

## 総説

## 咳嗽力評価の臨床的意義と今後の研究\*

馬屋原康高<sup>1),2)</sup> 関川 清一<sup>3)</sup> 河江 敏広<sup>4)</sup>  
曾 智<sup>2)</sup> 大塚 彰<sup>1)</sup> 辻 敏夫<sup>2)</sup>

## 要旨

高齢者の肺炎の約80%が誤嚥性肺炎であり、誤嚥性肺炎リスクを早期に発見し対応することが急務である。嚥下機能と咳嗽能力の関連があることが報告されており、咳嗽能力を評価することは重要である。その評価指標の一つとして、咳嗽時の最大呼気流量（CPF）が用いられている。CPF値が270 L/min以下となった場合、呼吸器感染症を発症すると、急性呼吸不全に陥る可能性があるとして、160 L/min以下では、気管内挿管も考慮される値と報告されている。その他242 L/min未満が誤嚥性肺炎のカットオフ値として報告されている。臨床的には、そのカットオフ値を参考に低下したCPFを種々の咳嗽介助法を用いてカットオフ値以上に引き上げることが重要となる。さらに筆者らは、咳嗽音を用いてより簡便な咳嗽力の評価方法を提案している。誤嚥性肺炎を予防する第1歩としてより幅広く咳嗽力評価が用いられることを期待する。  
(理学療法の臨床と研究 28:9-14, 2019)

キーワード 咳嗽、咳嗽力、咳嗽音

## 1. 誤嚥性肺炎リスクと咳嗽力

平成26年に実施された厚生労働省の統計調査によると、日本人の死因の第3位は肺炎で年々増加傾向にある。さらに、70歳以上で発症した肺炎の約80%が誤嚥性肺炎であったという報告もある<sup>1)</sup>。2011年には日本呼吸器学会より医療・介護関連肺炎（Nursing and healthcare-associated pneumonia: NHCAP）が発表されており<sup>2)</sup>、医療・介護施設に入所し誤嚥性肺炎を発症した高齢者に対して、投薬治療だけではなく口腔ケアやリハビリテーションの必要性が明記されている。NHCAPは市中肺炎と比較し、再入院率が22%と有意に高いことが報告されている<sup>3)</sup>。したがって、誤嚥性肺炎リスクを早期に発見し、対応することが急務である。

先行研究では、嚥下機能と咳嗽能力の関連について

報告されており<sup>4)</sup>、誤嚥性肺炎のリスク管理を行う上で、嚥下機能だけではなく、咳嗽能力を評価することは重要である。咳嗽とは、外部から侵入しようとする細菌などの異物を除去するための重要な生体防御反応とされている<sup>5,6)</sup>。咳嗽の評価方法は、その目的により様々である。例えば、咳反射の評価には酒石酸を用いた咳誘発試験<sup>7)</sup>、喘息患者に対しては咳嗽の程度、性状、頻度の評価<sup>8,9)</sup>、気道クリアランス能力（外界より吸入された細菌などの異物や気道内の分泌物および細胞残渣などを粘液線毛輸送によって口側へ搬送し排痰させる能力）を反映する咳嗽力評価には咳嗽時の最大呼気流量（CPF: cough peak flow）が用いられている<sup>10-12)</sup>。なかでも、最も理学療法士が測定する機会が多いであろう咳嗽力について、その測定意義や測定方法を中心に述べる。

## 2. CPFの測定意義

CPF（PCFと称されることもある）の評価は、脊髄損傷やデュシェンヌ型筋ジストロフィーなど神経や筋疾患を対象とした研究が多く種々の学会が発表したガイドラインにも記載されている<sup>13-16)</sup>。さらにこの10年間で、高齢者を対象とした研究が多くなされ<sup>4,17-19)</sup>、高齢者の気道クリアランス能力や誤嚥性肺炎リスクを反映する測定項目として注目されている。Bachら<sup>20)</sup>は、12歳以上の指標としてCPFが270 L/min以下となった場合、呼吸器感染症を発症すると急性呼吸不全に陥る可能性があるとし、160

