

症例報告



重篤な呼吸不全と右心不全をきたした気腫合併肺線維症 症例に対する理学療法の経験*

加藤史子¹⁾・飯田博己¹⁾・中島真治²⁾・清水啓太¹⁾
西條洸子¹⁾・尾川貴洋³⁾

【要旨】

【はじめに】気腫合併肺線維症 (Combined pulmonary fibrosis and emphysema ; 以下, CPFE) は上葉の肺気腫と下葉の肺線維症の混合から生じる症候群と定義されており, 臨床的な症状としては労作時の低酸素血症とそれに伴う呼吸困難を認める. また, CPFE の予後には肺高血圧症が関係する. 今回, CPFE に加え肺炎を契機として重篤な呼吸不全と右心不全を合併した患者に対し, 段階的に運動負荷を上げていき, 低酸素血症を引き起こさないようインターバルトレーニング (Interval training ; 以下, IT) を取り入れた運動療法を実施することで, 筋力やADL能力が改善した症例を経験したためここに報告する. 【症例】対象は60歳代男性のCPFE患者. 肺炎を契機として重篤な呼吸不全となり右心不全を併発していた. 運動誘発性低酸素血症 (Exercise-induced hypoxemia ; 以下, EIH) が著明で, 継続的なトレーニングや筋力増強訓練が実施困難であったため, 段階的に運動負荷を上げ, 最終的にITを用いた少量頻回の運動療法を行った. 【結果】状態に合わせた運動負荷の設定と少量頻回なITは, 有害事象なく実施可能であった. 病態の改善に伴い, より少ない酸素投与量でADL動作を遂行でき, さらに下肢筋力やFIM, The Nagasaki University Respiratory ADL Questionnaire の改善を認めた. 【考察】EIHや肺高血圧症から右心不全を併発した症例であっても, 運動療法を行うことで筋力, ADLを改善させる可能性がある.

キーワード : 気腫合併肺線維症, 呼吸リハビリテーション, インターバルトレーニング

はじめに

気腫合併肺線維症 (Combined pulmonary fibrosis and emphysema ; 以下, CPFE) は, 2005年にCottinら¹⁾によって, 上葉の肺気腫と下葉の肺線

維症の混合から生じる症候群と定義されている. 特に喫煙歴のある男性に多く発症するとされているが, 一般的な有病率は不明である²⁾. 肺機能は気腫性病変による閉塞性換気障害と線維化病変による拘束性換気障害の相乗作用により, 著明に肺拡散能が低下し, 臨床的な症状としては, 労作時の低酸素血症とそれに伴う呼吸困難を認める. また, CPFEの予後には肺高血圧症が関係するとされ³⁾, 特に肺高血圧症の合併は肺線維症や肺気腫の単独症例より発生頻度が高いとされている⁴⁾. 加えて, 肺高血圧症によって右心不全を引き起こす可能性がある⁵⁾と報告されている⁵⁾. 慢性閉塞性肺疾患や間質性肺炎と同様にCPFEに対する運動療法は呼吸困難の軽減, 運動耐容能の向上, ADL能力とQOLの改善が期待されている⁶⁾が, CPFEに対する運動療法についての報告は少なく, リハビリテーション (以下, リハ) 治療としての明確な介入方法は不明である.

* Experience in physical therapy for combined pulmonary fibrosis and emphysema with severe respiratory and right heart failure

- 1) 愛知医科大学病院 リハビリテーション部
(〒480-1195 愛知県長久手市岩作雁又1-1)
Fumiko Kato, PT, Hiroki Iida, PT, MS, Keita Shimizu, PT, Kouko Saijou, OT: Department of Rehabilitation, Aichi Medical University Hospital
- 2) 日本福祉大学 健康科学部
Masaharu Nakajima, PT, PhD: Faculty of health sciences, Nihon Fukushi University
- 3) 愛知医科大学医学部 リハビリテーション医学講座
Takahiro Ogawa, MD, PhD: Department of Rehabilitation, University of Aichi

E-mail: nakajima-m@n-fukushi.ac.jp

(受付日 2024年1月10日/受理日 2024年6月17日)

今回、CPFEに加え肺炎を契機として重篤な呼吸不全と右心不全を合併した患者に対し、段階的に運動負荷を上げていき、低酸素血症を引き起こさないようインターバルトレーニング（Interval training；以下、IT）を取り入れた運動療法を実施することで、筋力やADL能力が改善した症例を経験したためここに報告する。

