

◎原 著◎

体外式人工呼吸器 RTX による運動時の換気補助が 健常成人の換気代謝諸量および自覚症状に与える影響の検討

山中悠紀¹⁾・宮坂智哉²⁾・堀田麻実子³⁾・戸津喜典⁴⁾・浦辺幸夫¹⁾・石川 朗⁵⁾

キーワード：体外式人工呼吸器、運動負荷試験、換気代謝諸量、呼吸困難、健常者

要 旨

目的：体外式人工呼吸器 RTX による運動時の換気補助が健常成人の換気代謝諸量や自覚症状に与える影響について検討した。

方法：健常成人男性 12 名（平均年齢 27.6±7.4 歳）を対象として、RTX による換気補助の有無による 2 条件で自転車エルゴメータを用いた漸増運動負荷試験を実施し、呼気ガス分析装置により測定した換気代謝諸量（ \dot{V}_{O_2} 、 \dot{V}_{CO_2} 、 \dot{V}_E 、RR、 V_T ）、修正 Borg スケールにより聴取した 1 分毎の自覚症状（呼吸困難、下肢疲労）の比較を行った。

結果：peak \dot{V}_{O_2} 時の O₂pulse（ \dot{V}_{O_2}/HR ）、呼吸困難が RTX 装着により有意に低値を示し、有意差はないものの \dot{V}_E 、RR に低下傾向を認めた。また、1 分毎の換気代謝諸量と自覚症状の比較では \dot{V}_{CO_2} 、呼吸困難に RTX 装着による有意な効果を認めた。

結論：RTX による運動時の換気補助により呼吸仕事量が軽減され、呼吸困難が減少する可能性が示された。

序 文

慢性呼吸不全患者や心不全患者では、呼吸困難や易疲労性のため活動量が減少し運動能力が低下することで、日常生活が制限され QOL が低下する^{1, 2)}。症状悪化を防止するためには運動能力の維持もしくは改善が必要であり、そのための有効な治療法として運動療法を中心とした包括的リハビリテーションが推奨されている^{3, 4)}。ただ、臨床では呼吸困難が強く運動療法の導入や継続が困難な症例が少なくないことから、運動療法の実施において自覚症状の軽減が重要な課題である。非侵襲的換気療法による運動中の換気補助の併用は、慢性呼吸不全患者を中心として呼吸困難の軽減や運動時間の増加などの即時効果が報告されており^{5~7)}、臨床応用が期待される手段として注目されている。

一方で、換気補助による呼吸困難軽減の機序については、気道内陽圧換気を用いた吸気換気の補助の影響に関する報告がわずかに認められるのみで^{8, 9)}、いまだ不明な点も多く存在する。慢性閉塞性肺疾患（chronic obstructive pulmonary disease：COPD）患者では肺過膨張に伴う換気力学的機能の変化に起因する異常な換気パターンによって、吸気筋はもとより呼気筋の仕事量も増加することが知られており^{10, 11)}、呼吸困難の発生に呼気筋の疲労が関与していることが報告されている¹²⁾。臨床では呼吸仕事量が増加した患者の換気パターンを改善し呼吸困難の軽減をはかる目的で呼気介助が利用されていることから^{13, 14)}、呼気換気の補助が自覚症状の軽減に有用な可能性がある。ただ、自発呼吸に同調した体外式陽圧換気による呼気換気の補助に利用できる適当な装置が存在しなかったことから、運動時呼気補助による換気代謝諸量や自覚症状への影響については十分に検討されていない。

本研究では健常成人を対象として、胸腹部を前面か

¹⁾ 広島大学大学院保健学研究科

²⁾ 植草学園大学保健医療学部

³⁾ 井上病院理学療法科

⁴⁾ 板橋リハビリ訪問看護ステーション

⁵⁾ 札幌医科大学保健医療学部

ら覆う cuirass により自発呼吸に同期した非侵襲的な換気補助が可能な体外式人工呼吸器 RTX レスピレータ (メディバント社、以下 RTX) による換気補助が換気代謝諸量および自覚症状に与える影響について検討することを目的として、自転車エルゴメータを用いた漸増運動負荷試験を実施させ RTX による換気補助の有無による換気代謝諸量、自覚症状の比較を行った。