\* Clinical Significance of and Future Research on Cough Strength Assessment

1) 広島都市学園大学健康科学部リハビリテーション学科  
Faculty of Health Science, Department of Rehabilitation, Hiroshima Cosmopolitan University  
2) 広島大学大学院工学研究科システムサイバネティクス専攻生体システム論  
Department of System Cybernetics, Institute of Engineering, Hiroshima University  
3) 広島大学大学院医歯薬保健学研究科  
Institute of Biomedical and Health Sciences, Hiroshima University  
4) 広島大学病院診療支援部リハビリテーション部門  
Department of Clinical Support, Hiroshima University Hospital  
(受付日2018年8月30日/受理日2018年11月7日)

L/min 以下では、気管内挿管も考慮される値と報告している<sup>21)</sup>。さらに Bianchi ら<sup>22)</sup> は嚥下障害を合併する症例でも CPF が 242 L/min 以上の場合、誤嚥性肺炎などの肺合併症を発症しなかったと報告している（感度 77%、特異度 83%）。さらに日本人を対象とした研究では、自己排痰が可能な CPF 値は 240 L/min 以上で（感度 81.2%、特異度 94.5%）、気管吸引が必要となる値は 100 L/min であった（感度 76.2%、特異度 83.6%）<sup>18)</sup>。このように CPF の評価基準についてはその評価目的により様々で、それぞれ重要な意味を持つ。

### 3. 咳嗽のメカニズムと測定方法

#### 1) 咳嗽のメカニズム

咳嗽運動は 4 相に分類され、第 1 相は咳嗽反射の誘発相、第 2 相は吸気相、第 3 相は圧縮相、第 4 相は呼気相とされている（図 1）<sup>23)</sup>。咳嗽の特徴は第

3 相で声門閉鎖により呼気が圧縮され、第 4 相にて一期に声門を開放することで高い流速を得る点である。一方、自己排痰方法として知られているハフティングは声門閉鎖を用いず、呼気努力だけで流量を得るという点で明確に相違している。その特徴を踏まえた上で、咳嗽を測定する必要がある。

#### 2) CPF の測定方法

咳嗽の測定には、圧式流量計や熱線流量計を用いて測定するスパイロメーターおよび簡易的な測定方法であるピークフローメーターが用いられる（図 2-a, b）。さらに消耗品としてフェイスマスクと感染予防用のフィルタを用い（図 2-c, d）、スパイロメーターやピークフローメーターにそれらを接続して測定する。測定は座位で行うが臨床的に臥位で行う場合もある。臥位で CPF を測定する場合にピークフローメーターを用いると測定値が低くなる可能性があることから<sup>24)</sup>、測定肢位を統一するなど注意

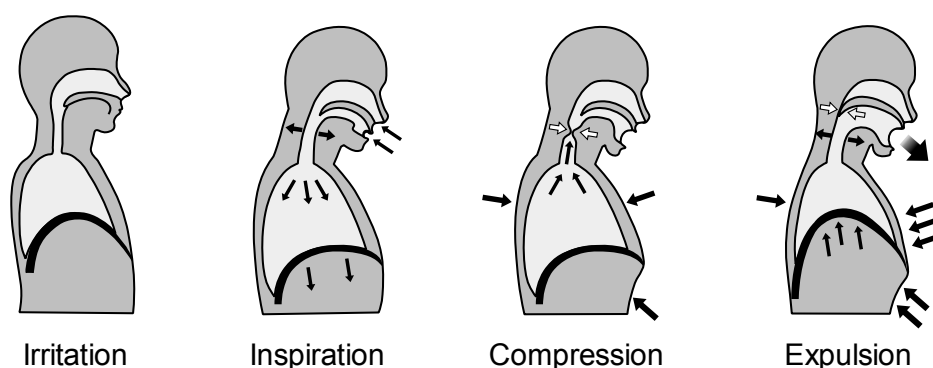


図 1 4 相からなる咳嗽運動

Fink らの文献を改編した<sup>23)</sup>。第 1 相 (Irritation: 誘発)、第 2 相 (Inspiration: 吸気)、第 3 相 (Compression: 圧縮)、第 4 相 (Expulsion: 呼出)。

