

総説：秋田大学保健学専攻紀要24(1)：67 - 76, 2016

## 集中治療室で用いられる呼吸理学療法手技

佐々木 誠

### 要 旨

集中治療室 (intensive care unit ; ICU) における呼吸理学療法の重要性がますます認識されるようになってきた。ICU での呼吸理学療法は、種々の疾患患者に対して実施され、様々な手技が用いられる。その効果として、肺機能の改善に伴い呼吸器合併症の発生を予防し死亡率を低下させ、長期的なアウトカムを改善することが期待されている。これらの期待される効果について、多くの検討がなされエビデンスの構築が図られている。本総説では、ICU で用いられる呼吸理学療法手技の対象疾患、方法、禁忌ならびに注意点、効果およびそのエビデンスについて言及する。

### はじめに

ここ20年の間で集中治療室 (intensive care unit ; ICU) に在室した患者の予後が改善しており、最近のアウトカムの評価として、従来の救命率から機能の状態や健康関連 QOL が重要視されるようになってきた<sup>1,2)</sup>。呼吸理学療法は ICU で最も頻繁に実施される介入の一つであり<sup>3)</sup>、ICU における呼吸理学療法の意義がますます認識されるようになってきている<sup>4)</sup>。

ICU での呼吸理学療法は、種々の疾患患者に対して実施され、様々な手技が用いられる。その効果として、気道の清浄化、肺泡虚脱の改善、酸素化の改善、換気-血流比の適性化によるガス交換障害の減少がある<sup>4,5)</sup>と考えられる。これに伴って、無気肺、呼吸器感染症などの呼吸器合併症の発生を予防し死亡率を低下させ、ひいては身体活動の向上、人工呼吸器装着中の患者のウィーニング促進、ADL の能力向上、ICU 在室ならびに在院の期間の短縮、健康関連 QOL の向上などが図られる<sup>1,3-7)</sup>ことが期待されている。これらの期待される効果について、多くの検討がなされエビデンスの構築がなされている。根拠に基づく医療 (evidence based medicine ; EBM) の提供が求められる今日、ICU で用いられる呼吸理学療法手技につ

いても、検討されたエビデンスを熟知した上で、臨床現場で安全に活用される必要がある。

そこで本総説では、ICU で用いられる呼吸理学療法手技の対象疾患、方法、禁忌ならびに注意点、効果およびそのエビデンスについて言及する。

### 対 象

ICU で用いられる呼吸理学療法手技の対象疾患には、呼吸器疾患の発症・増悪<sup>4,8)</sup>、心臓外科手術後<sup>9-12)</sup>、ならびに脳血管障害<sup>13,14)</sup>や頭部外傷<sup>13,15)</sup>、胸腹部手術後<sup>16)</sup>、頸髄損傷<sup>17)</sup>、熱傷<sup>18)</sup>における呼吸器合併症の発生などが含まれる。代表的な呼吸器疾患として、急性肺障害 (acute lung injury ; ALI)<sup>8)</sup>および急性呼吸促進症候群 (acute respiratory distress syndrome ; ARDS)<sup>4,8)</sup>、喘息重積発作、慢性閉塞性肺疾患 (chronic obstructive pulmonary disease ; COPD) などがある。心臓外科手術としては、冠動脈バイパス術 (coronary artery bypass grafting ; CABG)<sup>9,12)</sup>、弁置換術・形成術などがある。脳血管障害について、発症後呼吸器感染症の発生が22%であり<sup>19)</sup>、肺炎が最も高頻度に発生する<sup>20)</sup>ことが報告されている。胸腹部手術には、食道外科手術、肺切除術、肺容量減少術、

臓器移植などが含まれる。頸髄損傷では、損傷高位により人工呼吸器管理が必要になったり、腹部筋の筋力低下や肺容量の減少により呼気流速が遅くなって痰の喀出が困難になり肺炎を併発したりする<sup>17)</sup>。頸髄損傷患者における呼吸不全、無気肺、肺炎などの呼吸器合併症は36～83%に生じるとされる<sup>17)</sup>。熱傷は特に気道熱傷を併発した場合に対象となることが多い。これらの疾患の他に、人工呼吸器管理されている患者<sup>9,13,21-55)</sup>も対象となる。人工呼吸器を装着するに至る原因として、頭部外傷、腹部手術後<sup>24)</sup>、肺炎、脳血管障害、食道手術後、COPDの急性増悪、喘息、心停止、敗血症、呼吸不全、腎臓疾患など<sup>25,26,32-34,44,49,52)</sup>が報告されている。また、Neonatal ICU (NICU) や Pediatric ICU (PICU) に収容された小児<sup>56-61)</sup>も対象に含まれる。小児領域の対象は、新生児<sup>56)</sup>から外科術後患児<sup>60)</sup>、神経筋疾患患児<sup>58,60)</sup>など多岐にわたり、時に人工呼吸器管理に至る<sup>57,59)</sup>。小児に対して実施される呼吸理学療法は、PICUで行われる介入の中で最も高頻度に施行される方法の一つである<sup>58)</sup>。