症例

1. 基本情報

60歳代前半の男性で身長173.0 cm，体重43.1 kg，Body Mass Index 14.4，診断名はCPFE，細菌性肺炎，肺高血圧症，右心不全である。喫煙歴は15本/日で10代-50代前半までの約38年間であった。既往歴は左鼻中隔湾曲症であった。2020年に健康診断にて異常が指摘され当院へ紹介受診となりCPFEと診断された。2020年半ばから在宅酸素療法を開始し，鼻カニュラで酸素流量が安静時1L/分，労作時2L/分と設定された。2021年までは携帯用酸素ボンベを使用して運送会社に勤めていたが，退職後は外出する機会が減少していた。妻，息子と同居しており，自宅内ADLは自立していたが，1日の大部分は座位でテレビ鑑賞をしており，活動量が少なかった。その後，2021年に酸素化不良や呼吸困難に対して在宅酸素療法の酸素流量調節を目的に2度入院しており，退院時には鼻カニュラで酸素流量が安静時2.5L/分，労作時4L/分と増量した。この時の呼吸機能検査は，1秒率（FEV1/FVC）92.3%，%1秒量（%FEV1）54.8%，%一酸化炭素肺拡散能（%DLco）33.5%であった。

2022年の予定外来受診日（X日）には鼻カニュラを使用し，酸素流量3.5L/分下でも経皮的動脈血酸素飽和度（Saturation of percutaneous oxygen；以下，SpO₂）が保てず，67-69%と高度な酸素化不良を認めた。胸部X線画像では左下肺野に浸潤陰影があり心胸郭比（Cardio thoracic ratio；以下，CTR）は57.8%であった。血液検査では白血球数（White blood cell；以下，WBC）が16.3/μL，C反応性蛋白（C-reactive protein；以下，CRP）が1.56 mg/dL，脳性ナトリウム利尿ペプチド（Brain natriuretic peptide；以下，BNP）が824.5 pg/mLと高値であった。心臓超音波検査では推定肺動脈圧が65-75 mmHg，三尖弁逆流圧較差が55 mmHgで下大静脈の呼吸性変動を認めず，右室は左室を圧排するD-shapeの所見がみられた。検査結果より肺炎，肺高血圧症，右心不全徴候を認めたため即日入院となった（図1）。入院時の胸部CT検査では，浸潤陰影に加え，上肺野に多数の嚢胞と下肺



図1. 入院時の胸部X線画像

左下肺野に浸潤陰影を認め，肺炎所見あり。
心胸郭比（Cardio thoracic ratio；CTR）；57.8%

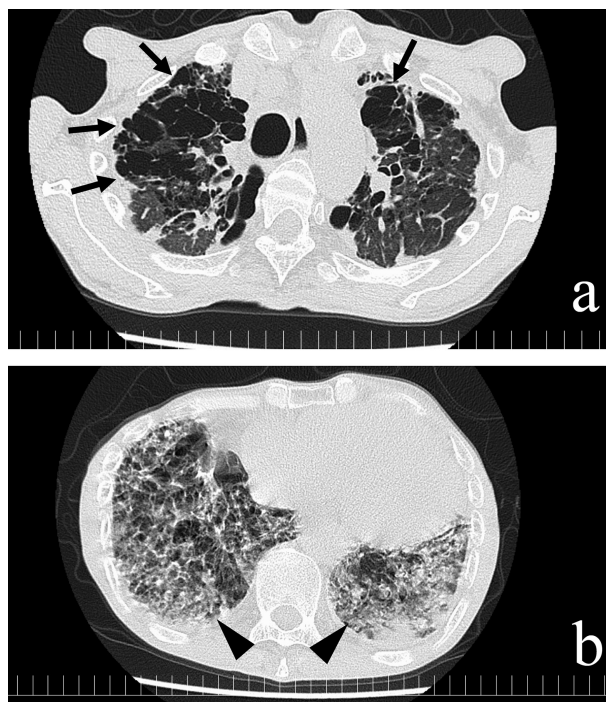


図2. 入院時の胸部CT検査（a；上肺野，b；下肺野）

上肺野に多数の嚢胞（矢印），下肺野に高度な線維化を認めた（矢頭）。

野に高度な線維化が確認された（図2）。

X + 1日に排泄動作でSpO₂が60%台まで低下を認めたため，主治医よりベッド上安静が指示された。また，胸部X線画像で陰影の悪化を認めたため抗菌薬がCeftriaxone sodium hydrate（CTRX）