方 法

対象は運動習慣のない健常成人男性 12 名 (年齢 27.6 ± 7.4 歳、身長 172.6 ± 4.5 cm、体重 68.3 ± 9.6 kg) とした。研究に先立ち本研究の目的、運動負荷試験の方法、危険性などの詳細な説明を行い、本実験への参加承諾を書面にて得た。

各被験者に対して 24 時間以上の間隔を設け、自転車エルゴメータを用いた通常の漸増運動負荷試験 (Normal) と RTX を装着し換気補助を行った状態での漸増運動負荷試験 (RTX、**図 1**) を無作為順で実施した。cuirass は成人用サイズ 7~9 号より各被験者の体格に合わせて選択し、T シャツの上から装着した。装着に際しては continuous negative モードを用いて -20 cmH₂O で胸腹部へ吸着固定を行い空気のリークがないことを確認した。換気補助には自発呼吸への同期が可能な respiratory sync モードを用い、吸気圧は -12 cmH₂O、呼気圧は $+5$ cmH₂O に設定し、圧力センサチューブを呼気ガス分析装置のマスク内に挿入してトリガの感知を行った。運動負荷試験に際しては、respiratory sync モードに対する慣れを目的に試験開始 30 分前より cuirass を装着させ、自発呼吸との同期を確認した。

運動負荷試験は自転車エルゴメータ上にて 3 分間安



図 1 RTX による換気補助を行った状態での運動負荷試験

静の後、無負荷にて 1 分間のウォーミングアップを行い、20watt の ramp 負荷で実施した。運動中はペダルの回転数を 50 回転 / 分で維持させ、症候限界まで運動を継続させた。運動負荷試験中はマスクを装着させ、呼気ガス分析装置 AE-280S (MINATO 医科学社) を用いて分時酸素消費量 (oxygen consumption : $\dot{V}O_2$)、分時二酸化炭素産出量 (carbon dioxide production : $\dot{V}CO_2$)、分時換気量 (minute ventilation : \dot{V}_E)、呼吸数 (respiratory rate : RR)、1 回換気量 (tidal volume : V_T) を breath by breath 法で測定した。また、胸郭への cuirass 装着の影響を考慮してパルスオキシメータ N550 (NELLCOR 社) を用いて脈拍数を測定し、心拍数 (heart rate : HR) の代替値とした。運動負荷試験の中止基準は HR が予測最大 HR ($220 - \text{年齢}$) の 90% に達するなどの他覚所見の出現もしくは修正 Borg スケール (Borg scale : BS) で聴取した呼吸困難や下肢疲労が 9 以上となるなど強い自覚症状の出現した時点として、運動負荷終了後に 5 分間のクールダウンを行った。

得られた測定データは 9 呼吸毎に移動平均し、V-slope 法にて嫌気性作業代謝閾値 (anaerobic threshold : AT) を算出するとともに、酸素脈 ($\dot{V}O_2/HR$ 、以下 O_2 pulse)、分時酸素消費量に対する換気当量 ($\dot{V}_E/\dot{V}O_2$)、分時二酸化炭素産出量に対する換気当量 ($\dot{V}_E/\dot{V}CO_2$) を求め、AT 時、最高酸素消費量 (以下 $peak\dot{V}O_2$) 時の負荷量、換気代謝諸量、自覚症状を RTX 装着の有無で比較した。なお、AT 時の呼吸困難と下肢疲労は、同時点に最も近い負荷量での値とした。また、安静時 3 分間の換気代謝諸量および HR の平均値を算出し、RTX 装着の有無で比較を行うとともに、12 名全員が到達した負荷量までの 1 分毎の換気代謝諸量、自覚症状を RTX 装着の有無で比較した。

