

パ3-(3) ウィーニングは何を目標にどのように進めるか －呼吸仕事量の面から－

自治医科大学附属病院 ICU・CCU部

大竹一栄、村田克介、窪田達也、片野俊男、和田政彦、吉澤 瞳

今回、ICU入室患者で人工呼吸からのウィーニングに際して呼吸仕事量を測定し、ウィーニングの良い指標となり得るか否かを検討してみたので報告する。患者の肺は、患者自身が吸気のために行った吸気仕事量と人工呼吸器から受動的に行われた吸気仕事量との総和で換気される。ウィーニングを進めて行けば当然の事ながら、人工呼吸器が行う仕事量は減少し、自発呼吸の増加により患者自身の呼吸仕事量は増大することは理解される。

【人工呼吸器併用時の呼吸仕事量の定義】圧と容量とをパラメーターとするいわゆるP-V loopは呼吸仕事量を視覚的にとらえ得る良い解析図であるが、IMVやPSVモードでは自発呼吸と人工呼吸器による受動的換気との量的・時間的関係の違いにより、種々の複雑なloopを描く。そこで、各種呼吸仕事量を測定するにあたり、我々の用いた仕事量の定義をまずははっきりさせておきたい。IMVやPSVモードでは、患者が行った全吸気仕事量(W_p)は、食道内圧を用いて描いたP-V loop上で、吸気相の陰圧側の曲線と縦軸すなわちV軸とで囲まれた部分とする。一方、人工呼吸器が行った全吸気仕事量(W_v)は、気管内チューブ近位端での気道内圧を用いて描いたP-V loop上で、吸気相の陽圧側の曲線とV軸とで囲まれた部分と定義する。前述のごとく、人工呼吸中のP-V loopは患者と人工呼吸器との相互作用により決定されるため、 W_p や W_v はそれぞれ患者や人工呼吸器が行った仕事量をすべて表現しているとは言い難いが、その大部分を示していると仮定した。

【対象と方法】仕事量の測定には、ミナト医科学社製呼吸代謝測定装置RM-300と日本光電社製呼吸モニター・システムOMR-7101とを使用した。測定は6症例についてを行い、3例でウィーニングに成功した。IMVの1回換気量は10cc/kgとした。測定を開始した時点の換気モードで1～2時間呼吸状態やバイタル・サインが安定していることを確認し、呼吸仕事量と酸素消費量との測定を行った。その後ウィーニングを進め、次の定常状態に落ちてくまで再び1～2時間待ってから測定を繰り返した。患者自身からの呼吸困難の訴え、あるいは医師がウィーニング続行は無理と判断した時点で測定を中止した。

【結果と考察】測定を開始した時点でのIMV回数やPSVレベルはさまざまであった。いずれのモードでもウィーニングの進行につれて分時換気量は増大したが、ウィーニング失敗例では $0.15 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}/\text{kg}$ 体重以上となり、従来のウィーニングのクライテリアの1つであるStetsonらの分時換気量 $10 \text{ l}/\text{min}$ を支持する結果となった。これらの症例を呼吸仕事量の面から検討した。失敗例の1例を含め、ウィーニング成功例では患者の全吸気仕事量 W_p は低値を推移し、 $0.8 \text{ kg重} \cdot \text{m}/\text{min}$ 以下であった。これに反し、ウィーニングに失敗した3例中の2例ではウィーニング進

行に伴い全吸気仕事量は増大した。全吸気仕事量が $1.0 \text{ kg重} \cdot \text{m}/\text{min}$ を越すあたりから患者は頻呼吸・頻拍となり血圧も上昇した。Brochardらも、患者の全吸気仕事量が $8 \sim 10 \text{ J}/\text{min}$ を越すと筋電図上横隔膜疲労が出現したと報告しており、我々の結果と一致している。また、Petersらは全吸気仕事量が $1.8 \text{ kg重} \cdot \text{m}/\text{min}$ を越したもののは人工換気が必要だったと報告しており、この点でも我々の症例の結果と一致している。全吸気仕事量が低値を推移したにも拘らずウィーニングに失敗した1例では、仕事量がほぼ一定であるのに反し、酸素消費量は経時に増大し、PSVゼロではPSV 20cmH₂Oの時の34.4%増であった。これは、ウィーニングの進行に伴い1回換気量の低下・呼吸数の増加をみたことから、いわゆる呼吸筋の等尺性収縮が増し、酸素消費量は増大したが仕事量には反映されなかった為と考えられる。しかし、CPAPに移行してからは頻呼吸・頻脈が更に進行し、全吸気仕事量も増大しつつあった。したがって、そのままCPAPモードを続行していれば結局は仕事量が異常増大したであろうと推測している。

【まとめ】(1) IMVあるいはPSVモードからCPAPモードに至るウィーニング過程で呼吸仕事量を測定した。(2) ウィーニング成功例では、患者の全吸気仕事量は全例で $1.0 \text{ kg重} \cdot \text{m}/\text{min}$ 以下であった。(3) ウィーニングに失敗した2例では、全吸気仕事量が $1.0 \text{ kg重} \cdot \text{m}/\text{min}$ 以上となり、その時点での過剰増加や血圧の上昇等を認めた。(4) 全吸気仕事量が $1.0 \text{ kg重} \cdot \text{m}/\text{min}$ 以下でもウィーニングに失敗した1例では、仕事量の増加がないのにも拘らず酸素消費量の増大をみた。(5) この酸素消費量の増大は、呼吸筋の等尺性収縮によるものと考えられた。(6) したがって、呼吸筋の等尺性収縮が増大しているような肺病変症例では、呼吸仕事量がエネルギー消費を反映し得ない場合もあり得る。以上、呼吸仕事量の測定は、ウィーニングの極めて重要な指標の1つであることが明らかとなった。

■次に、CPAPレベルが呼吸仕事量にどう影響するかを検討した。対象はIMVまたはPSVモードによりウィーニングが完了し、water CPAPモードにあって、気管内チューブ抜去を予定している4名であり、CPAPレベルは一律に15, 10, 5, およびゼロ cmH₂Oとし、各レベルで30分間呼吸パターンが安定していることを確認した後に測定を行った。

【結果と考察】(1) CPAPレベルの低下に伴い呼吸仕事量は増大し、特に呼気仕事量の増大が著明であった。(2) 気道抵抗も同様に増加しており、呼気仕事量の増大はこの増加した気道抵抗に打ち勝って呼出しようとする為、と考えられる。(3) CPAPレベルの低下に伴い時定数も増加傾向にあり、特にCPAPゼロではstatic auto-PEEPのみならずdynamic auto-PEEPも増大している可能性が示唆された。