表1. 薬物療法の経過

	X日	X+1日	X+8日	X+9日	X+10日	X+27日	X+37日
CTRX	→						
MEPM	→						
トラセミド	→						
ニカルジピン 塩酸塩			→				
セレキシパグ	→						
タダラフィル	→						

CTRX ; Ceftriaxone sodium hydrate, MEPM ; Meropenem hydrate

から Meropenem hydrate (MEPM) へ変更された (表1). X + 2日にはSpO₂が70% 台前半まで低下を認め、リザーバー付き酸素マスクにて酸素流量を15 L/分まで増量したが、動脈血液ガス分析で動脈血酸素分圧が44.5 Torr, 動脈血二酸化炭素分圧が87.5 TorrとⅡ型呼吸不全に陥っていた. そのため、非侵襲的陽圧換気 (Non-invasive positive pressure ventilation ; 以下, NPPV) へ変更となった. 酸素療法は家族の希望により, NPPVまでの管理となった. X + 4日からせん妄のためNPPV着用が困難となり, リザーバー付き酸素マスク5 L/分へ変更されたが, 少しの姿勢変化でもSpO₂が60% 台まで低下を認めていた. X + 8日にはCO₂ナルコーシスにより, 意識レベルがJCS Ⅲ -100まで低下した. 意識レベル低下にともなう去痰不全を引き起こしていたが, 頻回な体位ドレナージや多量の白色痰の吸引によってCO₂貯留が改善し, 意識レベルがJCS I -3まで回復した. X + 9日には主治医よりリハビリ治療開始の許可があり, 理学療法が開始された.

2. 倫理的配慮

本症例報告を行うにあたり, 患者には十分な説明をしたうえで同意を得た.

3. 理学療法初回評価

X + 9日の理学療法初回介入時にはオキシマイザー (日本ルフト株式会社, リザーバー式酸素供給カニューレ) で酸素流量5L/分を使用していた. 呼吸様式は上部胸式優位の呼吸パターンで, 頸部呼吸補助筋が著明に活動する努力性呼吸を認めていた. 呼吸回数は安静時より20-35回/分と安定せず, 労作時には40回/分以上であった. 加えて, 体重は標準体重の20%を下回っており, るい瘦を認めた. 胸部聴診では, 両側の肺胞呼吸音が減弱し, 両背側下肺野で捻髪音を認めた. また, ベッド上の少しの体動や会話でSpO₂が80%

台後半まで低下していた. 動作中に呼吸を止めてしまう様子がみられたため, 動作に合わせて呼吸を行うよう口頭指示が必要であった. ベッド上での評価では, 両下肢ともにMMT 3レベル程度であった. FIMは運動項目18点 (食事で6点, 他1点), 認知項目35点で, The Nagasaki University Respiratory ADL Questionnaire (以下, NRADL) は0点であった. 本人の希望は, 今まで通りの生活を送ることと孫と遊ぶことであったため, 短期目標を病棟ADLの自立, 長期目標を自宅でのADL動作の自立とした. 加えて主治医の指示のもと, ADL動作場面でSpO₂を88%以上に保つことを目標として, プログラムの立案を行った.

理学療法介入

X + 9日からX + 15日は安静度がベッド上であったため, オキシマイザーで酸素流量2-5L/分を調整しながらコンディショニングや筋力トレーニングを実施した. それぞれギャッチアップ座位の姿勢で行った. コンディショニングは, 深呼吸を促すことを目的に徒手呼吸助動手技や口すぼめ呼吸などを行い, 筋力トレーニングは, 上肢は自重での挙上運動, 下肢は徒手での軽い抵抗下でキッキング運動を行った. その際, 呼吸に合わせた動作となるよう指導した.

