

令和 2 年 7 月 4 日現在

機関番号：34606
研究種目：若手研究
研究期間：2018～2019
課題番号：18K15425
研究課題名(和文) 量カプノグラムの微分波形分析法による新しいクロージングボリューム測定法の開発

研究課題名(英文) Development of the new analyzing of closing volume by the derivative wave method using volumetric capnogram

研究代表者
和田 晋一(wada, shinichi)
天理医療大学・医療学部・教授

研究者番号：80784355
交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円

研究成果の概要(和文)：クロージングボリューム(CV)はN₂単一呼出曲線(SBC-N₂)の第 相の肺気量であり、末梢気道閉塞の評価に用いられている。SBC-N₂測定装置は大型である。一方、CO₂濃度を測定する装置(Vcap)は、簡便で小型化されている。本研究では第 相および第 相を区別する方法として、SBC-N₂の心原性振動(COS)の振幅を鮮明化できる一次微分波形分析(FDWA)を提案した。VcapにFDWAを適用してCVの測定を試みた。18名の健常ボランティアを対象にCO₂分析装置を使用してVcapを実施した。その結果、VcapにおいてもCOSの振幅の変化を利用することで第 相と第 相が区別できることが分かった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

VcapにおいてもFDWAの手法を利用することで健常人においては第 相と第 相を区別できることが分かった。Vcapは酸素ボンベやN₂メータを使用しないため小型化が可能である。従来は病院の検査室でしか測定できなかった呼吸機能評価が病室や在宅での測定が可能となる。今後は慢性閉塞性肺疾患(COPD)患者などの呼吸器疾患を対象に検討を行う。

研究成果の概要(英文)：Closing volume (CV) is measured as phase volume of the nitrogen single breath curve (SBC-N₂), which is used for evaluation of small airways obstruction. Equipment for measuring SBC-N₂ is too large to be mobile. Recent equipment for measuring carbon dioxide (CO₂) concentration has become small enough to be mobile. Since the volumetric capnogram (Vcap) cannot represent significant changes in CO₂ concentration during phase and , Vcap has not been researched for measuring CV. The method for discriminating phase and called the first derivative wave analysis (FDWA), which can enhance amplitudes of cardiogenic oscillations (COS) for discriminating phases and . In this study, we attempted to measure CV by application of FDWA to Vcap. Eighteen healthy volunteers performed Vcap by use of the CO₂-analyzer. As a result, Vcap among volunteers revealed significant changes in amplitudes of COS enough to discriminate phases and .

研究分野：呼吸生理学

キーワード：クロージングボリューム(CV) 量カプノグラム(Vcap) 一次微分波形分析法(FDWA) 心原性振動(COS)

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

単一 N₂ 呼出曲線 (Single-Breath Curve for N₂: SBC-N₂) は肺内換気不均等分布や末梢気道閉塞を評価する方法として開発され、その装置は純酸素の提供部分および呼気 N₂ 濃度の測定部分を備えた大型の呼吸機能検査装置である。残気量 (RV) 位から 100% 酸素を全肺気量位 (TLC) まで吸入後、ゆっくり呼出し、肺気量を横軸に、呼気ガス N₂ 濃度を縦軸にとって描かれる SBC-N₂ は、その形状から第 1 相 ~ 第 3 相までに分けられる。第 1 相の肺気量は closing volume (CV) として末梢気道閉塞の評価に用いられている。各相の変曲点は N₂ 濃度の上昇をもって区別するが、重症な慢性閉塞性肺疾患 (chronic obstructive pulmonary disease: COPD) では、第 1 相の傾きが高く第 1 相との区別ができないことも少なくない。2015 年に我々は SBC-N₂ に一次微分波形分析 (first-derivative wave analysis: FDWA) を行い、N₂ 濃度の違いが不明瞭でも心原性振動 (cardiogenic oscillation: COS) の振幅の減少を利用することで第 1 相と第 2 相の区別が可能であることを提案した。この方法を用いることで、従来の方法では第 1 相と第 2 相の区別がつかなかったパターンにおいても CV の検出が可能となった。

