症例報告

評価に基づく呼吸理学療法と多職種連携により人工呼吸器離脱に至った一症例 *

伊藤有紀[1)]・小川智也[1)]・渡邉文子[1)]・平澤　純[1)]・三嶋卓也[1)]
古川拓朗[1)]・長江優介[1)]・中村広子[1)]・平松昌太朗[2)]

【要　旨】

集中治療室管理を要する重症症例の一部は，長期人工呼吸器管理を要する．症例は既往のない30歳代女性，下部消化管穿孔による人工肛門造設術後に肺血栓塞栓症を発症し，集中治療室にて補助循環装置および気管挿管人工呼吸器管理となった．第6病日より自発呼吸トライアルを施行するが呼吸数上昇により失敗．さらに呼吸機能評価では吸気筋力と咳嗽力が低下しており，咳嗽力低下による去痰不全を認めたため，第13病日に気管切開となった．受動座位より離床を開始し，人工呼吸管理下での歩行トレーニング，全身の筋力低下も認めたため筋力トレーニングなどの運動療法を実施した．また，気道クリアランス低下に対しては機械的排痰補助装置の導入，吸気筋力低下に対しては吸気筋トレーニングなどの呼吸理学療法を実施した．さらに呼吸サポートチームの介入など多職種連携により人工呼吸器離脱を図った．第18病日には吸気筋力や咳嗽力は改善し，短時間からの人工呼吸器離脱（On-off法）を試みた．しかし，短時間の人工呼吸器離脱でさえも不安が増強し，On-off法は実施困難であった．精神面の対応を協議するためカンファレンスを行い，精神的に落ち着く家族同席下で呼吸理学療法を行った．その結果，不安の軽減を認め，人工呼吸器離脱時間は段階的に延長し，第39病日に人工呼吸器終日離脱に至った．評価に基づく呼吸理学療法に加え家族も含めた心理的サポートや多職種連携下での呼吸管理を行ったことが，人工呼吸器離脱に至った要因と考える．

キーワード：呼吸機能評価，吸気筋トレーニング，多職種連携

はじめに

集中治療室（Intensive Care Unit：以下，ICU）管理を要する重症患者は，呼吸仕事量軽減や酸素化の維持などを目的に気管挿管人工呼吸器管理が行われる．全身状態が改善すれば，速やかに人工呼吸器の離脱が試みられる．しかし，一部の患者では，原因疾患の改善後も人工呼吸器の離脱に難渋し，人工呼吸器関連肺炎予防等のため，気管切開が行われて一般病棟での長期人工呼吸器管理が行われる．

急性呼吸不全患者のうち，長期人工呼吸器管理を必要とする症例の割合は約5～13%[1)]や30%[2)]という報告がある．本邦においても，ICUに入室し人工呼吸器管理を行った患者のうち，7.3%が長期人工呼吸器管理を要したことが報告されている[3)]．早期から人工呼吸器離脱に向けた介入を開始することで，ICU入室期間の短縮や人工呼吸器関連肺炎の合併を減少させるとされている[4)]．さらに，人工呼吸器の早期離脱が患者の日常生活動作（Activities of Daily Living：以下，ADL）・生活の質を改善することも明らかになっている[5)]．

＊ A case with septic shock in which respiratory physiotherapy and multidisciplinary collaboration were effective for weaning from mechanical ventilation.

1）公立陶生病院　中央リハビリテーション部
（〒489-8642　愛知県瀬戸市西追分町160）
Ito Yuki, PT, Ogawa Tomoya, PT, MS, Watanabe Fumiko, PT, PhD, Hirasawa Jun, PT, MS, Mishima Takuya, PT, MS, Furukawa Takuro, PT, Nagae Yusuke, PT, MS, Nakamura Hiroko, PT: Tosei General Hospital Central Rehabilitation Unit

2）公立陶生病院　循環器内科
Hiramatsu Shyotaro, MD: Tosei General Hospital Cardiovascular medicine

