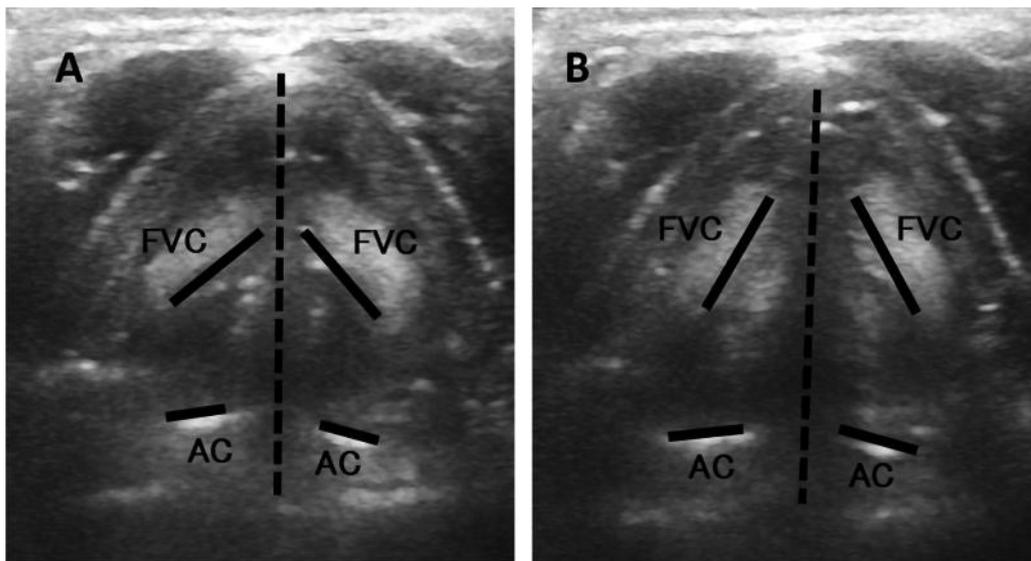


図.1 経皮的喉頭超音波検査で見た正常な仮声帯と披裂軟骨の動き

A：吸気時 B：呼気時

AC, 披裂軟骨 FVC, 仮声帯

仮声帯と披裂軟骨の動きに基づいて左右差を評価し、左右非対称の動きが見られる場合に声帯が麻痺していると判断

するとともに神奈川県立がんセンター頭頸部外科の古川まどか先生よりご指導を頂き、その後2か月間で20症例を経験することにより行った。

尚、本研究は国立病院機構東京医療センター倫理委員会の承認（承認番号R20-108）を得て実施した。

### 3. 調査項目

対象患者の性別、主病名、BMI、抜管時の意識レベルGCS、そのほか超音波検査に影響を及ぼす可能性が高いと予測される甲状軟骨の突出角度<sup>4)</sup>、甲状軟骨のCT値（Hounsfield unit: HU）<sup>5)</sup>を診療録およびCT画像から抽出した。また、声帯麻痺を評価する際に発声することで声帯の開閉を確認することを考慮し、意識レ

ベルの合計点および意識レベルの言語反応のみを抽出した。

肥満体型の有無に関してはBMIを用いて判断し、BMI 25kg/m<sup>2</sup>以上を肥満と定義した。

両甲状軟骨の角度は、CTにて仮声带上縁（喉頭隆起レベル）と、披裂部上縁（甲状軟骨上縁レベル）の角度<sup>4)</sup>を計測し、2値の平均値を甲状軟骨突出角度とした（図2）。また、甲状軟骨のCT値は、CTで甲状軟骨を含むスライスの中で披裂部上縁と仮声带上縁の2スライスにおける1時、4時、8時、11時方向（図3）で測定し、8値の平均値を石灰化の値<sup>5)</sup>とした。