データは平均 \pm 標準偏差で表し、データ解析には統計解析用ソフトウェア Prism 5 (GraphPad 社) を使用した。2 群間の差の検定には paired t-test、Wilcoxon signed rank test、2 群間の比率の検定には χ^2 検定、1 分毎の測定値の差の検定には RTX 装着の有無と 1 分毎の負荷量を要因とした two way ANOVA を用い、有意水準は $P < 0.05$ に設定した。

結 果

AT 時の負荷量、 $\dot{V}O_2$ 、 $\dot{V}CO_2$ 、HR、 O_2 pulse、 \dot{V}_E 、

RR、 V_T 、 \dot{V}_E/\dot{V}_{O_2} 、 \dot{V}_E/\dot{V}_{CO_2} 、呼吸困難、下肢疲労にはRTX装着の有無により有意な差を認めなかった(表1)。しかし、peak \dot{V}_{O_2} 時では O_2 pulse (Normal: 13.5 ± 1.9 mL/beats、RTX: 12.3 ± 1.9 mL/beats、 $P=0.04$)、呼吸困難 (Normal: 5.0 ± 2.2 、RTX: 3.3 ± 1.9 、 $P=0.007$) がRTX装着により有意に低下し、有意差はないものの \dot{V}_E 、RRが低下する傾向を示した(表1)。なお、安静時ではRTX装着によって、 \dot{V}_{CO_2} (Normal: 256.1 ± 44.8 mL/min、RTX: 337.8 ± 58.0 mL/min、 $P=0.004$)、 \dot{V}_E (Normal: 9.8 ± 1.5 L/min、RTX: 15.6 ± 4.0 L/min、 $P=0.001$)、RR (Normal: 13.9 ± 2.8 breaths/min、RTX: 17.6 ± 3.7 breaths/min、 $P=0.017$)、 V_T (Normal: 0.76 ± 0.18 L/breaths、RTX: 0.92 ± 0.22 L/breaths、 $P=0.003$) に有意な増加を認めた。

運動開始1分後から12名全員が到達した負荷量である160wattまでの1分毎の換気代謝諸量の比較では、 \dot{V}_{O_2} にRTX装着による有意な効果は認められなかったが ($F=3.36$ 、 $P=0.08$)、60watt以降で低値を示し、 \dot{V}_{CO_2} にはRTX装着による有意な効果 ($F=5.88$ 、 $P=0.024$) と交互作用 ($P=0.004$) を認め、60、80、100、120、140、160wattで2群間に有意な差が認められた(図2)。また、

RRにRTX装着による影響は認められなかったが、 \dot{V}_E 、 V_T にはそれぞれ有意な交互作用 ($P=0.014$ 、 $P=0.009$) を認めた(図2)。自覚症状の比較では、呼吸困難にRTX装着による有意な効果 ($F=5.64$ 、 $P=0.026$) と交互作用 ($P<0.001$) を認め、120、140、160wattで2群間に有意な差が認められたが、下肢疲労にはRTX装着による有意な効果は認められなかった(図2)。

なお、RTXでは被験者12名のうち10名が目標HRに到達し、2名が下肢疲労のため運動継続困難となった。Normalでは8名が目標HRに到達し、4名が下肢疲労のため運動継続困難となった。ただ、2条件ともに下肢疲労のため運動終了となった被験者は1名を除いて目標HRに到達しており、中止理由にも2条件間で有意差を認めなかった ($P=0.34$)。

考 案

本研究では健康成人男性を対象として、体外式人工呼吸器RTXによる換気補助が換気代謝諸量や自覚症状に与える影響について検討した。その結果、RTX装着によってpeak \dot{V}_{O_2} 時の O_2 pulse、呼吸困難が有意に低下し、 \dot{V}_{O_2} 、 \dot{V}_{CO_2} 、 \dot{V}_E 、RRが低値を示す傾向が