X + 16日からは, 安静度が室内へと変更になった. 労作に伴い, 呼吸回数がすぐに40回/分を超えてしまうことや, SpO₂が80% 台前半まで低下するなどの変動も少なくなり, オキシマイザーから鼻カニューレに変更した. 酸素流量は1-3L/分で調整しながらリハビリ治療を進めた. 端座位までの起居動作は見守りで行えたが, 収縮期血圧が150 mmHg 台から100 mmHg 台まで低下し, めまいや浮遊感を訴え, 起立性低血圧の症状を認めた. 加えて, 端座位から背臥位へ戻る動作でSpO₂が70% 台後半まで低下があり, 呼吸回数も50回/分を超える場面があった.

表 2. リハビリテーション治療の経過

	X+9日	X+16日	X+18日	X+24日	X+30日	X+39日
リハ治療					作業療法追加	最終評価
安静度	ベッド上	室内		院内		
ベッド上運動	→					
RT		→	→	→	→	→
端座位練習		→	→	→		
立位練習			→	→		
歩行練習				→	→	→
IT				→	→	→

リハ治療；リハビリテーション治療，RT；Resistance training，IT；Interval training

X + 18日以降は，起立性低血圧の症状は改善し，固定型歩行器を使用した立位や足踏み運動を開始した．立位保持は1分3セット，足踏み運動は30回4-5セット，ハーフスクワットは10回3セット実施した．それぞれのセット間にはSpO₂が95%以上，呼吸回数は20-25回/分に回復するまで休息を行った．

主治医へリハ治療状況を伝え，X + 24日よりリハビリテーションセンターにてリハ治療を開始した．車輪付き固定型歩行器を使用した歩行訓練，リカンベントエルゴメーターを用いたITを中心にリハ治療を実施した．運動負荷は修正Borg Scaleで呼吸困難，下肢疲労が3-4となるよう調整した．リカンベントエルゴメーターでは，負荷量10 Watt（以下，W）で3分以上行くと下肢疲労が修正Borg Scale 5を超え努力性呼吸が著明となり，SpO₂も85%前後まで低下した．回復するまでの時間も5分以上必要であったため，運動の実施が困難であったが，2分間の運動であれば下肢疲労が修正Borg Scale 4-5でSpO₂も90%前後を保っていた．そのため2分間の運動とインターバルを合計で3セット実施するよう工夫してリハ治療を行った．運動後の呼吸回数は35回/分前後まで上昇したが，深呼吸の促しと徒手的呼吸介助手技を併用することで速やかに20回/分まで回復した．

X + 30日頃には，「SpO₂が70%台はきついけど，80%台前半くらいならよくあるから大丈夫」との発言がみられた．病棟ADL場面を確認すると，性急な動作や動作時の息こらえによるSpO₂の低下が頻回にみられていたため，日常での動作指導が必要と判断し作業療法を導入した．作業療法では，身の回り動作を細分化して動作速度，呼吸法，SpO₂の変化を詳細に評価しながら呼吸に合わせた動作要領を習得するための練習を繰り返し実施した．

そして，X + 39日に最終評価実施し，X + 42日に回復期病院へ転院となった（表2）．

最終評価

酸素デバイスは鼻カニュラを使用し，安静時は1-2L/分で，呼吸回数は20回/分前後と安定した．また，労作時は2-3L/分の設定で，呼吸方法や動作要領を調整することで体動時の頻呼吸が改善し，SpO₂が90%未満まで低下することはなくなった．入院時より体重は著変なく，るい瘦に大きな変化はなかった．血液検査では，WBCが7.5/ μ L，CRPが0.20 mg/dL，BNPが53.8 pg/mLまで減少した．胸部X線画像では透過性が改善し，CTRは49.9%と減少した（図3）．胸部聴診は，初