## 方法

### 1. 体位ドレナージ (postural drainage)

体位ドレナージには、キネティックベッドを用いて排痰を促す kinetic therapy と、通常のベッドで実施される体位変換 (positioning, turning)、排痰体位 (drainage position) がある。Kinetic therapy は、continuous lateral rotation therapy, rotational bed therapy とも呼ばれ、特殊なベッドを使用し身体を長軸上に回転させる。体位変換は、気道内分泌物の貯留や無気肺を予防するために、1～3時間ごとに側臥位や腹臥位に体位を変換させる。排痰体位は、排痰部位を最高位にした体位を30分程度とり、重力を利用して気道内分泌物を中枢気道に移動させる。

### 2. 徒手による胸郭の操作

徒手的な胸郭の操作には、軽打法 (percussion)、振動法 (vibration)、胸郭圧迫法 (chest compression therapy) などがある。胸郭圧迫法 (または呼気圧迫法) は、日本ではスクイーピング (squeezing) の呼び方でよく知られている<sup>26)</sup>。軽打法は、呼気に胸郭を軽くたたくことにより振動を与え、比較的太い気管支から喉頭側に気管内分泌物を移動させる。振動法は、呼気に合わせて胸郭を10～15Hzの振動数で振動させ、比較的末梢の気道から中枢気道へ分泌物を移動させる。胸郭圧迫法は、呼気に合わせて胸郭を手動的に圧迫し、呼気流速を速めることで末梢気道から中枢

気道への気管内分泌物の移動を促進する。いずれも排痰体位で行うと効果的である。

### 3. 用手換気 (manual ventilation)

用手換気は、諸外国では manual hyperinflation と呼ばれ bagging や bag-squeezing とも言われる<sup>5,45,62)</sup>。気道内分泌物の移動を促進し、虚脱した肺胞を再膨張させて無気肺を予防したりガス交換を向上させたりすることなどを目的<sup>21,22,44,45,62)</sup>に、バッグバブルマスクやジャクソンリース回路を用いて、手動的に補助換気を行う。装置をマスクに接続 (気管内挿管されている場合は気管チューブに接続) し、患者の吸気相に合わせて手でバッグを圧迫し空気を送り込む。胸郭圧迫法を併用すると気道内分泌物の移動がさらに促進される。

### 4. 吸引 (suctioning)

気管内吸引は、陰圧をかけたカテーテルを気道内に挿入し、中枢気道まで移動した気管内分泌物を取り除くものである。清潔操作が原則であり、吸引圧は100～150mmHg (新生児の場合は60～80mmHg) に設定する。低酸素状態を回避するために1回の吸引は5～10秒で行う。体位ドレナージや、胸郭圧迫法などの徒手的な胸郭の操作で、気道内分泌物を中枢気道に移動させた後行うと効果的である。

### 5. 呼吸練習 (breathing exercise)

呼吸練習には、咳嗽 (cough) やハッフイング (huffing)、これらを組み合わせた active cycle breathing technique、横隔膜呼吸練習 (diaphragmatic breathing exercise)、深呼吸練習 (deep breathing exercise) などがある。咳嗽およびハッフイング、active cycle breathing technique は、中枢気道に集まった気道内分泌物を自己喀出するものである。Active cycle breathing technique は、深呼吸3～5回 ハッフイング2～3回 安静呼吸2～3回 咳嗽を繰り返して痰を喀出する方法である。横隔膜呼吸練習は、呼吸仕事量の少ない呼吸パターンを獲得するために行う方法であり、背臥位 坐位 立位 歩行の順でできるよう練習する。

### 6. 呼吸筋トレーニング (ventilatory muscle training)

呼吸筋トレーニングには、吸気筋トレーニング (inspiratory muscle training) と呼気筋トレーニング (expiratory muscle training) があるが、前者が主流である。吸気筋トレーニングには、デバイスを

用いる方法と人工呼吸器の設定を変更する方法、背臥位で腹部の上に重量物を乗せて吸気抵抗を加える方法がある。デバイスとして Threshold-IMT などが用いられる<sup>12,41,46)</sup>。人工呼吸器を装着している患者では、吸気相開始のトリガー圧を高く設定したり<sup>27)</sup>、デバイスを人工呼吸器の回路内に接続したりしてトレーニングする。背臥位で腹部の上から吸気抵抗を加える方法は、腹部重錘負荷法 (abdominal pad 法) と呼ばれる。

## 7. 離床 (mobilization)

離床は、背臥位から起き上がってベッド端に坐る 移乗して椅子に坐る 立位をとる 立位で重心移動や足踏みをする 歩行する、のように段階的に進める<sup>14,30,33,35,38,49,63,64)</sup>。ICU において人工呼吸器管理された患者で、有害なイベントの発生は 1% 未満であり<sup>30)</sup>、その安全性や実施可能性が示されている<sup>30,33-35,38,64)</sup>。また、人工呼吸器を装着していない患者を含めた ICU 入室患者の検討で、有害なイベントの発生は 1.1% であり<sup>65)</sup>安全な方法であるとされている<sup>14,55,65)</sup>。