表1 RTX装着の有無による換気代謝諸量および自覚症状の比較

	AT時		peak \dot{V}_{O_2} 時	
	Normal	RTX	Normal	RTX
負荷量 (watt)	107.0 ± 32.9	118.3 ± 36.2	199.3 ± 30.9	204.8 ± 30.5
\dot{V}_{O_2} (mL/min)	1,263.8 ± 381.3	1,324.8 ± 391.7	2,254.1 ± 372.4	2,134.9 ± 355.5
\dot{V}_{CO_2} (mL/min)	1,281.6 ± 391.1	1,311.3 ± 410.5	2,921.1 ± 435.5	2,782.0 ± 487.2
HR (回/min)	121.8 ± 9.0	122.3 ± 13.7	168.1 ± 18.6	173.3 ± 6.6
O_2 pulse (mL/beats)	10.3 ± 2.6	10.7 ± 2.1	13.5 ± 1.9	12.3 ± 1.9 *
\dot{V}_E (L/min)	34.1 ± 10.1	34.7 ± 10.2	78.5 ± 18.4	76.5 ± 23.7
RR (breaths/min)	22.8 ± 6.8	22.4 ± 7.4	37.6 ± 10.7	34.7 ± 10.9
V_T (L/breaths)	1.61 ± 0.53	1.67 ± 0.53	2.19 ± 0.48	2.26 ± 0.35
\dot{V}_E/\dot{V}_{O_2}	2.7 ± 0.3	2.7 ± 0.5	3.6 ± 0.4	3.6 ± 0.8
\dot{V}_E/\dot{V}_{CO_2}	2.7 ± 0.3	2.7 ± 0.4	2.7 ± 0.3	2.7 ± 0.5
呼吸困難 (BS)	1.7 ± 1.3	0.9 ± 1.0	5.0 ± 2.2	3.3 ± 1.9 *
下肢疲労 (BS)	2.3 ± 1.2	2.5 ± 1.4	7.0 ± 1.9	6.6 ± 1.6

略語は分時酸素消費量 (oxygen consumption: \dot{V}_{O_2})、分時二酸化炭素産出量 (carbon dioxide production: \dot{V}_{CO_2})、心拍数 (heart rate: HR)、酸素脈 (O_2 pulse)、分時換気量 (minute ventilation: \dot{V}_E)、呼吸数 (respiratory rate: RR)、1回換気量 (tidal volume: V_T)、分時酸素消費量に対する換気当量 (\dot{V}_E/\dot{V}_{O_2})、分時二酸化炭素産出量に対する換気当量 (\dot{V}_E/\dot{V}_{CO_2})、修正ボルグスケール (BS) を示す。