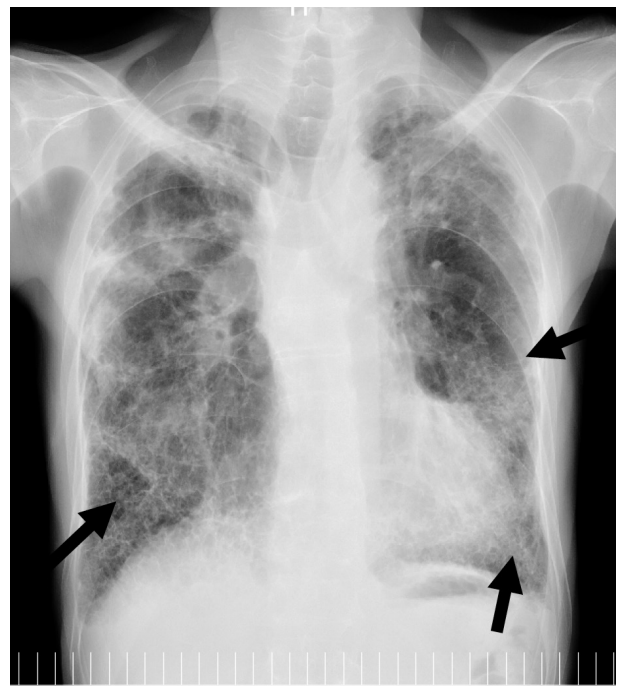


図 3. X + 37日の胸部X線画像

右下葉，左上舌区，左下葉に透過性の改善あり（矢印）．心胸郭比（Cardio thoracic ratio；CTR）；49.9%

表3. 初回評価と最終評価の比較

		初回評価	最終評価	
呼吸状態	酸素流量 (L/分)	5	1-3	
	使用デバイス	オキシマイザー	鼻カニューラ	
	呼吸回数	安静時	20-35 回/分	20 回/分前後
		労作時	40 回/分以上*	30-35 回/分†
	SpO ₂	安静時	95%以上	95%以上
労作時		80%台後半*	90%以上†	
聴診		肺胞呼吸音の減弱 両背側下肺野で捻髪音	肺胞呼吸音の減弱 両背側下肺野で捻髪音	
CTR (%)		57.8	49.9	
下肢筋力 (MMT)		3	5	
FIM (点)		53	100	
	運動項目 (点)	18	65	
	認知項目 (点)	35	35	
NRADL (点)		0	16	

SpO₂ ; Saturation of percutaneous oxygen

CTR ; Cardio thoracic ratio

NRADL ; The Nagasaki University Respiratory ADL Questionnaire

* ; ギャッチアップ座位での上肢挙上運動, 下肢キッキング運動中に評価

† ; 10 m 歩行訓練, リカンベントエルゴメーター中に評価

回評価時と同様に両側の肺胞呼吸音が減弱し、両背側下肺野で捻髪音が聴取された。下肢筋力は左右ともに MMT 5 で、FIM の運動項目は 18 点から 65 点まで向上。NRADL の得点も 0 点から 16 点となり、改善を認めた (表 3)。

考察

本症例は入院前より CPFЕ を有していたため、肺炎を契機として重篤な呼吸不全となり右心不全を発症したが、薬物療法や酸素療法を含むリハビリ治療によって胸部 X 線画像で肺野の透過性の改善を認め、血液検査においても WBC, CRP が減少したため、肺炎が改善したと考えられた。加えて胸部 X 線画像では CTR が改善し、血液検査で BNP が減少したため心不全の改善も認めたと考えた。また、患者の状態に合わせて、ベッド上での運動から端座位、起立、歩行訓練と段階的に運動療法を実施したことによって、入院前は鼻カニューラで酸素流量が安静時に 2.5L/分、労作時は 4L/分の使用であったが、転院時は鼻カニューラで酸素流量が安静時は 1-2L/分、労作時は 2-3L/分と、より少ない酸素投与量で基本動作の遂行が可能となった。

CPFЕ の特徴として、強い労作時呼吸困難と肺拡散能力の著明な低下が挙げられる¹⁾。

また、慢性呼吸器疾患患者では、末梢骨格筋機能障害によって筋力や筋持久力の低下、易疲労性などを生じやすく、代謝面では好氣的代謝能力が

低下し、低強度の負荷でも容易に乳酸産生が亢進するため、それに伴う異常な換気亢進は呼吸困難の増悪を引き起こすとされている⁷⁾。本症例は入院前より身体活動量の低下や軽い瘦を認めていたことが予想される。起居動作やトイレ動作などの日常生活動作では呼吸困難が乏しく、SpO₂ が 70% 台まで低下しなければ自覚症状として認識できなかった。そのため、日常生活で動作速度や呼吸方法を調整することができず、運動誘発性低酸素血症 (Exercise-induced hypoxemia ; 以下, EIH) を頻回に引き起こしていたと考えられる。EIH は低酸素性肺血管攣縮を引き起こし、重症化すると肺高血圧症や右心不全に至るとされている⁵⁾。慢性閉塞性肺疾患では肺胞破綻にともなう肺血管床減少や肺血管壁のリモデリングが起こり⁸⁾⁹⁾、間質性肺炎では線維化にともなう血管破壊、血管炎、血管周囲線維症などが肺高血圧症の合併を助長するとされている¹⁰⁾。CPFЕ に肺高血圧症が合併することは予後不良因子の 1 つとされており³⁾、合併した場合の 1 年生存率は約 60%、5 年生存率は約 25% まで低下するとされている¹¹⁾。本症例は肺高血圧症に加えて、右心不全の併発も指摘されており、生存率がさらに低くなることが予測された。そのため、EIH と肺高血圧症による右心不全の増悪に十分注意しながらリハビリ治療を行う必要があった。EIH を引き起こす慢性肺疾患患者に対する酸素療法を併用した適切な運動負荷でのトレー