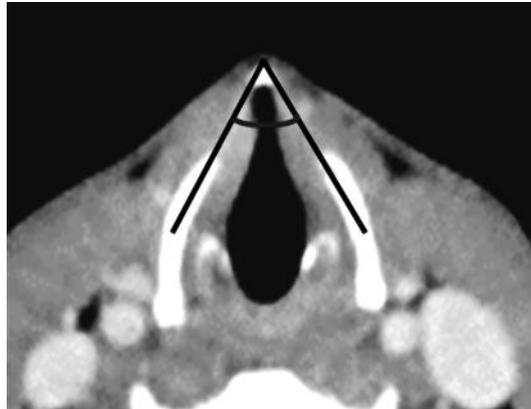


図.2 甲状軟骨突出角度：CTによる甲状軟骨両翼の角度（AとBの平均値）  
A：披裂部上縁（甲状軟骨上縁レベル）  
B：仮声带上縁（喉頭隆起レベル）

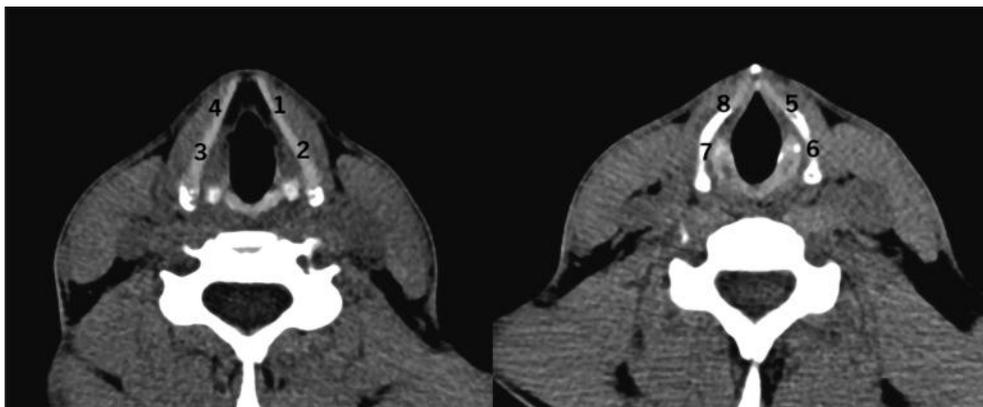


図.3 甲状軟骨のHU値  
コンピュータ断層撮影によりCT値HUを測定した解剖学的ポイント  
1～4：披裂部上縁 5～8：仮声带上縁  
HU, Hounsfield Unit

4. 統計解析

喉頭ファイバーによる声帯麻痺の評価をもとに、TLUSGの声帯運動評価における感度・特異度を算出した。喉頭ファイバーとTLUSGとの結果に相違を認める症例については、評価が一致する群（評価群）、不一致群（誤評価群）に分け年齢、性別、BMI、肥満の有無、抜管時の意識レベルGCS、発声について比較した。

解析は、IBM SPSS ver25を使用し、名義変数は頻度（%）、連続変数は中央値〔四分位範囲〕で示した。名義変数はFisherの直接法、連続変数はMann-Whitneyの検定を使用した。感度・特異度、95%信頼区間（95% CI）に関してはEZRver2.6.1<sup>6)</sup>を使用し算出した。

Ⅲ. 結果

対象患者は100例であった。TLUSGと喉頭ファイバーを行ったのはそれぞれ同じ診療看護師（NP）と、耳鼻咽喉科医師であった。

対象患者中、喉頭ファイバーで評価困難であった2例、TLUSGで評価困難であった17例を除いた81症例を解析対象とした。患者の基本的特性を表1に示す。解析対象81例のうち、敗血症患者と脳卒中患者が多く、この2つの疾患で39.6%であった。

TLUSGおよび喉頭ファイバーの結果を表2に示す。喉頭ファイバーで声帯麻痺あり20例（両側声帯麻痺9例、片側声帯麻痺11例）、声帯麻痺なし61例と診断し、対象者81例中74例でTLUSG所見と一致していた。声帯麻痺診断におけるTLUSGの感度、特異度はそれぞれ85%（95% CI：62.1~96.8）、93%（95% CI：84.1~98.2）、陽性的中率81%（95% CI：58.1-94.6）、陰性的中率95%（95% CI：86.1-99.0）であった。