* : $P < 0.05$ (Normal vs RTX)。

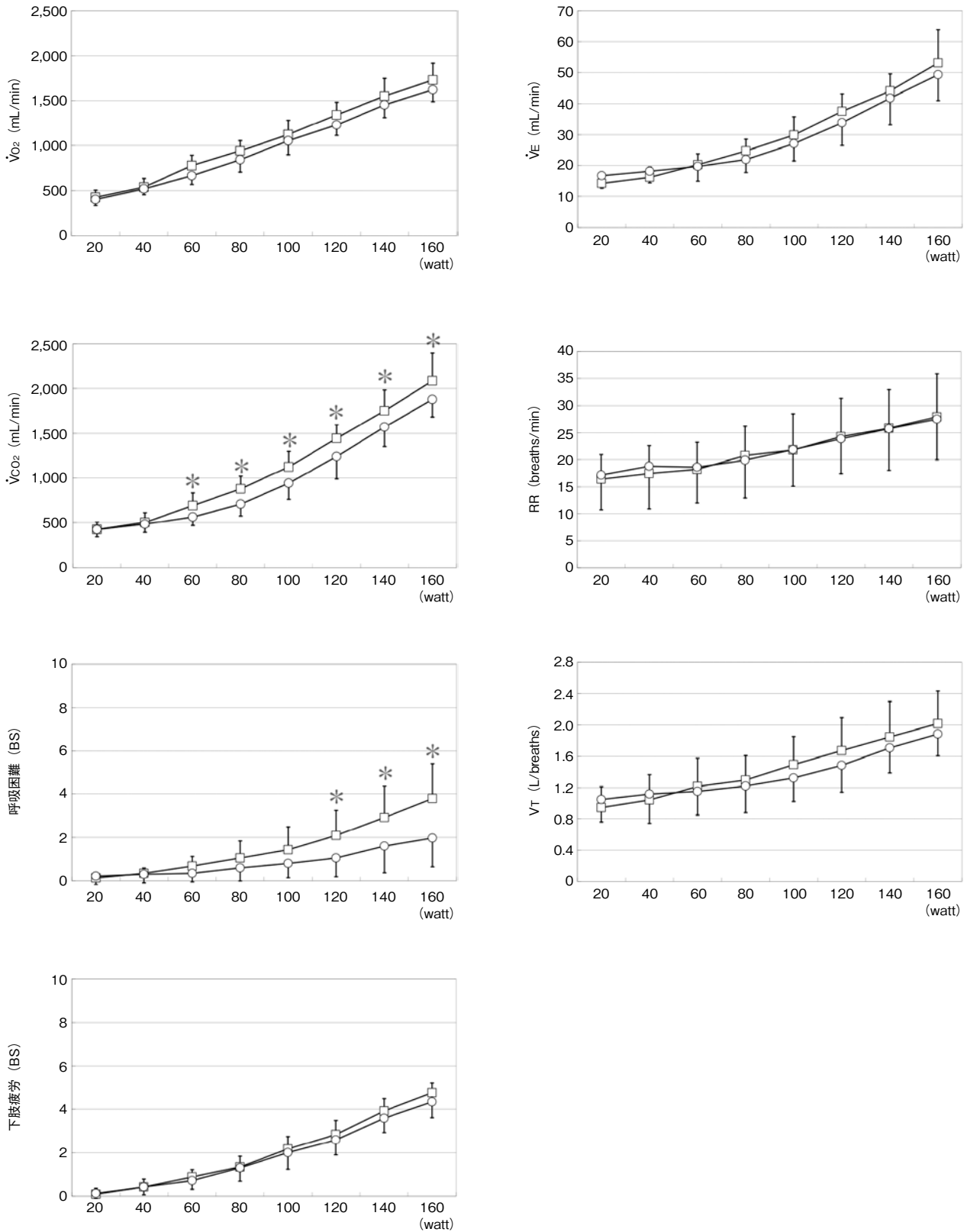


図2 RTX 装着の有無による換気代謝諸量および自覚症状の1分毎の比較

図中の□はNormal、○はRTXを示す。two way ANOVAでは、 $\dot{V}CO_2$ にRTX装着による有意な効果 ($F=5.88, P=0.024$)と交互作用 ($P=0.004$)、 $\dot{V}E$ に有意な交互作用 ($P=0.014$)、 V_T に有意な交互作用 ($P=0.009$)、呼吸困難にRTX装着による有意な効果 ($F=5.64, P=0.027$)と交互作用 ($P<0.001$)を認めた。* : $P<0.05$ (Normal vs RTX)。

認められた。さらに、1分毎の換気代謝諸量と自覚症状の比較では \dot{V}_{CO_2} 、呼吸困難にRTX装着による有意な効果を認め、 \dot{V}_{O_2} 、 \dot{V}_E 、 V_T が低下する傾向が示された。

peak \dot{V}_{O_2} 時の呼吸困難が低下した理由として、RTX装着時に O_2 pulseが有意に低値を示したことから、換気補助により1回拍出量(stroke volume:SV)の低下が得られたことによる影響が考えられる。RTX装着によってpeak \dot{V}_{O_2} 時のHRは高値を示したが、Normalにおいて目標HRに到達せずに運動終了となった1名が存在したことから、その影響の可能性は否定できない。一方、RTX装着時に5%程度のpeak \dot{V}_{O_2} の低下が示されたことから、換気補助によって呼吸仕事量の軽減が図られた可能性がある。また、Harmsら¹⁵⁾は健常者を対象として最大酸素摂取量(\dot{V}_{O_2max})での負荷量による定常運動負荷試験を実施し、比例補助機械換気(proportional assist mechanical ventilation:PMV)によってHRに変化はないが心拍出量(cardiac output:CO)が有意に減少することをSwan-Ganzカテーテルを用いて評価し、運動時のCOの増加の一部が呼吸筋の血流増加による可能性を示唆している。一般的に激しい運動時にはSVは限界に達し、それ以上はHRの増加がCOの増加に寄与することが知られているが¹⁶⁾、運動時の換気補助によってCOの減少が得られる可能性があること、COはSVとHRの積で表されることから、換気方式は異なるもののRTXによる換気補助によってSVの低下が得られ、呼吸仕事量の軽減が図られたことで呼吸困難が減少した可能性が推察された。