### ・禁忌ならびに注意

ICU は、最も重篤な患者が収容され、高頻度の人工呼吸器管理、多くのラインやドレーン・チューブの挿入、最適な血行動態の管理が必要な患者が入室する特殊な環境である<sup>5)</sup>。ラインやチューブの折り込みや事故抜管に注意し、バイタルサインの変化に対応できるようモニタリングやフィジカルアセスメントが必要である。

体位ドレーン・チューブの禁忌は、心不全、肺感染症、肺水腫、肺出血、重症不整脈、重症高血圧、脳浮腫などである。腹臥位や頭低位にするときには不整脈、血圧の変動、呼吸困難感の悪化、頭蓋内圧亢進症状などに注意する。軽打法や振動法は、フレイルチェスト、脊椎骨折が禁忌となり、胸部手術創の部位には行わない。胸郭圧迫法は、手技が未熟な者が行うと患者の呼気に同調せずに呼吸困難感を増長したり、不整脈の誘発や肋骨骨折の発症を招いたりする。十分な技術の習得が重要である。また、呼気終末の肺容量が減少し肺虚脱を発生する可能性がある<sup>26)</sup>。肺コンプライアンスが低い新生児・乳幼児に対する施行では 2 呼吸に 1 回実施するなどの配慮が必要である。

用手換気によって圧損傷が生じることがあり、気道内圧が高くなり過ぎないように注意して行う。また、心拍出量の減少、心拍数の変動、中心静脈圧の上昇が認められている<sup>45)</sup>。血行動態が安定しない患者、頭蓋内

圧が亢進している重症の脳疾患患者、フレイルチェスト患者、未処置の気胸患者は禁忌となる。Denehy は、実施するにあたって注意すべき状態として不安定な心循環系、ドレーンが挿入されていない気胸、重篤な気管支攣縮、高い最大吸気圧、呼気終末陽圧 (positive end-expiratory pressure; PEEP) > 10cmH<sub>2</sub>O、頭蓋内圧の上昇、急性肺浮腫を挙げている<sup>62)</sup>。

気管内吸引のリスクとして、気道粘膜の損傷・出血、低酸素血症、不整脈、頭蓋内圧亢進、気道の過敏反応、肺胞虚脱、感染症などがあげられる。清潔操作を心がけ、適切な吸引圧で短時間のうちに、丁寧に施行することが大切であり、「気管吸引ガイドライン 2013」<sup>66)</sup>に従って実施する。

呼吸筋トレーニングによって呼吸筋疲労が生じることが懸念される。適切な強度、持続時間、頻度で行うことが大切である。また、酸素飽和度の低下、頻呼吸、血行動態の変動、不整脈の発生頻度が 14% であると報告されており<sup>67)</sup>、注意が必要である。Cader らは、人工呼吸器装着患者の吸気筋トレーニングについて、呼吸数 35 回 / 分あるいは初期値から 50% 以上増加、酸素飽和度 < 90%、収縮期血圧 > 180mmHg または < 80mmHg、頻脈 > 140 拍 / 分または初期値の 20% 以上増加、奇異呼吸、興奮、うつ、喀血、不整脈、発汗を中止基準としている<sup>46)</sup>。

離床は、他の呼吸理学療法の方法と比較して体動による身体への負荷が最も大きい。Harris らは、適応患者を心拍数 40 ~ 130 拍 / 分、収縮期血圧 < 180mmHg、平均動脈圧 > 65mmHg、機械的換気 < 100mmHg、酸素飽和度 > 88 ~ 90%、呼吸数 < 40 回 / 分、吸入気酸素濃度 < 0.60、PEEP < 10cmH<sub>2</sub>O、意識清明、指示に従う能力あり、興奮状態でない、に限定している<sup>64)</sup>。

慢性呼吸不全の急性増悪患者では、血行動態が不安定であったり、高度の呼吸困難感、コントロールされていない気胸や喘息発作の併発があったりする場合には禁忌とされる。

CABG 術後、ICU で人工呼吸器管理された患者において、側臥位への体位変換によって酸素摂取量、二酸化炭素排出量、心拍数、収縮期血圧などが上昇したとの報告があり<sup>9)</sup>、注意が必要である。

クモ膜下出血で ICU に収容された患者を対象に早期離床を行った際、有害なイベントの発生は少数ながらも平均動脈圧 70mmHg 未満 3.1%、120mmHg より上昇 2.4%、心拍数 130 拍 / 分以上 0.3% であったとの報告があり<sup>14)</sup>、慎重な施行が重要である。頭蓋内圧が変動する患者について、呼吸理学療法、特に気管内吸

引によって頭蓋内圧が上昇することがシステマティックレビューで認められており<sup>68)</sup>、注意が必要である。また、Thelanderssonらは、ICUで人工呼吸器管理された頭部外傷患者、脳卒中患者において、腹臥位に体位変換する場合、頭蓋内圧が20mmHgより高くなるか脳灌流圧が60mmHg未満になったとき背臥位に戻すようにしている<sup>13)</sup>。さらに、人工換気が関連する肺炎を併発した頭部外傷患者を対象とした体位変換、用手換気、吸引のトライアルで、過剰な換気（一酸化窒素換気、吸入気酸素濃度 $>0.8$ 、PEEP $>10\text{cmH}_2\text{O}$ ）、不安定な血行動態（平均動脈圧 $>120\text{mmHg}$ または $<60\text{mmHg}$ 、心拍数 $>120$ 拍/分または $<60$ 拍/分、変動しやすい平均動脈圧や心拍数、治療が必要な新しい不整脈、心筋収縮に影響する薬剤の大量投与）、不安定な神経学的状態（変動する頭蓋内圧や脳灌流圧、頭蓋内圧 $>25\text{mmHg}$ 、脳灌流圧 $<70\text{mmHg}$ ）が除外基準とされている<sup>15)</sup>。