＃ E-mail: ikuy1997@icloud.com

（受付日　2022年8月7日／受理日　2023年1月23日）

長期人工呼吸器管理を必要とする患者に対する身体運動プログラムは機能改善，離床率の向上，人工呼吸器期間や入院期間短縮などの報告がされており[6]，理学療法士が主体となり人工呼吸器患者の離床や歩行練習，四肢筋力強化を進めることは必要不可欠である．

一方，人工呼吸器離脱困難の原因は多岐に渡り，気道クリアランスの問題や吸気筋力低下，心理的要因など患者自身の問題がある[2]．咳嗽力が低下し自己排痰不十分な症例には排痰促進のための呼吸理学療法が行われる．吸気筋力低下は，抜管の遅れや人工呼吸の延長と関連しており，吸気筋力が低下した症例に対して吸気筋トレーニング（Inspiratory Muscle Training：以下，IMT）が考慮される．長期人工呼吸器患者においても単なる離床のみならず，人工呼吸器から早期離脱をさせるためには呼吸様式や呼吸筋力，気道クリアランスを評価し呼吸理学療法を進めることが重要である．

さらに，ICU退室後の一般病棟ではスタッフの経験不足とスタッフ数の不足から人工呼吸器管理下で積極的な離床が行えないこともある[7]．一方，ICU退室後に長期人工呼吸器管理を要する患者に対して計画的に多職種での離床を継続することで，急性呼吸不全患者の身体機能が回復し，人工呼吸器の離脱ができ，患者の自立に寄与することができたとの報告がある[8]．したがって，ICU以外で人工呼吸器患者の離床において多職種連携により離床の継続が可能となる．

今回，長期人工呼吸器管理を要した症例に対して，評価に基づく呼吸理学療法と多職種連携にて人工呼吸器離脱に至った症例を経験したため報告する．

症例紹介

1．一般情報

症例は下部消化管穿孔と広範型肺塞栓症と診断された30歳代女性である．身長は140 cm，体重は32.9 kg，BMIは16.8 kg/m^{2}であり，主症状は腹痛と発熱であった．既往歴はなく，入院前ADLは自立，両親と3人暮らしであった．

2．現病歴

X年Y月中旬に家族が開眼なく唸り声を上げ，呼びかけに反応しない本症例を発見し通報，当院へ救急搬送された．下部消化管穿孔を認め，人工肛門造設術施行後，気管挿管人工呼吸器管理のままICU入室となった．第1病日（術後からの病日），収縮期血圧40台の血圧低下を認め，心エコー検査で肺血栓塞栓症が疑われ，肺動脈造影検査にて肺血栓塞栓症とそれに伴う閉塞性ショックの診断に至った．抗凝固療法，補助循環装置の導入となった．第5病日に補助循環装置は離脱し，第6病日から人工呼吸器管理下での早期離床，人工呼吸器関連肺炎の予防と人工呼吸器離脱に向けて呼吸理学療法を開始した．