また、RTX装着によってpeak \dot{V}_{O_2} 時の \dot{V}_E 、RRが低値を示し、1分毎の換気代謝諸量の比較では負荷の増大にともなって \dot{V}_E 、 V_T が低下する傾向が示された。運動負荷中等度までは V_T とRRがほぼ同時に増加して \dot{V}_E は増大するが、 V_T が肺活量の50~60%に達すると、 \dot{V}_E はおもにRRの増加によって増大することが知られ、 V_T の増大には、とくに運動負荷強度が増した場合の呼吸補助筋の関与が重要であると考えられている¹⁷⁾。また、Babcockらは健常者を対象として80~85% \dot{V}_{O_2max} での定常運動負荷試験を実施し、PMVによる換気補助による \dot{V}_{O_2} 、 \dot{V}_E 、RRの減少を報告し、 \dot{V}_E の減少にRRの減少が関与する可能性を示している¹⁸⁾。そのため、RTXによる換気補助によっ

て、 V_T を増加させることでRRを低下させ、相対的に \dot{V}_E を減少させた可能性があり、そのことが呼吸困難の軽減に影響したと考えられる。換気補助による呼吸困難への影響を検討した先行研究では、最大負荷近傍におけるPMVを用いた換気補助によって \dot{V}_{O_2} 、呼吸困難、下肢疲労の有意な低下と \dot{V}_E 、 V_T の有意な増大が報告されているが⁹⁾、同研究がBSで聴取した呼吸困難が 9.8 ± 0.1 、下肢疲労が 9.6 ± 0.2 と極めて換気が亢進した条件で得られた結果であることを考慮して解釈する必要がある。筆者らは先行研究においてRTX装着の有無でpeak \dot{V}_{O_2} に対する10%毎の \dot{V}_{O_2} 時の \dot{V}_E 、RR、 V_T を比較し、90%peak \dot{V}_{O_2} までの換気代謝諸量に有意な差を認めず、各負荷段階における測定値がほぼ同値を示すことを報告している¹⁹⁾。よって、本研究における換気様式の変化は、呼吸仕事量の軽減による運動負荷の増大に対する換気応答の減少によってもたらされたと考えることができるかもしれない。換気補助によってどの程度の換気様式の変化が得られるのかについては、換気方式や程度と運動負荷との関係によって決定されると考えられるため、RTXによる換気への影響については更に検討が必要である。なお、 \dot{V}_E 、 V_T の有意な交互作用については安静時の換気亢進が影響していると考えられる。

AT時では、RTX装着により負荷量が増加する傾向を示したが、換気代謝諸量や自覚症状には有意な差を認めなかった。山田らは流量容量で吸気のみを補助する装置を用いてAT時の90%の負荷量で12分間の自転車エルゴメータ駆動を行わせ、換気補助による運動時の V_T 増加が、 \dot{V}_{O_2} 、RR、 \dot{V}_E の低下をもたらす呼吸困難が低下することを報告している⁸⁾。換気方式の違いはあるが、中等度の負荷においても、 \dot{V}_{O_2} 、 \dot{V}_E 、RRの減少が報告されていることからRTXの吸気圧や呼気圧の設定については更に議論する必要があるかもしれない。また、本研究ではRTX装着によって下肢疲労の有意な減少を認めなかったが、下肢疲労の減少を認めたとする報告もあり²⁰⁾、この点についても検討する余地があるといえる。