頸髄損傷患者は安静臥床と麻痺による筋緊張低下や自律神経障害のため、徐脈や起立性低血圧を生じやすい。また、損傷部位の不安定性があり徒手による胸郭の操作を行う際には、頸部を固定するなどの配慮が必要である。

熱傷患者で特記すべきことは、熱傷部位に徒手による胸郭の操作を行う場合に滅菌ドレープで覆った上から実施すること、ならびに植皮術後は移植皮膚の生着する数日間剪断力を加えないように徒手による胸郭の操作を控えることである。

胸腹部術後患者では、術創部の疼痛を麻酔で管理し、胸郭圧迫法や振動法を実施する場合には創部を覆うように手を当てる注意が必要である。

ICUで人工呼吸器管理されている患者について、吸気筋トレーニングを行った10名で有害なイベントはなかったと報告されている<sup>50)</sup>。一方で奇異呼吸、頻呼吸、酸素飽和度の低下、血行動態の変動、頻脈が167件中23件生じたとされている<sup>27)</sup>。離床による有害なイベントとして低血圧が176件中2件発生したことが報告されている<sup>63)</sup>。いずれもバイタルサインの十分な監視が大切である。

小児領域では本邦において、乳幼児で呼吸理学療法による合併症として脳障害発症の危険性と両側多発肋骨骨折4例の報告がある<sup>69)</sup>。2009年の全国調査<sup>70)</sup>の結果を加えて作成された「NICUにおける呼吸理学療法ガイドライン（第2報）」<sup>69)</sup>を参照して呼吸理学療法を実施すべきである。

## ・効果ならびにそのエビデンス

体位ドレナージの効果として、酸素化、換気-血流比、肺容量、気道清浄化の改善、呼吸仕事量の減少、無気肺や呼吸器感染症の防止、死亡率の低下などがあげられる<sup>3,4,8,13,71,72)</sup>。Kinetic therapyについて2つのメタアナリシスがあり、いずれもkinetic therapyが肺炎の発生を低下させるものの、ICU在室期間、在院日数、死亡率には効果がないとしている<sup>28,29)</sup>。軽打法や振動法の実施は、気管内分泌物の移動<sup>72)</sup>、血ガスデータの改善、肺コンプライアンスの改善、肺炎の予防などをもたらす可能性がある<sup>3)</sup>。また、ICUに入室している患者に対し24時間体制で排痰手技（吸引と軽打法）と上下肢運動を行った検討で、呼吸器感染症の発生率ならびに死亡率が低く、人工呼吸器での管理期間および在院期間が短かったとの結果が示されている<sup>73)</sup>。胸郭圧迫法は、呼気流速を速め<sup>52,59)</sup>気道内分泌物の移動を促進し<sup>52)</sup>、排痰を促すとされる。加えて、吸気の肺容量を高めて肺の拡張により肺コンプライアンス<sup>50)</sup>、無気肺の改善をもたらすことが期待される。気道の清浄化に関して、複数のシステマティックレビュー<sup>74-76)</sup>がある。Idesらは、患者自らが行わない他動的な手技（体位ドレナージや叩打法）のエビデンスは低いとしている<sup>74)</sup>。しかし、Jonesらは、体位ドレナージ、叩打法、振動法、ゆすり法などの排痰手技が痰の産生やラジオエアロゾルの清浄化に対して効果があるとしている<sup>75)</sup>。また、Andrewsらは、さらなる研究が必要としながらも、肺機能、ガス交換、酸素化に有効であり人工呼吸器管理の期間を短くするとしている<sup>76)</sup>。

用手換気では、気道閉塞や虚脱肺の予防、肺胞の再拡張、酸素化の改善、気道の清浄化、肺コンプライアンスの改善、無気肺や肺炎の予防などの効果<sup>3,4,62,71,72)</sup>が期待される。システマティックレビューによれば、気道の清浄化に有用であり<sup>45,74)</sup>、肺コンプライアンス、酸素化が改善する<sup>45)</sup>ことが認められている。

気管内吸引には、気道を清浄化することで気道の開放性を維持・改善することにより、呼吸仕事量や呼吸困難感を軽減し、肺胞でのガス交換能を維持・改善する効果がある<sup>66)</sup>とされる。2009年のシステマティックレビューでは、2001年のBrooksらのガイドライン<sup>78)</sup>以来なされたメタアナリシスは1つであり、更新されるエビデンスに基づいて臨床実践すべきであるとされている<sup>79)</sup>。