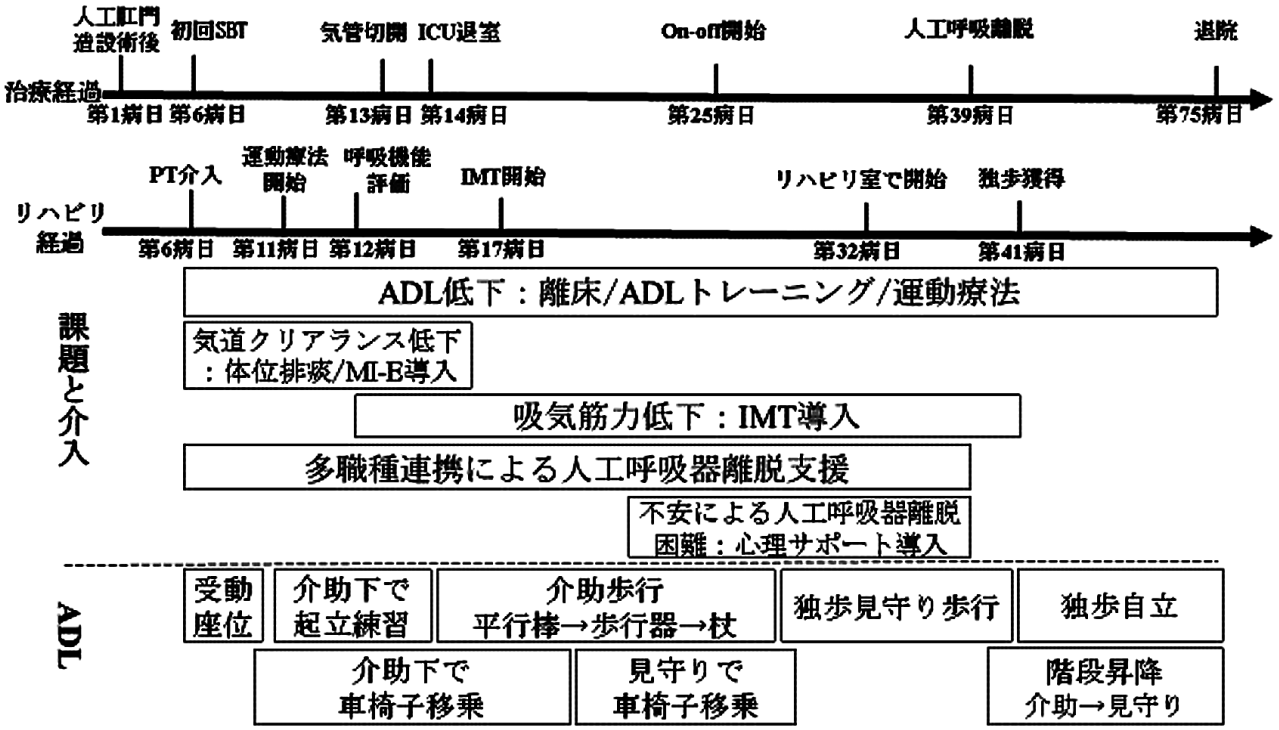
倫理的配慮

本症例報告を行うにあたり，患者には十分な説明をし同意を得た．

呼吸理学療法経過

初回介入時は，鎮静スケール（Richmond Agitation Sedation Scale：RASS）は-2．呼びかけ刺激で開眼するが従命は不可であった．循環動態は強心薬の使用はなく，血圧は102/62（75）mmHg，心拍数は90 bpmで安定していた．人工呼吸器設定はAssist ControlでPressure Controlは10 cmH_2O，呼気終末陽圧（Positive End-Expiratory Pressure：以下，PEEP）5 cmH_2Oであった．吸入気酸素濃度（Fraction of inspired Oxygen：以下，FiO_2）は21%で経皮的動脈血酸素飽和度（Saturation of percutaneous Oxygen：以下，SpO_2）は95%，PaO_2/FiO_2値は414と酸素化は安定していた．呼吸様式は異常呼吸パターンの出現はなく，呼吸補助筋の収縮は認めなかった．一回換気量（Tidal Volume：以下，VT）は250～300 ml，呼吸数（Respiration Rate：以下，RR）は22～25回/分と頻呼吸であり，痰の量も多く自己喀出が困難であった．さらに，四肢筋力の指標であるMedical Research Council（MRC）scoreは24点で筋力低下も認めた．離床はICU看護師と共に受動座位より実施し，四肢他動運動やポジショニング，体位排痰法はICU看護師と理学療法士がそれぞれ実施した．

第6病日より人工呼吸器離脱の検討として，自発呼吸トライアル（Spontaneous Breathing Trails：以下，SBT）を3回施行したが，RR 32回/分の頻呼吸となり失敗した．また，第12病日より機械的排痰補助装置（Mechanical Insufflation-Exsufflation：以下，MI-E）を導入し，適宜排痰補助を行ったが，去痰不全は十分に改善できず，第13病日に気管切開，第14病日にICUを退室となった．定期的に咳嗽力や呼吸筋力の評価を行い，評価に基づき呼吸理学療法プログラムを構築した．この時点での離床は全介助で立位，車椅子移乗までを実施した．一般病棟へ転棟後は，吸気筋力低下に対し，第17病日よりIMTを開始した．また，



