

## 咳嗽時流量波形シミュレーションの汎用性の検討

田平 一行, 池田 翼, 浅野 広太

畿央大学健康科学部理学療法学科

### key words 咳嗽・シミュレーション・流量波形

#### 【はじめに, 目的】

我々は、肺活量、呼気筋力、気道抵抗などから咳嗽時流量波形のシミュレーションの可能性について本学会で報告した。現在、胸腔内圧を測定し、パターン化することで精度の高いシミュレーションが可能になったが、他の対象者への応用(汎用性)についてはまだ明らかになっていない。

そこで今回、肺活量、呼気筋力、気道抵抗を測定し、呼気筋力から胸腔内圧を推定した咳嗽時流量波形のシミュレーションの汎用性について検討したので報告する。

#### 【方法】

対象は、健常若年男性9名(年齢:21.5±0.5歳)を対象に、肺活量、最大呼気筋力(P<sub>E</sub>max)、安静時気道抵抗を測定し、咳嗽時流量波形をシミュレーションした。また、実際の咳嗽時の流量波形を測定し、シミュレーション波形と比較した。

シミュレーションパラメータの測定:P<sub>E</sub>maxは口腔内圧計(Vitalopower KH-101, チェスト社)を用いて、最大吸気位より最大努力の呼気を行わせて測定した。安静時気道抵抗は、呼吸抵抗測定装置(Mostgraph-01, チェスト社)を用いて測定し、全体の気道抵抗を反映するR5をシミュレーションに利用した。

咳嗽時流量波形シミュレーションの方法:気道内の気流は、生理学でも電気回路に例えられ、気道の圧力差=気流×気道抵抗というオームの法則が適用できる。気流発生時の気道内圧は直接測定できないが、肺弾性圧と胸腔内圧の和で表され、肺弾性圧は、肺コンプライアンスから算出可能である。本研究では、肺コンプライアンスは標準値を、胸腔内圧の変化は先行研究(前回報告)を利用し、P<sub>E</sub>maxを併せて咳嗽時の気道内圧を推定した。尚シミュレーションのモデルは、咳嗽時に気道内圧と胸腔内圧が等しくなる点(等圧点)の上流(肺胞側)に注目した電気回路におけるコンデンサの放電モデルを用いた。上流側の気道抵抗は、圧縮期に無限大、呼出期に声帯の開大に合わせて指数関数的に抵抗が低下し、安静時気道抵抗の90%に収束する(前回報告)としてシミュレーションした。

咳嗽時呼気流量の測定:被験者に最大吸気位から最大努力の咳嗽をさせた。その間の流量データをフロートランスデューサー(ML311 Spirometer Pod)およびA/Dコンバータ(Power Lab16/35, ModelPL3516:ADInstruments)を介してサンプリング周波数1000Hzでパーソナルコンピュータに取り込み、咳嗽時最大呼気流量(CPF)、咳嗽時呼気量を測定した。

解析方法:シミュレーション波形と実測波形の比較は視覚的に、相関性については回帰分析を用い、いずれも対象者毎に行った。CPFおよび肺活量、咳嗽時呼気量の比較は、対応のあるt検定を用い、いずれも有意水準は5%とした。

#### 【結果】

回帰分析では、全例で実測値とシミュレーション波形の間に良好な相関関係( $R^2=0.80\sim0.93$ ,  $P<0.001$ )がみられ、CPFは2群間で差を認めなかった。視覚的には、6例は実測値とよく近似しており、3例は実測値が低かった。咳嗽時呼気量は肺活量より有意に低く( $P<0.01$ )、平均で肺活量の57%であった。シミュレーションより実測値の低かった3例は、いずれも肺活量の20~30%程度の咳嗽時呼気量であった。

#### 【考察】

今回は胸腔内圧をパターン化したシミュレーションモデルで、P<sub>E</sub>maxで個人の咳嗽時胸腔内圧を推定した。胸腔内圧を測定しなくても、波形(形状)、CPFともに良好なシミュレーションが可能であった。但し、3例は50%程度高く見積もっていた。シミュレーションでは肺活量の70~80%呼出することを想定していたが、この3例は20%台と明らかに不十分な咳嗽であった。これは、シミュレーションの問題ではなく、咳嗽のスキルの問題と考えられた。また、実測波形が低かった場合の原因を検討する事がこのシミュレーションの目的でもあるため、その判定としてうまく機能していたとも考えられた。但し、健常者でもこのようなスキルの問題もあるため、咳嗽時の呼気量は常に確認しておく必要があると考えられた。

#### 【理学療法学研究としての意義】

今回の研究より、咳嗽時の流量波形のシミュレーションの汎用性がある程度確認できた。健常者のデータを蓄積し、標準的な流量波形のモデルが出来れば、疾患毎、個人毎の咳嗽力低下の原因を判定することが可能となり、治療方法の選択や治療効果の判定への利用が期待できると考える。