最後に臨床応用の可能性についてであるが、COPDのように胸郭・肺のコンプライアンスや気道抵抗などの機械的機構が変化し、動脈血酸素分圧や動脈血二酸化炭素分圧が正常より逸脱しているなど複合的な末梢からの刺激が慢性的に送られている場合では、中枢に

におけるRRと V_T の関係と呼吸運動の決定はより複雑となる²¹⁾。そのため、運動中のRRと V_T の変化様式は健常者と呼吸器疾患患者とは異なることを考慮した検討が必要であるといえる。また、運動負荷試験時に cuirass からの空気のリークが観察されたことから、cuirass の規格や性能上ある程度のリークは避けられない可能性が高い。ただ、体外式人工呼吸器 RTX を用いた換気補助による換気代謝諸量や自覚症状の変化が確認できたことから、COPD 患者などの有疾患者を対象とした具体的な検討が今後の課題であると考えられる。

結 語

健常成人男性 12 例を対象として、RTX 装着の有無による自転車エルゴメータ運動負荷試験時の換気代謝諸量および自覚症状の比較から換気補助の効果について検討した。その結果、peak \dot{V}_{O_2} の O_2 pulse、呼吸困難が RTX 装着により有意に低下し、1 分毎の比較では \dot{V}_{CO_2} 、呼吸困難に RTX 装着による有意な効果を認め、RTX による運動時の換気補助により呼吸仕事量が軽減され、呼吸困難が減少する可能性が示された。

参考文献

- 1) 上月正博：呼吸器疾患の包括的リハビリテーション。総合リハ。2003；31：635-642。
- 2) 泉唯史：心不全例のADLとQOL。理学療法。2006；23：479-486。
- 3) Lacasse Y, Wong E, Guyatt GH, et al：Meta-analysis of respiratory rehabilitation in chronic obstructive pulmonary disease. Lancet. 1996；348：1115-1119。
- 4) Belardinelli R, Georgiou D, Cinaci G, et al：Randomized, controlled trial of long-term moderate exercise training in chronic heart failure：effects on functional capacity, quality of life, and clinical outcome. Circulation. 1999；99：1173-1182。
- 5) Costes F, Agresti A, Fortune I, et al：Noninvasive ventilation during exercise training improves exercise tolerance in patients with chronic obstructive pulmonary disease. J Cardiopulm Rehabil. 2003；23：307-313。
- 6) Van't Hul A, Kwakkel G, Gosselink R：The acute effect of nonintensive ventilatory support during exercise on exercise endurance and dyspnea in patients with chronic obstructive pulmonary disease. J Cardiopulm Rehabil. 2002；22：290-297。
- 7) O'Donnell DE, D'Arsigny C, Raj S, et al：Ventilatory assistance improves exercise endurance in stable congestive heart failure. Am J Respir Crit Care Med. 1999；160：1804-1811。
- 8) 山田純生、河野裕治、岩津浩太郎：換気補助による主観的疲労感の軽減効果機序に関する研究。心臓リハビリテーション。2005；10：243-249。
- 9) Harms CA, Wetter TJ, Croix CM：Effects of respiratory muscle work on exercise performance. J Appl Physiol. 2000；89：131-138。
- 10) 栗原直嗣、藤本繁夫：慢性肺疾患と運動時の換気。呼吸。1990；9：287-292。
- 11) Marin JM, Hussein NA, Gibbons WJ：Relationship of resting lung mechanics and exercise pattern of breathing in patients with chronic obstructive pulmonary disease. Chest. 1993；104：705-711。
- 12) 鈴木俊介：呼吸筋疲労と呼吸困難。日胸疾会誌。1992；30：547-553。
- 13) 松本香好美、黒澤一、森直樹ほか：呼吸理学療法が重症肺気腫患者の肺気量に及ぼす即時の効果についての検討。総合リハ。2004；32：577-582。
- 14) 伊橋光二、斉藤昭彦、伊藤直栄：労作性息切れに対する呼吸介助手技の効果。理学療法学。1990；17：83-90。
- 15) Harms CA, Wetter TJ, McClaran SR, et al：Effects of respiratory muscle work on cardiac output and its distribution during maximal exercise. J Appl Physiol. 1998；85：609-618。
- 16) 村山正博、亀谷学：Limiting factorとしての心機能。呼と循。1988；36：27-32。
- 17) 渡辺俊夫、山口一郎、高橋敬治ほか：呼吸数-1回換気量関係による運動時換気様式の解析。呼と循。1993；41：231-235。
- 18) Babcock MA, Pegelow DF, Harms CA, et al：Effects of respiratory muscle unloading on exercise-induced diaphragm fatigue. J Appl Physiol. 2002；93：201-206。
- 19) 山中悠紀、石川朗、宮坂智哉ほか：陽・陰圧体外式人工呼吸器 RTX による換気補助が健常成人の換気動態に及ぼす影響。北海道理学療法。2004；21：80-84。
- 20) Wetter TJ, Harms CA, Nelson WB, et al：Influence of respiratory muscle work on \dot{V}_{O_2} and leg blood flow during submaximal exercise. J Appl Physiol. 1999；87：643-651。
- 21) 小室透、間瀬教史、居村茂幸ほか：運動時における健常者の呼吸パターン及び呼吸運動の変化。理学療法学。1994；21：549-552。