IMT：Inspiratory Muscle Training

図 1．経過

表 1．呼吸機能評価

	第 12 病日	第 18 病日	第 32 病日	第 39 病日
FVC（L）	0.54	0.78	0.87	0.85
PCF（L/min）	43.2	58.8	49.8	82.8
MEP（cmH_2O）	21.7	24.7	32.8	37.4
MIP（cmH_2O）	18.4	31.1	31.7	36.6

FVC：Forced Vital Capacity（努力性肺活量），PCF：Peak Cough Flow（最大呼気流量），MEP：Maximum Expiratory Pressure（最大呼気圧），MIP：Maximum Inspiratory Pressure（最大吸気圧）

人工呼吸器離脱支援として第 18 病日より呼吸サポートチームも介入し，呼吸器設定を同期式間欠的強制換気から日中は持続的気道陽圧（Continuous Positive Airway Pressure: 以下，CPAP）へ変更した．さらに，人工呼吸器管理下でも離床を進められるよう，呼吸理学療法介入時に ICU 看護師と病棟看護師の協力を得て，多職種で連携を図りながら歩行トレーニングを中心とした離床，ADL トレーニングを進めた．SBT も成功し，徐々に吸気筋力が改善してきたため，第 25 病日より On-off 法を試みたが，患者の不安が強く，患者の精神状態が人工呼吸器離脱に影響した．精神面の対応を協議するため，カンファレンスを行い，不安による人工呼吸器離脱に対し家族サポートを導入した．その結果不安は徐々に軽減し，第 39 病日に終日人工呼吸器離脱，第 75 病日に自宅退院に至った．図 1 に呼吸理学療法における課題と介入ならびに ADL の経過を示す．

呼吸理学療法プログラム

1．気道クリアランス法 /IMT

去痰不全に対し体位排痰法より開始したが，第 10 病日に気管支鏡での吸痰を要した．意識状態改善に伴い自己排痰を促したが不十分であったため，第 12 病日に咳嗽力の評価を行った．咳嗽力の指標として用いられる Peak Cough Flow（以下，PCF）が 43.2 L/min と低下しており，気道クリアランスの低下を認めた（表 1）．そのため，気道クリアランスの低下に対し，体位排痰法に加え MI-E など気道クリアランス法を導入した．第 16 病日に

図 2. Thresold® を利用した吸気筋トレーニング

図 3. つり下げ式歩行器を使用した歩行練習

は自己にて中枢気道への痰の移動が可能となり，吸引で対応できるようになったため MI-E 離脱となった．第 18 病日に PCF は 58.8 L/min まで改善を認めた（表 1）．

人工呼吸器離脱の指標の 1 つである最大吸気圧（Maximum Inspiratory Pressure：以下，MIP）は第 12 病日に 18.4 cmH_2O と離脱基準値を下回る結果であり（表 1），第 17 病日より吸気抵抗を負荷する人工呼吸器のトリガー圧を利用した IMT を導入した．IMT 導入時は 30% 負荷となる -5 cmH_2O で 2 分間より開始し，その後 5 分 3sets まで延長した．On-off 法ができるようになった第 25 病日からは気管切開下で Threshold®（チェスト株式会社，非能動型呼吸運動訓練装置）を使用した（図 2）．IMT 導入時は経管栄養が開始されていたが，アルブミン（Albumin：以下，Alb）値 2.8 g/dl と低栄養であったため，呼吸筋疲労などを考慮し，第 18 病日に測定した MIP の 30% 負荷である 10 cmH_2O，5 Breath，3 sets から開始した．その後は Alb 値や体重などの栄養状態を確認しながら，50% 負荷の 15 cmH_2O，5 Breath，3 sets まで上げて IMT を行うことができた．第 39 病日には MIP は 36.6 cmH_2O まで改善した（表 1）．