TLUSGと喉頭ファイバーの結果が異なっていた7例は、両側不全声帯麻痺2例、左声帯不全麻痺1例、麻痺なし4例であった。評価群と誤評価群で比較した結果を表1に示す。年齢、性別、BMI、診断名、意識レベルに有意差はなかったが、評価と誤評価群における肥満体型（BMI ≥ 25kg/m<sup>2</sup>以上）で有意な差を認めた（13%

表.1 患者属性

属性	評価		P 値
	評価 (n = 74)	誤評価 (n = 7)	
年齢, 中央値 [IQR]	71.0 [14.748]	75.0 [18]	0.13
性別, n (%)			
男性	43 (53.1)	39 (52.7)	0.573
BMI (kg/m <sup>2</sup> ), 中央値 [IQR]	21.77 [4.059]	21.60 [4.83]	0.204
BMI ≥ 25, n (%)	9 (13)	3 (50)	0.019
診断名, n (%)			
敗血症	16 (19.8)	15 (20.3)	0.58
脳卒中	16 (19.8)	15 (20.3)	0.58
けいれん発作	11 (13.6)	10 (13.5)	0.724
消化器系疾患	10 (12.3)	10 (13.5)	0.382
心肺停止後	6 (7.4)	6 (8.1)	0.571
外傷	5 (6.2)	5 (6.8)	0.629
うっ血性心不全	5 (6.2)	3 (4.1)	0.057
その他	12 (14.8)	10 (13.5)	0.276
意識レベル (GCS)			
GCS: 最良言語反応 中央値	4	3	0.753
GCS: 合計 中央値	14	12.5	0.959
観察中に発声なし (%)	18 (24.3)	1 (14.3)	0.477
甲状軟骨突出角度 中央値	78	82.8	0.496
甲状軟骨HU 値 中央値	124.8	119.3	0.338

表.2 TLUSGと喉頭ファイバーの比較 (n = 81)

		喉頭ファイバー	
		声帯麻痺 (+)	声帯麻痺 (-)
TLUSG	声帯麻痺 (+)	17	4
	声帯麻痺 (-)	3	57

TLUSG, Transcutaneous laryngeal ultrasonography

vs.50%, p = 0.019).

解析対象のうち、入院中に頸部を含むCT撮影をした患者67例に対して甲状軟骨突出角度と甲状軟骨CT値を評価群61例と誤評価群6例で比較した。甲状軟骨突出角度はそれぞれ78.0° vs.82.8° (p = 0.496), 甲状軟骨CT値はそれぞれ, 124.8 vs.119.3 (p = 0.338) で有意差は認めなかった。

#### IV. 考察

本研究は、抜管後の声帯麻痺のスクリーニング検査において、TLUSGが有用であるか検討した単施設の後ろ向き研究である。声帯の動きを超音波で評価することは1989年から報告されており、その後も経験豊富な外科医師が行う声帯評価の有用性<sup>7)</sup>、本邦における小児声帯麻痺に対する声帯超音波の有用性<sup>8)</sup>が報告されている。また、ICU入室患者を対象に超音波検査の短軸 (FTU) と長軸 (lateral-side longitudinal-axis ultrasound: LLU) の精度を比較した研究が報告されている<sup>3)</sup>。

今回、診療看護師 (NP) が行った声帯麻痺評価におけるTLUSGの感度、特異度はそれぞれ85%, 93%であった。これは、Zhengshangら<sup>3)</sup>によるICU入室患者について実施したFTUにおける感度、特異度と比較して同程度の結果であった。しかし、Zhengshangらによる報告では、LLUとの併用で感度が100%, 特異度が95.8%まで上昇しており<sup>3)</sup>、併用により精度を上げることが可能と予測された。

TLUSG実施において、外科レジデントの場合、短期間のトレーニングを受ければ7回の検査でTLUSGの技術を習得でき、40回のTLUSGで声帯機能を正確に評価できると報告がある<sup>1)</sup>。今回、診療看護師 (NP) が同様の経過を経て感度85%, 特異度93%の結果が得られており、今回の研究では声帯麻痺の評価が可能であった。これは、POCUSの機能的な臨床カテゴリーのなか