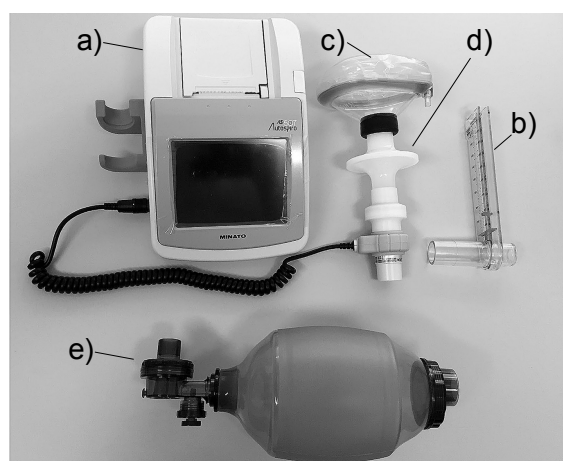


図 2 CPF 測定のための使用機器

a) スパイロメーター、b) ピークフローメーター、c) フェイスマスク、d) 感染予防フィルタ、e) 救急蘇生バッグ

が必要である。また、被験者には事前に測定方法を十分説明し咳嗽の練習を行うことが必要である。測定時は、フェイスマスクから空気漏れの無いように顔面に密着させ最大吸気位から最大努力にて咳嗽を行う。測定回数は3回とし、その最大値を採用する。この方法は、日本リハビリテーション医学会のガイドラインにも記載され<sup>16)</sup>、日本人を対象とした研究にて信頼性と妥当性が確認されている<sup>19)</sup>。なお測定にスパイロメーターを使用する場合には、努力肺活量を測定するモードを使用し、得られた Peak flow 値が CPF 値となる。また先行研究では、感染予防フィルタの使用やシングルユースのフェイスマスクを使用するなど十分な感染予防策が施されていない報告が多い。易感染性の患者を対象として咳嗽力評価をする場合が多く、咳をすれば必ず感染源である飛沫が生じるため、感染予防策は必ず行うべきである。

### 3) CPF 測定のポイント

CPF をより正確に測定するためのポイントを以下に述べる。

#### a) 咳嗽の練習を行う

高齢者に対し咳嗽を随意的に行うように指示すると、明らかに咳ではなく「ゴホン！」という発声になってしまう場合、軽い咳ばらいを繰り返してしまう場合など様々で、理解力も低下している場合がある。したがって導入時には、十分な指導と複数回の練習が必要である<sup>19)</sup>。

#### b) フェイスマスクのフィッティング

フェイスマスクからの空気漏れにより測定値が不正確なものになってしまうことは筆者もよく経験するところである。特に、鼻根部、口唇の両側、顎の

部分からリークすることが多く、これらの部位を意識しながらフェイスマスクを顔面に当てる必要がある。ただし顎を圧迫しすぎると、頭部の屈曲を誘発し気道が開きにくくなってしまうことがあるので注意が必要である。

#### c) 確実な声門閉鎖の確認

前述の通り咳嗽は4相に分類され第3相では声門閉鎖によって呼気が圧縮される。被験者の中には、ハフing様の呼気となってしまう場合や、声門ではなく口唇や口腔内で気道を閉鎖してしまう場合が見受けられる。その様な場合には、第3相で開口させると確実に声門閉鎖を促すことができる。

### 4) その他の CPF 評価

神経筋疾患では、前述の CPF 測定に加え介助咳嗽時の CPF (Assisted CPF)、最大強制吸気 (MIC: Maximum insufflation capacity) からの咳嗽 (CPF (MIC))、MIC からの介助咳嗽 (Assisted CPF (MIC)) が用いられている<sup>25)</sup>。最大強制吸気は、救急蘇生バッグ (図2-e) (商品名であるアンビューバックの名称が用いられることが多い) を用いて強制的に吸気を行わせ声門で吸気を留める (air stacking) ことで得られる。また、救急蘇生バッグを使用せず舌咽呼吸にて自力で MIC を得ることができる事例もある。このように神経筋疾患では気道クリアランス能力を維持するため、そのカットオフ値である 270 L/min を基準に排痰手段を検討する。そのために、CPF もその条件に合わせて測定する必要がある。図3にその一例を紹介する。この症例は、夜間のみ非侵襲的呼吸管理を行うデュシェンヌ型筋ジストロフィー患者である。この症例におけ