ニングは、酸素供給により肺胞気量の改善や呼吸筋疲労、呼吸困難の軽減、肺血管収縮の緩和による心拍出量が増加し、運動トレーニングの有効性を高めることから、機能改善や転帰と関連する⁵⁾とされる。また肺高血圧症に対する運動療法の明確なメカニズムは解明されていないが、運動により心拍出量や肺血流量の増加、骨格筋では毛細血管形成、筋力・筋持久力の増加を認め、分子レベルでは抗炎症作用、平滑筋細胞が増殖する¹²⁾とされており、これらの作用により肺高血圧症患者の運動能力や筋力が向上して、呼吸困難を軽減する¹³⁾とされている。これらのことからEIHや肺高血圧症を引き起こしている肺疾患患者に対しても運動療法が効果的であると考えられる。

具体的な運動療法の方法として、衣田ら¹⁴⁾は肺高血圧症と右心不全を合併したCPFE患者に対し、高負荷相30 W 30秒、低負荷相20 W 60秒の運動を交互に15分繰り返すITを行った結果、握力、等尺性膝伸展筋力、6分間歩行距離、FIMが改善したと報告している。この報告では、入院2日目より歩行訓練が開始可能であった。しかし、本症例は、運動時のSpO₂の低下が著明であり、運動強度や時間設定に留意しなければ運動療法自体が困難で、より重症例であった。急性期の呼吸器疾患に対するリハビリは、重症例ではベッド上での四肢や体幹の運動から開始し、ADLトレーニングと合わせながら徐々に歩行などを中心とした全身持久力や筋力トレーニングを増やしていくことが望ましいとされている¹⁵⁾。そのため、本症例でもベッド上のトレーニングから介入し、端座位、立位、歩行へと段階的に運動負荷を増加し、最終的にITを用いた少量頻回のリハビリを行った。ベッド上の介入ではコンディショニングによる頻呼吸や酸素化の改善、1回換気量の増加、呼吸困難の減少を目的に徒手呼吸助法や口すばめ呼吸指導、呼吸筋リラクゼーションを中心に実施した。これらは重症例で運動療法が行えない患者に対して効果的とされている¹⁶⁾。リハビリテーションセンターでの運動療法はITを中心にプログラムの立案を行った。慢性閉塞性肺疾患患者に対するITと継続的トレーニングを比較した研究では、両群ともに分時換気量と呼吸回数は大幅に改善し¹⁷⁾、ITは高強度の継続的な運動に耐えられない患者に対して継続的トレーニングの代替になる可能性が示唆されている¹⁸⁾。加えて心不全患者に対してITを実施した研究では、短期間でも、最高酸素摂取量(peakVO₂)の改善や健康関連QOLの向上を認めたとの報告¹⁹⁾もされている。以上の報

告から本症例も負荷量に留意したリハビリ治療によってCPFEによる低酸素血症を防ぎ、右心不全の増悪を予防したと考えられる。リハビリ開始時はオキシマイザーで酸素流量5L/分が必要であったが、転院時には鼻カニューラで酸素流量1-3L/分にてADL動作を遂行でき、SpO₂も90%以上保てるまで改善した。さらにFIMでは運動機能の項目が47点、NRADLでは16点の改善を示し、食事、トイレ動作、着替えなどの日常生活動作が行えるようになった。本症例から、重症例であっても個々の患者に合わせた運動負荷量の設定を行うことで、身体機能の向上に加えADLを改善する可能性があることが示された。今後はデータの蓄積を行い、重症度に合わせた運動負荷量の設定方法を明らかにしていく必要があると考えられる。