2. 研究の目的

量カプノグラフィ (Vcap) は肺気量に対する呼気中の CO₂ ガスを指標とし、肺ガス交換のモニタリングとして認識されている。Vcap は呼気ガス中の CO₂ を測定するだけなので測定装置も小さく、ICU などでも人工呼吸器の付属装置として装備されていることが多い。通常 Vcap は第 1 相を描出することはないので、CV の測定には使用されない。しかし、原理的には N₂ と同じように内因性レジデントガスとして CV 測定に使用できると期待される。今回、我々は Vcap を用いて単一 CO₂ 呼出曲線 (SBC-CO₂) を記録し、FDWA によって一次微分波形 (first-derivative wave for CO₂; FDW-CO₂) に変換した後、COS の振幅の変化から CV の測定が可能か否かを検討した。この方法の有用性が証明できれば、酸素ガスや N₂ ポンプが不要となり、小型で安価な測定機器の開発が可能となり、小規模病院やクリニック等での普及が期待できる。

3. 研究の方法

(1) 対象

研究の同意を得られた健常ボランティア 18 名 (21~62 才、平均 33.2±16.9 才、男性 8 名、女性 10 名) を対象とした。本研究は香川県立保健医療大学倫理審査を受け、承認された (承認番号 245)。

(2) 方法

使用機器として SBC-N₂ の記録は熱線流量計 System21 (ミナト医科学社) を、SBC-CO₂ の記録は赤外線吸収式炭酸ガス濃度計を備えたエアロモニタ AE310s (ミナト医科学社) を使用した。

2-1. SBC-N₂ の記録方法

SBC-N₂ の記録は Resident gas 法を用いた。被検者は座位にて残気量 (RV) 位より 100% 酸素を全肺気量 (TLC) 位まで吸い、呼吸停止せず、RV 位まで呼出させ X 軸に肺気量 (L) を Y 軸に N₂ 濃度 (%) をとり記録させた。N₂ 濃度により第 1 相 ~ 第 3 相を区別し第 1 相の肺気量区間を CV と計測した。

2-2. SBC-CO₂ の記録方法

被検者は座位に RV 位より室内空気を TLC 位まで吸い、呼吸停止せず、RV 位まで呼出させ X 軸に肺気量 (L) を Y 軸に CO₂ 濃度 (%) をとり記録させた。呼気速度は SBC-N₂ と同様に 0.5 L/s 以下とした。CO₂ 濃度により第 1 相 ~ 第 3 相を区別し第 1 相区間の肺気量を CV-CO₂ と計測した。

2-3. FDW-CO₂ の作成

20ml ごとの CO₂ 濃度 (%) 差を肺気量で除し CO₂ 濃度勾配 (%/L) を求め、X 軸に肺気量を Y 軸に CO₂ 濃度勾配値 (%/L) をとり FDW-CO₂ を作成した。第 1 相 ~ 第 3 相までの肺気量を区分し、第 1 相区間の肺気量を fdCO₂-CV とし算出した。

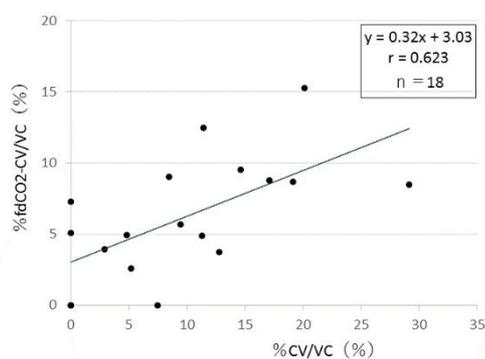
4. 研究成果

(1) 方法の違いによる各肺気量の比較

SBC-N₂ において第 1 相の肺気量である CV が計測できたのは 18 名中 14 例で、全例の平均値は 0.32±0.25 L であった。次に Vcap を用いた SBC-CO₂ では、呼気終末の CO₂ 濃度の上昇がみられ、第 1 相と第 2 相の区別ができたのが 4 例のみであった。残りは濃度変化がなく直線を示したのが 6 例、下向きの低下が 4 例と一定の傾向はみられなかった。全例の平均 CO₂-CV 値は 0.09±0.13 L と CV に対し有意に低値であった ($p < 0.01$)。FDWA により変換した FDW-CO₂ では全例の第 1 相に COS が確認でき、16 例に第 1 相と第 2 相の区別ができた。全例の平均 fdCO₂-CV 値は、0.19±0.12 L と SBC-N₂ による CV 値に対し有意に低値を示した ($p < 0.05$)。