の「症状または症候ベース：患者の症状または徴候 (例：息切れ) に基づいてクリニカルパスウェイで使用される超音波検査」に分類され<sup>9)</sup>、抜管後の嘔声や唾液のむせこみなどの症状や症候に基づいて施行されることが予測される。POCUSとしてTLUSGが活用できる可能性が考えられた。

特に陰性的中率が95.0%と高かったことは「TLUSGで麻痺なしと判断すれば、高い確率で麻痺がない」ということであり、スクリーニングの手段としては非常に有用であると考えられる。従来は抜管後に喘鳴や嘔声や誤嚥などを認めた場合に声帯麻痺を疑い、耳鼻咽喉科医に依頼して喉頭ファイバーを施行していたが、新型コロナウイルス感染症の感染拡大防止の観点から、エアロゾル発生リスクを鑑みると最低限の施行が望ましい。他の症状の観察にTLUSGの結果を組みあわせることで喉頭ファイバーの必要な症例を正確に選択することが可能になっていくと考えられる。

また、TLUSG実施において誤評価した原因を解析した。超音波検査の特性上、石灰化のある部位では検査の成功率が著しく低いことがわかっている<sup>7)</sup>。またエコープローブと体表の接地面がしっかりしていることが評価において有利であるが、甲状軟骨が突出しているとプローブの接触面積の確保が難しい。そのため、喉頭隆起を認める男性の検査は困難であることが予測され、実際に声帯麻痺の評価で女性は94%, 男性は53%の評価であったとの報告がある<sup>10)</sup>。これらを踏まえると、高齢男性の誤評価率が高いと予測されていたが、今回の研究では、年齢、性別、甲状軟骨突出角度、甲状軟骨CT値に有意差を認めておらず、喉頭隆起周囲において仮声帯と披裂軟骨が詳細に可視化できる様プローブの操作を細かく走査することでこれらの項目による影響を最小限に留めることができたのではないかと考えている。

続いて評価時の手技について、通常の呼吸時は両側の声帯の動きが小さく観察しにくい。しかしValsalva法

で息を止めることで声帯は正中線上に内転し、息を吸うときに外転することで両側の声帯の可動性を大きくとらえることができるとされている<sup>7)</sup>。意識レベルの低下した患者で従命に応じられない場合などに意識レベルや発声の有無が評価に影響している可能性を検討したが Glasgow Coma Scale (GCS) の言語反応および合計点ともに中央値に有意差は認めなかった。実際、TLUSGの観察者は通常の呼吸運動に伴って仮声帯や破裂軟骨の動きに左右差がないかで評価をしていた。このことから不全麻痺に関しては評価が困難である可能性があるが、不全麻痺患者のサンプル数が不足しており今回の研究では検討は困難であった。

## V. 本研究の限界と課題

単施設での研究でTLUSGの実施者が診療看護師(NP)一人であることから他の実施者でも同様の結果が得られるかの評価がなされていない点が挙げられた。また後方視的研究であり、CT所見など欠損値が存在すること、有意性を述べるのに十分なサンプルサイズが準備できていない可能性も考慮する必要がある。また、より簡便に評価が可能な嚔声の有無や挿管場所、期間、挿管チューブの太さなど検査前確率に影響を及ぼす項目に関して、解析ができていない点が挙げられた。

今後、診療看護師(NP)が日常的に行っている、TLUSGの有用性を検討するために、今後は手技を一般化し複数の実施者で検討していく必要がある。

## VI. 結語

集中治療領域における抜管後の患者に生じる症状(嚔声や喘鳴、誤嚥など)に対して、TLUSGをスクリーニングとして行うことにより、喉頭ファイバーを早めに実施する症例や気道管理を詳細に行う必要のある症例を選出できる可能性が示唆された。