まとめ

重篤な呼吸不全から右心不全をきたしたCPFE患者に対する理学療法を経験した。EIHや肺高血圧症を併発している患者に対する、少量頻回で断続的な運動において、段階的に負荷量を増加させる理学療法プログラムは有害事象をきたすことなく、筋力、ADLを改善させる可能性があることが明らかになった。

【文 献】

- 1) Cottin V, Nunes H, et al.: Combined pulmonary fibrosis and emphysema: a distinct underrecognized entity. *Eur Respir J*. 2005; 26: 586-593.
- 2) Cottin V, Selman M, et al.: Syndrome of combined pulmonary fibrosis and emphysema: an official ATS/ERS/JRS/ALAT research statement. *Am J Respir Crit Care Med*. 2022; 206 (4): e7-e41.
- 3) Hage R, Gautschi F, et al.: Combined pulmonary fibrosis and emphysema (CPFE) clinical features and management. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis*. 2021; 16: 167-177.
- 4) Ni H, Wei Y, et al.: An increased risk of pulmonary hypertension in patients with combined pulmonary fibrosis and emphysema: a meta-analysis. *BMC Pulm Med*. 2023; 23: 221.
- 5) Garvey C, Tjep B, et al.: Severe exercise-induced hypoxemia. *Respir Care*. 2012; 57 (7): 1154-1160.
- 6) 杉野圭史, 海老原覚・他: 間質性肺炎および気腫合併肺線維症における呼吸リハビリテーションの現状と課題. *日本呼吸ケア・リハビリテーション学会誌*. 2016; 26 (2): 194-199.

- 7) 安藤守康：慢性呼吸器疾患における運動療法の意義. 日本呼吸ケア・リハビリテーション学会誌. 2012; 22: 18-22.
- 8) 金澤博：COPDにおける肺血管リモデリング. 心臓. 2013; 45 (4) : 407-412.
- 9) Chaouat A, Naeije R, et al.: Pulmonary hypertension in COPD. *Eur Respir J.* 2008; 32: 1371-1385.
- 10) Ryu JH, Krowka MJ, et al.: Pulmonary hypertension in patients with interstitial lung diseases. *Mayo Clin Proc.* 2007; 82 (3) : 342-350.
- 11) Cottin V, Le Pavec J, et al.: Pulmonary hypertension in patients with combined pulmonary fibrosis and emphysema syndrome. *Eur Respir J.* 2010; 35: 105-111.
- 12) Grünig E, Eichstaedt C, et al.: ERS statement on exercise training and rehabilitation in patients with severe chronic pulmonary hypertension. *Eur Respir J.* 2019; 53 (2) : 1800332.
- 13) Ennis S, Sandhu HK, et al.: Development of a complex exercise rehabilitation intervention for people with pulmonary hypertension the supervised pulmonary hypertension exercise rehabilitation (SPHERE) trial. *BMJ open.* 2023; 13 (8) : e066053.
- 14) 衣田翔, 森尾裕志・他：運動誘発性低酸素血症を認める気腫合併肺線維症患者に対する運動療法の経験：インターバルトレーニングを実施し，身体機能，日常生活動作に改善がみられた1症例の報告. *理学療法—技術と研究—.* 2018; 46: 85-89.
- 15) 植木純, 神津玲・他：呼吸リハビリテーションに関するステートメント 日本呼吸ケア・リハビリテーション学会, 日本呼吸理学療法学会, 日本呼吸器学会. *日本呼吸ケア・リハビリテーション学会誌.* 2018; 27 (2) : 95-14.
- 16) 田平一行：コンディショニングと運動療法. *日本呼吸ケア・リハビリテーション学会誌.* 2011; 21: 191-196.
- 17) Mador MJ, Krawza M, et al.: Interval training versus continuous training in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *J Cardiopulm Rehabil Prev.* 2009; 29 (2) : 126-132.
- 18) Beauchamp MK, Nonoyama M, et al.: Interval versus continuous training in individuals with chronic obstructive pulmonary disease— a systematic review. *Thorax.* 2010; 65 (2) : 157-164.
- 19) Doletsky A, Andreev D, et al.: Interval training early after heart failure decompensation is safe and improves exercise tolerance and quality of life in selected patient. *Eur J Prev Cardiol.* 2018; 25 (1) : 9-18.