呼吸練習の効果として、呼吸パターンの改善、換気量の増加、呼吸仕事量の軽減、呼吸困難感の軽減、術後呼吸器合併症の予防、ウィーニングの成功を促進す

ることなどが挙げられる。システマティックレビューでは、インセンティブスパイロメトリーは術後呼吸器合併症の発生に寄与しない<sup>80)</sup>とされている。しかし、呼吸コントロールは腹部の動き、横隔膜の偏った運動、呼吸数、動脈血酸素分圧、呼吸仕事量、呼吸困難感に有効であり<sup>81)</sup>、active cycle breathing techniqueなどの自発的な方法はCOPD患者に効果的である<sup>74)</sup>とされている。加えて、2012年の2つのメタアナリシスでも、呼吸練習が呼吸筋力を増強する<sup>82)</sup>こと、active cycle breathing techniqueが排出される痰の量を増し気道清浄化に有効である<sup>83)</sup>ことが示されている。

ICUに入室した患者は、特に人工呼吸器管理されると横隔膜の萎縮が生じる<sup>3)</sup>。このため、人工呼吸器装着下の患者はウィーニングに失敗しやすくなる<sup>3)</sup>。呼吸筋トレーニングによって、呼吸筋力・呼吸筋耐久性、呼吸パターンが改善し、呼吸機能、運動耐容能が向上し、人工呼吸器装着患者のウィーニングの成功を促進し、ADLの能力ならびにQOLが改善する効果<sup>12,41,46)</sup>が期待される。メタアナリシスでは、吸気筋トレーニングによって吸気筋力が増強し、速く浅い呼吸が改善され、ウィーニングの成功が促され、ICUへの在室期間・在院期間が短縮する<sup>54)</sup>とされている。

ICUという環境では患者は安静とセデーションにより、筋力や全身調整能力が低下する傾向にある。これによって引き続いて、せん妄やICU-acquired weakness (ICU-AW)<sup>84,85)</sup>がもたらされる<sup>7)</sup>。早期からの離床には、生体反応を引き出し、これらの二次的な合併症を減少させ、歩行能力やADLの能力を高め、ウィーニングの成功を促し、ICU在室期間や在院日数を短縮し、ケアにかかる費用を削減する<sup>7,24,25,33,34,64,71)</sup>ことが期待される。システマティックレビューでは、ICUに入室している患者について、離床により機能が向上しICU在室ならびに入院の期間が短縮する<sup>86)</sup>ことが認められている。

様々な方法の呼吸理学療法を行った場合の効果について、システマティックレビューでは、腹部術後患者において呼吸器合併症のリスクが減少する<sup>16)</sup>とされている。さらに、メタアナリシスでは、死亡率に対する効果はないものの身体機能、末梢筋、呼吸筋、ウィーニングまでの日数、ICU在室日数、在院日数、QOLに対して効果があり、呼吸理学療法は重症患者への有益な介入方法である<sup>1)</sup>とされている。

ARDS患者に関して、kinetic therapyが気道閉塞や無気肺のリスクを減じ、気道感染症や肺炎の発生頻度を減少させ、気管内挿管ならびに在院の期間を短縮すること、体位変換が酸素化、換気、血流比不均衡、

残気量を改善すること、軽叩法や振動法が無気肺や気道内分泌物貯留を防ぐこと、用手換気が気道閉塞や肺の虚脱を防止し酸素化や肺コンプライアンスを改善すること、呼吸筋トレーニングがウィーニングの期間を短縮し成功率を高めることが示唆されている<sup>4)</sup>。また、ALI患者やARDS患者に対するkinetic therapyが呼吸器合併症を改善し、ICUで有益な介入方法であるとの報告<sup>8)</sup>がある。

心疾患外科手術後の予防的呼吸理学療法に関するシステマティックレビューでは、理学療法、インセンティブスパイロメトリー、持続的気道陽圧 (continuous positive airway pressure; CPAP)、間欠的陽圧呼吸 (intermittent positive pressure breathing; IPPB)などの呼吸器合併症に対する有益性について、十分に証明されていないと結論づけられている<sup>10)</sup>。

ICUにおいて人工呼吸器管理された頭蓋外傷患者ならびに脳卒中患者で、腹臥位への体位変換が、酸素化やコンプライアンスを向上させるとの報告<sup>13)</sup>がある。また、頭部・頸部の手術後ICUに収容された患者に関する検討で、深呼吸練習によって、血行動態は変化しない一方で呼吸数が減り、酸素化が改善することが示されている<sup>87)</sup>。

腹部手術後患者についてのシステマティックレビューでは、2001年、インセンティブスパイロメトリーが上腹部術後患者で効果がない<sup>80)</sup>とされた。2006年のシステマティックレビューは腹部手術後の深呼吸、咳嗽、体位ドレナージに関して、限られた論文のみで呼吸器合併症の予防効果を認め、ルーチンでの臨床活用は推奨されない<sup>88)</sup>としている。しかし、同じく2006年、腹部外科手術後患者でインセンティブスパイロメトリー、深呼吸、CPAPが呼吸器合併症を予防する<sup>16)</sup>とのシステマティックレビューが発表されている。