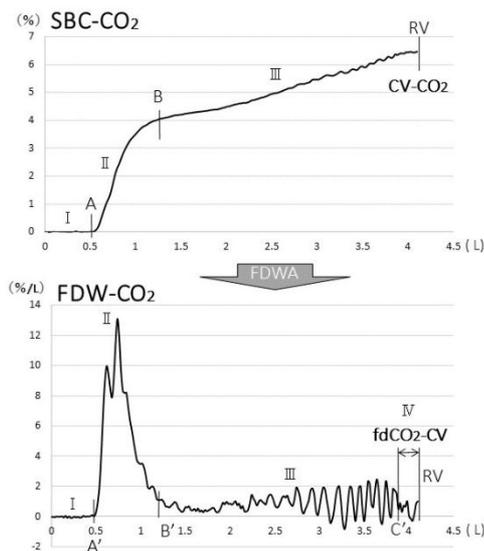
(2) %CV/VC と %fdCO₂/VC との相関関係

一次微分波形に変換した FDW-CO₂ では、第 I 相を除く肺気量で相関がみられた。第 相の肺気量である CV に関して、SBC-N₂ による CV と FDW-CO₂ による fdCO₂-CV との間に $r=0.682$ ($p<0.01$) と有意な相関がみられた。臨床で活用される %CV/VC と %fdCO₂-CV/VC との間においても $r=0.623$ ($p<0.01$) と有意な相関がみられた (右図)。



(3) 42 才, 男性の解析例

SBC-N₂ において CV は 0.50 L であった。量 Vcap の結果を右図に示す。上段の SBC-CO₂ では呼気終末にかけて CO₂ 濃度の上昇はみられず、CO₂-CV は測定できなかった。下段の FDW-CO₂ では第 相の中盤以降に COS が出現し始め、呼気終末には COS の振幅の減少が認められ fdCO₂-CV は 0.20 L であった。



「N₂ 一次微分波形分析 (FDWA) 法」を用いた研究では、明瞭な振動波に変換することで、従来出現しないとされていた第 相においても COS の存在が確認でき、振動波の振幅の差に応じて第 相と第 相の間の位相を識別することが可能であることを見出した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 和田晋一、関 庚燁、木下春佳、中西 希、小河佳織、今井 正、岸本伸人	4. 巻 10
2. 論文標題 一次微分波形分析法を用いた単一CO2呼出曲線によるClosing Volumeの測定	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 香川県立保健医療大学雑誌	6. 最初と最後の頁 45-50
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kyongyob Min, Shinichi Wada	4. 巻 5(6)
2. 論文標題 A mathematical model for the first derivative wave analysis of the volumetric capnogram from the perspective of erythrocyte motion profiles.	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Heliyon	6. 最初と最後の頁 e01824
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 木下春佳、中西 希、和田晋一、小河佳織
2. 発表標題 一次微分波形分析法を用いた単一CO2呼出曲線によるClosing Volumeの測定
3. 学会等名 第51回中四国支部医学検査学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 関 庚燁、和田晋一
2. 発表標題 一回呼吸法によるVolumetric Capnogram(SBT-CO2)の第 相の傾きは肺拡散能を反映する（数理モデルからの提案）
3. 学会等名 第58回日本呼吸器学会学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 和田晋一、関 庚燁、池田宗一郎、小河佳織、今井 正
2. 発表標題 一次微分波形分析法を用いた量カプノグラムによるClosing Volume (CV) の測定
3. 学会等名 第59回日本呼吸器学会学術講演会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----