2. 早期離床 /ADL トレーニング

本症例の入院前 ADL は自立であったが，呼吸理学療法介入時から端座位保持も介助を要し，ADL 低下を認めた．気管挿管人工呼吸器管理下で ADL の立ち上げ，人工呼吸器関連肺炎の予防を目的に段階的に早期離床を進めた．第 6 病日は受動座位，第 7 病日から第 18 病日までは全介助で起立から立位保持，車椅子移乗までを実施した．介助量は徐々に軽減するも重度介助を要した．車椅子乗車時間は少しずつ延長を図った．第 19 病日より人工呼吸器管理下（CPAP：PEEP 5，Pressure Support 10，FiO_2 21%）で歩行トレーニングを開始した．歩行練習開始時はつり下げ式歩行器を使用し，呼吸器が届く範囲で離床を行った（図 3）．歩行練習中は VT の低下はないが，RR 30 回前後と頻呼吸を認めた．MIP の改善に伴い On-off 法が可能となった第 25 病日より，病棟の平行棒で歩行トレーニングを開始した．第 32 病日には人工呼吸器は On-off 法で 2 時間半の離脱が可能となり，リハビリテーション室で運動療法を積極的に行い身体機能向上を図った．Barthel Index（以下，BI）は 20 点，Functional Balance Scale（以下，FBS）は 11 点であった．運動による身体機能向上により第 41 病日に独歩獲得，第 44 病日に階段昇降トレーニングを開始した（図 1）．第 75 病日には BI 90 点，FBS 34 点まで回復し，自宅退院となった．

3. 運動療法

従命動作が可能となった第 11 病日より自動運動での筋力強化を開始した．両下肢に対して臥位で等尺性運動（下肢伸展挙上運動）や等張性運動（足関節背屈運動）を実施した．人工呼吸器の On-off 法が可能となった第 32 病日よりリハビリテーション室で運動療法を開始した．筋力増強トレーニングとして鉄アレイと重錘を用い，上腕二頭筋，大腿四頭筋に対して等張性収縮を実施した．バランストレーニングとして，継ぎ足歩行や後ろ歩行など不安定な姿勢での動作練習を繰り返し行

い，バランス能力向上を図った．耐久性向上のためエアロバイクをRRや努力呼吸，自覚症状を評価しながら実施した．

4．多職種連携

人工呼吸器離脱に向けて，医師や看護師など多職種と連携を図りながら呼吸理学療法を進めた．特に看護師とはより密に連携を図り，気道クリアランスの問題に対してはMI-Eを導入した際，看護師によるMI-Eでの排痰補助を依頼した．一般病棟へ転棟した際は人工呼吸器管理下であったため，ICUおよび病棟看護師の2名と理学療法士1名にて人工呼吸器をはじめとする挿入ルート類の管理，血圧や心拍数，SpO_2など循環動態や酸素化が表示されているモニターでの全身状態を確認し，転倒に注意しながら呼吸理学療法を実施した．理学療法士の介入以外の時間では病棟看護師が筋力増強トレーニングを実施した．具体的にはベッド上臥位で足底面にバランスボールを入れて足踏みなど，股関節伸展筋や膝関節伸展筋の筋力トレーニングを実施した．人工呼吸器離脱に向けては呼吸サポートチームも介入し，呼吸器設定の変更と適切な人工呼吸管理のサポートを多職種で連携を図りながら実施した．また，本症例は嚥下機能障害や低栄養が認められ，言語聴覚士や管理栄養士も介入し，食事形態や栄養摂取量など栄養面も多職種で連携を図った．

5．心理サポート

SBTも成功し徐々にMIPが向上したため，第25病日よりOn-off法を試みた．だが，短時間の人工呼吸器離脱でさえも，頻呼吸や不安な表情，セラピストの手を握るといった所見が見られ，On-off法は不安による拒否で一時的な離脱も困難であった．HADs（Hospital Anxiety and Depression Scale）評価においても，不安13点，抑鬱感9点と不安を認めた．主治医，病棟看護師と精神面の対応について協議するため，カンファレンスを実施した．その結果，呼吸理学療法介入時に合わせて家族の面会による家族サポートの導入と，精神科医による介入を開始した．家族サポートは人工呼吸器の離脱ができるまでは毎日，呼吸理学療法介入時に家族も同席し声掛けを行った．精神科医は，睡眠導入剤の調整を行った．心理サポートの導入後，HADsは不安12点，抑鬱感9点と変化はなかったが，On-off法をする際の不安な表情はなくなり，自身で呼吸コントロールが可能となった．人工呼吸器離脱時間は段階的に延長でき，第39病日に終日人工呼吸器離脱に至った．