ICUに入室している四肢麻痺患者で、呼吸理学療法によってICU在室期間が短縮するとの報告<sup>17)</sup>がある。システマティックレビューでは、排痰手技が気道清浄化に有効である<sup>89)</sup>とされている。脊髄損傷患者における呼吸筋トレーニングについてのシステマティックレビューでは、2005年には論文が不足しており効果を確認することが困難である<sup>90)</sup>とされた。しかし、2006年のシステマティックレビューでは、吸気筋の筋力・筋持久力が増し、運動能力やQOLが向上し、呼吸器合併症が減少する<sup>91)</sup>とされている。2008年のシステマティックレビューでも、呼吸筋トレーニングは息切れや呼吸機能に有効である<sup>92)</sup>とされている。

熱傷患者を対象としたICUでの呼吸理学療法手技の活用のエビデンスを示す文献は見出せない。

人工呼吸器管理された患者に対する呼吸理学療法は、

生体反応の促進や呼吸機能の改善，合併症の予防，身体機能・能力や ADL の能力の向上，ウィーニング成功の促進，ICU 在室期間および在院日数の短縮などの効果が認められている<sup>23,25,33,34,36,37,39,40,41,43,53</sup>。システムティックレビューやメタアナリシスでは，kinetic therapy が肺炎の発生を低下させ<sup>28,29</sup>，用手換気が肺機能を改善し<sup>45</sup>，吸気筋トレーニングが吸気筋力を増強する<sup>93</sup>ことが認められているが，いずれも死亡率，ウィーニングの成功率と期間，ICU 在室期間，在院期間などの長期的な効果は認めていない。しかし，人工呼吸器装着患者に対する吸気筋トレーニングに関する最新のメタアナリシスでは，吸気筋を強化し速く浅い呼吸を改善すること，ウィーニングの成功が促進され，ICU への在室期間ならびに入院期間が短縮することが示されている<sup>54</sup>。

小児領域では，人工呼吸器管理された患児において，胸郭圧迫法と振動法の併用により施行最中の呼気流速が速まる<sup>59</sup>ことが示されている。2013年のシステムティックレビューでは，用手換気が気道清浄化を促進する<sup>77</sup>とされている。さらに2015年のシステムティックレビューでは，人工呼吸器装着患児において，胸郭圧迫法と呼吸理学療法の特に用手換気，振動法が気道清浄化に対して有効である<sup>94</sup>とされている。

## おわりに

ICU 患者の救命率が上がっている今<sup>1,2</sup>，ICU における呼吸理学療法手技の施行の必要性は今後さらに重視されることが予想される。ICU では様々な対象に対して呼吸理学療法の多岐にわたる手技が安全に実施されており，呼吸理学療法の効果がエビデンスを伴って認識されつつある。しかし，ICU でのエビデンスに基づいた呼吸理学療法の実施は未だ十分であるとは言いがたい。EBM をさらに促進する臨床実践の普及と研究の試みが大切であると考えられる。

## 文 献

- 1) Kayambu G, Boots R, et al.: Physical therapy for the critically ill in the ICU: a systematic review and meta-analysis. *Crit Care Med* 41: 1543-1554, 2013
- 2) Kress JP: Sedation and mobility: changing the paradigm. *Crit Care Med* 29: 67-75, 2013
- 3) Clini E, Ambrosino N: Early physiotherapy in the respiratory intensive care unit. *Respir Med* 99: 1096-1104, 2005

- 4) Ambrosino N, Makhahah DN: Comprehensive physiotherapy management in ARDS. *Minerva Anesthesiol* 79: 554-563, 2013
- 5) Ciesla ND: Chest physical therapy for patients in the intensive care unit. *Phys Ther* 76: 609-625, 1996
- 6) Jelic S, Cunningham JA, et al.: Clinical review: airway hygiene in the intensive care unit. *Crit Care* 12: 209, 2008
- 7) Engel HJ, Needham DM, et al.: ICU early mobilization: from recommendation to implementation at three medical centers. *Crit Care Med* 41: S69-S80, 2013
- 8) Rance M: Kinetic therapy positively influences oxygenation in patients with ALI/ARDS. *Nurs Crit Care* 10: 35-41, 2005
- 9) Horiuchi K, Jordan D, et al.: Insights into the increased oxygen demand during chest physiotherapy. *Crit Care Med* 25: 1347-1351, 1997
- 10) Patrick P, Tramèr MR, et al.: Prophylactic respiratory physiotherapy after cardiac surgery: systematic review. *BMJ* 327: 1379, 2003
- 11) Arcêncio L, Souza MD, et al.: Pre-and postoperative care in cardiothoracic surgery: a physiotherapeutic approach. *Rev Bras Cir Cardiovasc* 23: 400-410, 2008
- 12) Savci S, Degirmenci B, et al.: Short-term effects of inspiratory muscle training in coronary artery bypass graft surgery: a randomized controlled trial. *Scand Cardiovasc J* 45: 286-293, 2011
- 13) Thelander A, Cider Å, et al.: Prone position in mechanically ventilated patients with reduced intracranial compliance. *Acta Anaesthesiol Scand* 50: 937-941, 2006
- 14) Olkowski BF, Devine MA, et al.: Safety and feasibility of an early mobilization program for patients with aneurysmal subarachnoid hemorrhage. *Phys Ther* 93: 208-215, 2013
- 15) Patman S, Jenkins S, et al.: Physiotherapy does not prevent, or hasten recovery from, ventilator-associated pneumonia in patients with acquired brain injury. *Intensive Care Med* 35: 258-265, 2009
- 16) Lawrence VA, Cornell JE, et al.: Strategies to reduce postoperative pulmonary complications after noncardiothoracic surgery: systematic review for the American College of Physicians.