## 謝辞

本研究を実施するにあたり、頸部超音波診断についてご指導をいただきました神奈川県立がんセンター頭頸部外科の古川まどか先生に、心より感謝申し上げます。

## 利益相反

本研究遂行において利益相反は存在しない。

## 文献リスト

- 1) Kai-Pun Wong, Brian Hung-Hin Lang, Shi Lam, et al: Determining the Learning Curve of Transcutaneous Laryngeal Ultrasound in Vocal Cord Assessment by CUSUM analysis of Eight Surgical Residents: When to Abandon Laryngoscopy. World J Surg ,40: 659-664,doi;10.1007/s00268-015-3348-2.
- 2) Kai-Pun Wong, Kin-Pan Au, Shi Lam, et al: Lessons Learned After 1000 Cases of Transcutaneous Laryngeal Ultrasound (TLUSG) with Laryngoscopic Validation : Is There a Role of TLUSG in Patients Indicated for Laryngoscopic Examination Before Before Thyroidectomy?. THYROID,27: 88-94,doi;10.1089/thy.2016.0407.
- 3) Zhengshang Ruan, Rongrong Ren, et al: Assessment of vocal cord movement by ultrasound in the ICU. Intensive Care Med, 44 : 2145-2152,doi;10.1007/s00134-018-5469-1.
- 4) Doron Sagiv, Ana Eyal, Jobran Mansour, et al: Novel Anatomic Characteristics of the Laryngeal Framework: A Computed Tomography Evaluation. Otolaryngology-Head and Neck Surgery ,154: 674-678,doi;10.1177/0194599815627781.
- 5) Ashley E. Wenaas, Brandon Tran, et al: The Progression of Thyroid Cartilage Calcification as It Relates to the Utilization of Laryngeal Ultrasound. Laryngoscope, 126: 913-917,doi;10.1002/lary.25582.
- 6) Y Kanda: Investigation of the freely available easy-to-use software 'EZR' for medical statistics. Bone Marrow Transplantation,48: 452-458,doi;10.1038/bmt.2012.244.
- 7) D.Carneiro-Pla, B.S.Miller, et al: Feasibility of

- surgeon-performed transcutaneous vocal cord ultrasonography in identifying vocal cord mobility: A multi-institutional experience. *Surgery*,156: 1597-1602,doi;10.1016/j.surg.2014.08.071.
- 8) 金子尚樹, 長谷川智巳, 吉田美苗, 他: 小児声帯麻痺に対する声帯エコー評価の有用性. *日集中医誌*, 27: 453-458,doi;10.3918/jsicm.27\_453.
- 9) American College of Emergency Physicians: Emergency ultrasound guidelines. *Ann Emerg Med*,53: 550-570,doi;10.1016/j.annemergmed.2008.12.013.
- 10) Wang, Cheng-Ping, Chen, Tseng-Cheng, et al: Transcutaneous ultrasound for evaluation of vocal fold movement in patients with thyroid disease. *European journal of radiology*,81: e288-e291,doi;10.1016/j.ejrad.2011.09.020.
- 11) Kandil E, Deniwar A, et al: Assessment of vocal fold function using transcutaneous laryngeal ultrasonography and flexible laryngoscopy. *JAMA Otolaryngo Head Neck Surg*, 24: 197-202,doi;10.1001/jamaoto.2015.2795.

## Abstract

### 【Objective】

This study aimed to evaluate the utility of transcutaneous laryngeal ultrasonography (TLUSG) in vocal cord paralysis screening after extubation.

### 【Methods】

From April 2019 to December 2020, patients who underwent ventilator management at our emergency and critical care unit and were evaluated for vocal fold movement by TLUSG and laryngeal fiber scans within 48 hours after extubation were included. The results were studied retrospectively.

### 【Result】

One hundred patients were included in this study. Two and 17 out of 100 were excluded due to difficulty in evaluation with laryngeal fiberoscopy and TLUSG, respectively. Based on TLUSG, 20 patients had vocal fold paralysis and 61 did not. The TLUSG was consistent with the laryngeal fiberoscopy findings in 74 of 81 subjects. The sensitivity and specificity of TLUSG for the diagnosis of vocal cord paralysis were 85% and 93%, respectively, and had a positive predictive value of 81% (95% confidence interval: 58.1-94.6) and a negative predictive value of 95% (95% confidence interval: 86.1-99.0).

### 【Conclusion】

TLUSG may be useful for vocal fold paralysis screening.

**Key Words** : transcutaneous laryngeal ultrasonography, Intensive Care Unit (ICU), vocal cord paralysis, Point-of-care ultrasound (POCUS), Nurse Practitioner (NP)