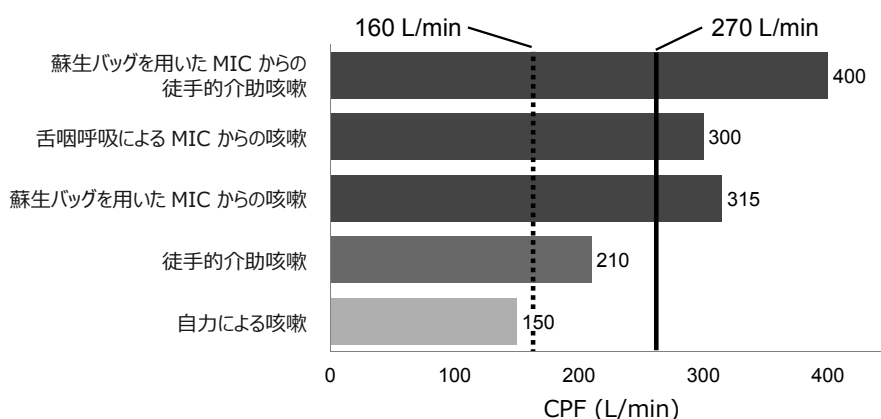


図3 デュシェンヌ型筋ジストロフィー患者における種々の CPF 測定の一例  
10代男性のデュシェンヌ型筋ジストロフィー患者 (自験例)。座位保持は介助を要し、移動は電動車椅子を使用している。  
MIC: 最大強制吸気量、CPF < 160 L/min: 器械的排痰介助を用いても排痰困難な場合は、気管内挿管が考慮される値、160 ≤ CPF < 270 L/min: 12歳以上では、上気道感染や誤嚥による気管内異物の排出が困難となる危険性が高くなる値。

る自力での CPF は 160 L/min を下回り挿管も検討される値であるが、種々の排痰介助方法を検討することでカットオフ値である 270 L/min 以上を維持している。したがって、単に CPF だけではなくその介助法に合わせて Assisted CPF、CPF(MIC)、Assisted CPF(MIC) を測定すべきである。さらに近年では、器械的排痰補助装置 (MI-E) を用いて咳嗽介助を行った場合の呼気流量 (MIE-EF) を測定し、気道クリアランス能力を評価している<sup>26,27)</sup>。MIE-EF については、まだ報告が少なく今後の研究を期待したい。

#### 4. 咳嗽力に影響を与える因子

咳嗽メカニズムの第 1 相は咳嗽反射を反映しており、その評価には咳感受性テストが用いられているが、近年では重症心身障がい児 (者) を対象として酒石酸を用いて咳嗽を誘発した時の CPF 測定について報告されている<sup>28)</sup>。VF 上誤嚥を認めた症例の中で、半年以内に 3 回以上熱発を発症していた群はそうでない分に比べ CPF や咳感受性の低下が認められ、CPF と咳感受性の関連性が示唆されている。また Bianchi ら<sup>29)</sup> は、CPF と年齢や身長、体表面積との関連性を報告している。さらに肺活量、胸郭拡張差、呼吸筋力との関連性も報告されており<sup>30)</sup>、CPF には様々な要因が影響することが示唆される。

#### 5. 咳嗽音を用いた新しい咳嗽力評価の提案

古くから呼吸音と流量には関連性があることが知られている<sup>31, 32)</sup>。筆者らは咳嗽音も呼気流量である CPF と関連性があることを明らかにし、咳嗽音を用いた CPF の予測モデルを提案した<sup>33, 34)</sup>。この方法は、市販のイヤホン型マイクロフォンやスマートフォンに内蔵されたマイクロフォンを用いて咳嗽音を測定

することから、簡便で持ち運びも容易であり在宅診療においても導入しやすいのが特徴である (図 4)。現在では、高齢者や患者への応用を進めると同時に、咳嗽音を用いた予測 CPF 値 (CPS) を測定する iOS アプリケーションを作成し実用化を目指している。今後 CPS 値が新たな咳嗽力の一指標として用いられ、診療の一助となることを期待したい。

#### 6. まとめ

咳嗽力の測定は、高齢者の誤嚥性肺炎リスクや神経筋疾患における気道クリアランス能力を評価する上で重要な評価指標の一つである。咳嗽力の測定には CPF が用いられている。単に CPF を測定するだけではなく、種々の咳嗽介助方法において詳細に評価する必要がある。また近年では、在宅診療等でより簡便に低コストでの咳嗽力測定を可能にするため咳嗽音を用いた方法が検討されている。したがって、医療機関だけでなく地域の通所施設や在宅診療にて幅広く咳嗽力評価が普及し、誤嚥性肺炎リスクを早期に感知する一助となることを期待する。