The effects of ventilation assistance using RTX ventilator on the ventilation and dyspnea during submaximal exercise in healthy adults

Yuki YAMANAKA ¹⁾, Tomoya MIYASAKA ²⁾, Mamiko HOTTA ³⁾, Yoshifumi TOTSU ⁴⁾,
Yukio URABE ¹⁾, Akira ISHIKAWA ⁵⁾

¹⁾ Graduate School of Health Sciences, Hiroshima University

²⁾ School of Health Science, Uekusagakuen University

³⁾ Department of Physical Therapy, Inoue Hospital

⁴⁾ Itabashi Rehabili Home-visit Nursing Station

⁵⁾ School of Health Science, Sapporo Medical University

Corresponding author : Yuki YAMANAKA

Graduate School of Health Sciences, Hiroshima University

1-2-3 Kasumi, Minami-ku, Hiroshima, 734-8551, Japan

Key words : extrathoracic positive and negative pressure ventilator, cardiopulmonary exercise test, ventilation, dyspnea, healthy adults

Abstract

Purpose : The purpose of this study is to examine the effects of cuirass positive and negative pressure ventilation assistance using RTX ventilator on the ventilation and dyspnea during submaximal exercise.

Methods : Twelve healthy male adults (mean age 27.6 years old) performed a symptom limited incremental cycle test (1min increments of 20 watt) with ventilatory assistance using RTX or not (Normal). Oxygen consumption (\dot{V}_{O_2}), carbon dioxide production (\dot{V}_{CO_2}), minute ventilation (\dot{V}_E), respiratory rate (RR), tidal volume (V_T), heart rate (HR), \dot{V}_{O_2}/HR (O_2 pulse), \dot{V}_E/\dot{V}_{O_2} , and \dot{V}_E/\dot{V}_{CO_2} were measured each trials. Exertional dyspnea and leg fatigue were evaluated by a modified Borg scale.

Results : O_2 pulse (RTX : 12.3 ± 1.9 mL/beats, Normal : 13.5 ± 1.9 mL/beats, $P=0.04$) and dyspnea (RTX : 3.3 ± 1.9 , Normal : 5.0 ± 2.2 , $P=0.007$) were significantly decreased with ventilatory assistance using RTX at peak \dot{V}_{O_2} . There were no significant differences in ventilation and dyspnea at anaerobic threshold (AT). The \dot{V}_{CO_2} and dyspnea were significantly reduced compared to no ventilator assistance during exercise (from 60 to 160 watt). \dot{V}_E and V_T were decreased while RR remained unchanged during the exercise.

Conclusion : We conclude that ventilatory assistance using RTX ventilator has significant effects on the exertional dyspnea and O_2 pulse.