考察

本症例は，人工呼吸器からの離脱に39日を要した．人工呼吸器装着患者のうち約30%は長期化すると報告されており，その阻害因子として気道クリアランス低下や吸気筋力低下，患者の心理状態などが挙げられる[2]．本症例でも，気道クリアランスの問題や吸気筋力低下を認めたことが人工呼吸器からの離脱を阻害したと考える．

気道クリアランスに影響する咳嗽力の指標にはPCFがあり，PCF＜60 L/minの患者は，PCF＞60 L/minの患者の5～9倍の確立で抜管に失敗することが報告されている[9,10]．咳嗽力低下に対してMI-Eを適応することで，人工呼吸器装着期間短縮に有効である可能性がある[11]．本症例では，第12病日に測定したPCFは43.2 L/minと基準値を下回る結果であり，咳嗽力低下による去痰不全を認めた．これに対し，MI-Eを導入したことで気道クリアランスの改善と，PCF向上による自己排痰が可能となり，人工呼吸器関連合併症等が生じず，人工呼吸器装着期間短縮に繋がったと考える．

吸気筋力の指標であるMIPは，一般的に人工呼吸管理を行うことにより低下し[12,13]，抜管の遅れや人工呼吸管理の延長と関連する[14]．MIPは−30 cmH_2O以上で人工呼吸器離脱成功，−20 cmH_2O以下では人工呼吸器離脱失敗の指標となり[15]，MIPが低下した症例に対しIMTが推奨されている．IMTはICU患者のMIPを改善し，人工呼吸器装着期間の短縮や人工呼吸器の離脱促進に関連すると報告されており[16,17]，専用の器具を用いた吸気閾値圧負荷や人工呼吸器の圧トリガーを用いて，MIPの30～50%の負荷強度で行われる．また，IMTと離床の併用は，重症患者の人工呼吸器期間やウィーニング期間に効果をもたらす可能性があり[18]，今回MIP低下に対して離床とIMTを併用したことでMIPは改善し，人工呼吸器離脱の1つの要因と考える．

患者の心理状態は，人工呼吸器離脱の阻害となり得る要因の一つである．不安や抑鬱状態にある患者は，そうでない患者と比較して人工呼吸器からの離脱ができない率が高く，死亡率も高いと報告されている[19]．このような患者に対し，スタッフによる適切な声掛けや身体活動への家族の参加は大切であると報告されており[20]，今回呼吸理学療法介入時に家族サポートを導入したことで，患者の不安が軽減し，人工呼吸器装着期間短縮を促進できたと考える．

また，人工呼吸器を装着している本症例に対して，理学療法士や看護師をはじめとする多職種で連携を図ったことで，早期離床を実現させることができ，本症例の身体機能の向上，人工呼吸器装着期間短縮に影響したと考える．早期離床は人工呼吸器装着期間短縮に有効であると報告されている[21]．さらに，離床や人工呼吸器離脱を進めていく上で，栄養状態を把握することは重要である．医師，看護師だけでなく，栄養士など多職種での連携が必須であり，本症例に対して多職種で介入を行ったことが早期離床に繋がり，身体機能の向上や人工呼吸器装着期間短縮に影響したと考える．

まとめ

評価に基づき気道クリアランス低下に対して排痰補助装置導入，吸気筋力低下に対して吸気筋トレーニングならびに段階的な呼吸理学療法の拡大，家族も含めた心理サポートや多職種連携下での呼吸管理を行ったことが人工呼吸器離脱に至った要因と考える．