#### 【文献】

- 1) Teramoto S, Fukuchi Y, et al.: High incidence of aspiration pneumonia in community- and hospital-acquired pneumonia in hospitalized patients: a multicenter, prospective study in Japan. Journal of the American Geriatrics Society. 2008; 56: 577-579.
- 2) 医療・介護関連肺炎 (NHCAP) 診療ガイドライン作成委員会 (編): 医療・介護関連肺炎診療ガイドライン 第 1 版. 日本呼吸器学会, 東京, 2011.
- 3) 鈴木 努, 八塩 ゆり子, 他: 市中肺炎・医療介護関連

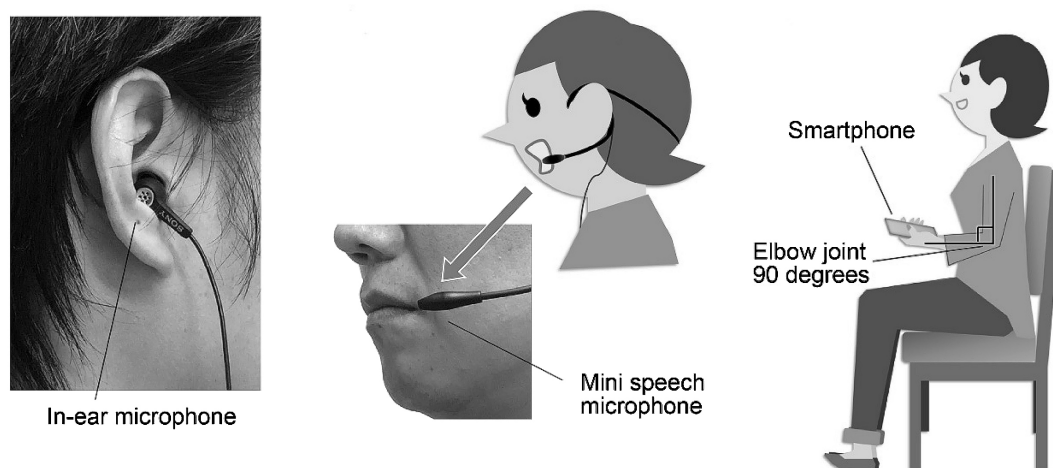


図 4 咳嗽音の測定方法 (文献 34 を改編)