- Ann Intern Med 144 : 596-608, 2006
- 17) Berney S, Stockton K, et al.: Can early extubation and intensive physiotherapy decrease length of stay of acute quadriplegic patients in intensive care? A retrospective case control study. *Physiother Res Int* 7 : 14-22, 2002
  - 18) Silverberg R, Johnson J, et al.: A survey of the prevalence and application of chest physical therapy in U.S. burn centers. *J Burn Care Rehabil* 16 : 154-159, 1995
  - 19) Langhorne P, Robertson L, et al.: Medical complications after stroke: a multicenter study. *Stroke* 31 : 1223-1229, 2000
  - 20) Johnston KC, Li JY, et al.: Medical and neurological complications of ischemic stroke: experience from the RANTTAS trial. *Stroke* 29 : 447-453, 1998
  - 21) Ntoumenopoulos G, Gild A, et al.: The effect of manual lung hyperinflation and postural drainage on pulmonary complications in mechanically ventilated trauma patients. *Anaesth Intensive Care* 26 : 492-496, 1998
  - 22) Clarke RCN, Kelly BE, et al.: Ventilatory characteristics in mechanically ventilated patients during manual hyperventilation for chest physiotherapy. *Anaesthesia* 54 : 936-940, 1999
  - 23) Wang JY, Chuang PY, et al.: Continuous lateral rotational therapy in the medical intensive care unit. *J Formos Med Assoc* 102 : 788-792, 2003
  - 24) Zafiropoulos B, Alison JA, et al.: Physiological responses to the early mobilization of the intubated, ventilated abdominal surgery patient. *Aust J Physiother* 50 : 95-100, 2004
  - 25) Chang AT, Boots RJ, et al.: Standing with the assistance of a tilt table improves minute ventilation in chronic critically ill patients. *Arch Phys Med Rehabil* 85 : 1972-1976, 2004
  - 26) Unoki T, Kawasaki Y, et al.: Effects of expiratory rib-cage compression on oxygenation, ventilation, and airway-secretion removal in patients receiving mechanical ventilation. *Respir Care* 50 : 1430-1437, 2005
  - 27) Caruso P, Denari SDC, et al.: Inspiratory muscle training is ineffective in mechanically ventilated critically ill patients. *Clinics* 60 : 479-484, 2005
  - 28) Delaney A, Gray H, et al.: Kinetic bed therapy to prevent nosocomial pneumonia in mechanically ventilated patients: a systematic review and meta-analysis. *Crit Care* 10 : R70, 2006
  - 29) Goldhill DR, Imhoff M, et al.: Rotational bed therapy to prevent and treat respiratory complications: a review and meta-analysis. *Am J Crit Care* 16 : 50-62, 2007
  - 30) Bailey P, Thomsen GE, et al.: Early activity is feasible and safe in respiratory failure patients. *Crit Care Med* 25 : 139-145, 2007
  - 31) Templeton M, Palazzo MGA: Chest physiotherapy prolongs duration of ventilation in the critically ill ventilated for more than 48 hours. *Intensive Care Med* 33 : 1938-1945, 2007
  - 32) Thomsen GE, Snow GL, et al.: Patients with respiratory failure increase ambulation after transfer to an intensive care unit where early activity is a priority. *Crit Care Med* 36 : 1119-1124, 2008
  - 33) Morris PE, Goad A, et al.: Early intensive care unit mobility therapy in the treatment of acute respiratory failure. *Crit Care Med* 36 : 2238-2243, 2008
  - 34) Schweickert WD, Pohlman MC, et al.: Early physical and occupational therapy in mechanically ventilated, critically ill patients: a randomized controlled trial. *Lancet* 30 : 1874-1882, 2009
  - 35) Kress JP: Clinical trials of early mobilization of critically ill patients. *Crit Care Med* 37 (Suppl.) : S442-S447, 2009
  - 36) Malkoç M, Karadibak D, et al.: The effect of physiotherapy on ventilator dependency and the length of stay in an intensive care unit. *Int J Rehabil Res* 32 : 85-88, 2009
  - 37) Fleegler B, Grimes C, et al.: Continuous lateral rotation therapy for acute hypoxemic respiratory failure. *Dimens Crit Care Nurs* 28 : 283-287, 2009
  - 38) Bourdin G, Barbier J, et al.: The feasibility of early physical activity in intensive care unit patients: a prospective observational one-center study. *Respir Care* 55 : 400-407, 2010
  - 39) Needham DM, Korupolu R, et al.: Early physical medicine and rehabilitation for patients with acute respiratory failure: a quality improvement project. *Arch Phys Med Rehabil* 91 : 536-542, 2010
  - 40) Yang PH, Wang CS, et al.: Outcome of physical therapy intervention on ventilator weaning and functional status. *Kaohsiung J Med Sci* 26 : 366-372, 2010