【文　献】

1) Zilberberg MD, Wit M, et al.: Growth in adult prolonged acute mechanical ventilation implications for healthcare delivery. Crit Care Med. 2008; 36: 1451-1455.
2) Beduneau G, Pham T, et al.: Epidemiology of weaning outcome according to a new definition: the WIND Study. Am J Respir Crit Care Med. 2017; 195: 772-783.
3) Nagata I, Takei T, et al.: Clinical features and outcomes of prolonged mechanical ventilation: a single-center retrospective observational study. JA Clin Rep. 2019; 5 (1) : 73.
4) American Thoracic Society: Dyspnea mechanisms, assessment, and management: a consensus statement. American Thoracic Society Am J Med Resir Crit Care Med. 1999; 159 (1) : 321-340.
5) Girard TD, Kress JP, et al.: Efficacy and safety of a paired sedation and ventilator weaning protocol for mechanically ventilated patients in intensive care (Awakening and Breathing Controlled trial) : a randomised controlled trial. Lancet. 2008; 371 (9607) : 126-134.
6) Huang HY, Huang CY, et al.: Prolonged Mechanical Ventilation: Outcomes and Management. J Clin Med. 2022; 11 (9) : 2451.
7) Dubb R, Nydahl P, et al.: Barriers and Strategies for Early Mobilization of Patients in Intensive Care Units. Ann Am Thorac Soc. 2016; 13 (5) : 724-730.
8) Vitacca M, Paneroni M, et al.: Effects of a Multidisciplinary Care Program on Disability, Autonomy, and Nursing Needs in Subjects Recovering From Acute Respiratory Failure in a Chronic Ventilator Facility. Respir Care. 2014; 59 (12) : 1863-1871.
9) Smailes ST, McVicar AJ, et al.: Cough strength, secretions and extubation outcome in burn patients who have passed a spontaneous breathing trial. Burns. 2013; 39: 236-242.
10) Smina M, Salam A, et al.: Cough peak flows and extubation outcomes. Chest. 2003; 124: 262-268.
11) Rose L, Adhikari NK, et al.: Cough augmentation techniques for extubation or weaning critically ill patients from mechanical ventilation. Cochrane Database Syst Rev. 2017; 1: CD011833.
12) Levine S, Nguyen T, et al.: Rapid disuse atrophy of diaphragm fibers in mechanically ventilated humans. N Engl J Med. 2008; 358: 1327-1335.
13) Demoule A, Molinari N, et al.: Patterns of diaphragm function in critically ill patients receiving prolonged mechanical ventilation: a prospective longitudinal study. Ann Intensive Care. 2016; 6: 75.
14) Jonghe BD, Garin SB, et al.: Respiratory weakness is associated with limb weakness and delayed weaning in critical illness. Crit Care Med. 2007; 35: 2007-2015.
15) Baptistella AR, Sarmento FJ, et al.: Predictive factors of weaning from mechanical ventilation and extubation outcome: A systematic review. J Crit Care. 2018; 48: 56-62.
16) Vorona S, Sabatini U, et al.: Inspiratory muscle rehabilitation in critically ill adults: a systematic review and meta-analysis. Ann Am Thorac soc. 2018; 15: 735-744.
17) Elkins M, Dentice R: Inspiratory muscle training facilitates weaning from mechanical ventilation among patients in the intensive care unit: a systematic review. J Physiother. 2015; 61: 125-134.
18) Worraphan S, Thammata A, et al.: Effects of inspiratory muscle training and early mobilization on weaning of mechanical ventilation: a systematic review and network meta-analysis. Arch Phys Med Rehabil. 2020; 101: 2002-2014.

19) Jubran A, Lawm G, et al.: Depressive disorders during weaning from prolonged mechanical ventilation. Intensive Care Med. 2010; 36: 828–835.
20) Balas MC, Devlin JW, et al.: Adapting the ABCDEF bundle to meet the needs of patients requiring prolonged mechanical ventilation in the long-term acute care hospital setting: historical perspectives and practical implications. Semin Respir Crit Care Med. 2016; 37: 119–135.
21) Kayambu G, Boots R, et al.: Physical therapy for the critically ill in the ICU: a systematic review. Crit Care Med. 2013; 41: 1543–1554.