- 肺炎患者のリハビリテーション介入. 日本呼吸ケア・リハビリテーション学会誌. 2016; 26: 96-100.
- 4) 福岡 達之, 川阪 尚子, 他: 嚥下障害患者に対する随意咳嗽の空気力学的測定と誤嚥の関連. 言語聴覚研究. 2011; 8: 131-138.
- 5) Schmit KM, Coeytaux RR, et al.: Evaluating cough assessment tools: a systematic review. Chest. 2013; 144: 1819-1826.
- 6) Irwin RS, Boulet L-P, et al.: Managing Cough as a Defense Mechanism and as a Symptom. Chest. 1998; 114: 133S-181S.
- 7) Morice AH, Fontana GA, et al.: ERS guidelines on the assessment of cough. The European respiratory journal. 2007; 29: 1256-1276.
- 8) Sinha A, Lee KK, et al.: Predictors of objective cough frequency in pulmonary sarcoidosis. European Respiratory Journal. 2016; 47: 1461-1471.
- 9) 平井 康太, 望月 博之: 小児咳嗽診断・治療のストラテジー 咳嗽の客観的なモニタリングの試み. 日本小児呼吸器疾患学会雑誌. 2012; 23: 56-60.
- 10) Chatwin M, Toussaint M, et al.: Airway clearance techniques in neuromuscular disorders: A state of the art review. Respir Med. 2018; 136: 98-110.
- 11) Bach JR: Update and perspectives on noninvasive respiratory muscle aids. Part 1: The inspiratory aids. Chest. 1994; 105: 1230-1240.
- 12) Finder JD, Birnkrant D, et al.: Respiratory care of the patient with Duchenne muscular dystrophy: ATS consensus statement. Am J Respir Crit Care Med. 2004; 170: 456-465.
- 13) Strickland SL, Rubin BK, et al.: AARC clinical practice guideline: effectiveness of nonpharmacologic airway clearance therapies in hospitalized patients. Respir Care. 2013; 58: 2187-2193.
- 14) Hull J, Aniapravan R, et al.: British Thoracic Society guideline for respiratory management of children with neuromuscular weakness. Thorax. 2012; 67 Suppl 1: i1-40.
- 15) Akashiba T, Ishikawa Y, et al.: The Japanese Respiratory Society Noninvasive Positive Pressure Ventilation (NPPV) Guidelines (second revised edition). Respiratory investigation. 2017; 55: 83-92.
- 16) 日本リハビリテーション医学会 (監): 神経筋疾患・脊髄損傷の呼吸リハビリテーションガイドライン (第1版). 金原出版, 東京, 2014.
- 17) 鈴木 あかり, 金子 秀雄: 地域在住高齢者における咳嗽力と呼吸機能、運動機能、口腔嚥下機能の関連. 理学療法科学. 2017; 32: 521-525.
- 18) 山川 梨絵, 横山 仁志, 他: 排痰能力を判別する cough peak flow の水準 中高齢患者における検討. 人工呼吸. 2010; 27: 260-266.
- 19) 山川 梨絵, 横山 仁志, 他: Cough Peak Flow 測定の信頼性と妥当性. 日本呼吸ケア・リハビリテーション学会誌. 2012; 22: 110-114.
- 20) Bach JR, Ishikawa Y, et al.: Prevention of pulmonary morbidity for patients with Duchenne muscular dystrophy. Chest. 1997; 112: 1024-1028.
- 21) Bach JR, Saporito LR: Criteria for extubation and tracheostomy tube removal for patients with ventilatory failure. A different approach to weaning. Chest. 1996; 110: 1566-1571.
- 22) Bianchi C, Baiardi P, et al.: Cough peak flow as a predictor of pulmonary morbidity in patients with dysphagia. American journal of physical medicine & rehabilitation. 2012; 91: 783-788.
- 23) Fink JB: Forced expiratory technique, directed cough, and autogenic drainage. Respir Care. 2007; 52: 1210-1221; discussion 1221-1213.
- 24) 馬屋原 康高, 関川 清一, 他: ピークフローメータの測定位置が Cough Peak Flow に与える影響について. 日本呼吸ケア・リハビリテーション学会誌. 2016; 26: 210s.
- 25) 三浦 利彦, 石川 悠加, 他: Duchenne 型筋ジストロフィーにおける喀痰喀出能力 最大呼気流速と関連因子の考察. 理学療法学. 1999; 26: 143-148.
- 26) Bach JR, Gimenez GC, et al.: Mechanical In-Exsufflation-Expiratory Flows as Indication for Tracheostomy Tube Decannulation: Case Studies. American journal of physical medicine & rehabilitation. 2018.
- 27) Bach JR, Upadhyaya N: Association of Need for Tracheotomy With Decreasing Mechanical In-Exsufflation Flows in Amyotrophic Lateral Sclerosis. American journal of physical medicine & rehabilitation. 2018; 97: e20-e22.
- 28) 浅野 一恵, 村上 哲一, 他: 重症心身障害児者の誤嚥性肺炎発症リスク検出における酒石酸咳反射テストの有用性. 日本摂食・嚥下リハビリテーション学会雑誌. 2011; 15: 183-189.
- 29) Bianchi C, Baiardi P: Cough peak flows: standard values for children and adolescents. American journal of physical medicine & rehabilitation. 2008; 87: 461-467.
- 30) 垣内 優芳, 藤原 麻子, 他: 中高齢者の随意的咳嗽力に関連する因子. 日本呼吸ケア・リハビリテーション学会誌. 2015; 25: 272-275.
- 31) Kraman SS: The relationship between airflow and lung sound amplitude in normal subjects. Chest. 1984; 86: 225-229.

- 32) Dosani R, Kraman SS: Lung sound intensity variability in normal men. A contour phonopneumographic study. Chest. 1983; 83: 628-631.
- 33) Umayahara Y, Soh Z, et al.: Ability to cough can be evaluated through cough sounds: An experimental investigation of effects of microphone type on accuracy, In Proceedings of the 2017 IEEE/SICE International Symposium on System Integration (SII); 2017, pp. 936-941.
- 34) Umayahara Y, Soh Z, et al.: Estimation of Cough Peak Flow Using Cough Sounds. Sensors. 2018; 18: 2381.