- 41) Cader SA, Vale RGS, et al.: Inspiratory muscle training improves maximal inspiratory pressure and may assist weaning in older intubated patients: a randomized trial. *J Physiother* 56: 171-177, 2010
- 42) Chang MY, Chang LY, et al.: Chair-sitting exercise intervention does not improve respiratory muscle function in mechanically ventilated intensive care unit patients. *Respir Care* 56: 1533-1538, 2011
- 43) Pattanshetty RB, Gaude GS: Effect of multimodality chest physiotherapy on the rate of recovery and prevention of complications in patients with mechanical ventilation: a prospective study in medical and surgical intensive care units. *Indian J Med Sci* 65: 175-185, 2011
- 44) Dennis D, Jacob W, et al.: Ventilator versus manual hyperinflation in clearing sputum in ventilated intensive care unit patients. *Anaesth Intensive Care* 40: 142-149, 2012
- 45) Paulus F, Binnekade JM, et al.: Benefits and risks of manual hyperinflation in intubated and mechanically ventilated intensive care unit patients: systematic review. *Crit Care* 16: R145, 2012
- 46) Cader SA, de Souza Vale RG, et al.: Extubation process in bed-ridden elderly intensive care patients receiving inspiratory muscle training: a randomized clinical trial. *Clin Interv Aging* 7: 437-443, 2012
- 47) Hopkins RO, Miller RR 3rd, et al.: Physical therapy on the wards after early physical activity and mobility in the intensive care unit. *Phys Ther* 92: 1518-1523, 2012
- 48) Ntoumenopoulos G, Glickman Y: Computerised lung sound monitoring to assess effectiveness of chest physiotherapy and secretion removal: a feasibility study. *Physiotherapy* 98: 250-255, 2012
- 49) Dantas CM, Silva PF, et al.: Influence of early mobilization on respiratory and peripheral muscle strength in critically ill patients. *Rev Bras Ter Intensiva* 24: 173-178, 2012
- 50) Bissett B, Leditschke IA, et al.: Specific inspiratory muscle training is safe in selected patients who are ventilator-dependent: A case series. *Intensive Crit Care Nurs* 28: 98-104, 2012
- 51) Condessa RL, Brauner JS, et al.: Inspiratory muscle training did not accelerate weaning from mechanical ventilation but did improve tidal volume and maximal respiratory pressures: a randomized trial. *J Physiother* 59: 101-107, 2013
- 52) Naue Wda S, Forgiarini Junior LA, et al.: Chest compression with a higher level of pressure support ventilation: effects on secretion removal, hemodynamics, and respiratory mechanics in patients on mechanical ventilation. *J Bras Pneumol* 40, 55-60, 2014
- 53) Yosef-Brauner O, Adi N, et al.: Effect of physical therapy on muscle strength, respiratory muscles and functional parameters in patients with intensive care unit-acquired weakness. *Clin Respir J* 9: 1-6, 2015
- 54) Elkins M, Dentice R: Inspiratory muscle training facilitates weaning from mechanical ventilation among patients in the intensive care unit: a systematic review. *J Physiother* 61: 125-134, 2015
- 55) Pires-Neto RC, Lima NP, et al.: Early mobilization practice in a single Brazilian intensive care unit. *J Crit Care* 30: 896-900, 2015
- 56) Ai-Alalyan S, Dyer D, et al.: Chest physiotherapy and post-extubation atelectasis in infants. *Pediatr Pulmonol* 21: 227-230, 1996
- 57) Almeida CC, Ribeiro JD, et al.: Effect of expiratory flow increase technique on pulmonary function of infants on mechanical ventilation. *Physiother Res Int* 10: 213-221, 2005
- 58) Cremer R, Leclerc F, et al.: Children with chronic conditions in pediatric intensive care units located in predominantly French-speaking regions: prevalence and implications on rehabilitation care need and utilization. *Crit Care Med* 37: 1456-1462, 2009
- 59) Gregson RK, Shannon H, et al.: The unique contribution of manual chest compression-vibrations to airflow during physiotherapy in sedated, fully ventilated children. *Pediatr Crit Care Med* 13: e97-e102, 2012
- 60) McCord J, Krull N, et al.: Cardiopulmonary physical therapy practice in the paediatric intensive care unit. *Physiother Can* 65: 374-377, 2013
- 61) Choong K, Koo KKY, et al.: Early mobilization in critically ill children: a survey of Canadian practice. *Crit Care Med* 41: 1745-1753, 2013
- 62) Denehy L: The use of manual hyperinflation in



- airway clearance. *Eur Respir J* 14 : 958-965, 1999
- 63) Berry MJ, Morris PE : Early exercise rehabilitation of muscle weakness in acute respiratory failure patients. *Exerc Sport Sci Rev* 41 : 208-215, 2013
- 64) Harris CL, Shahid S : Physical therapy - driven quality improvement to promote early mobility in the intensive care unit. *Proc (Bayl Univ Med Cent)* 27 : 203-207, 2014
- 65) Leditschke IA, Green M, et al. : What are the barriers to mobilizing intensive care patients? *Cardiopulm Phys Ther J* 23 : 26-29, 2012
- 66) 中根正樹, 森永俊彦・他 (日本呼吸療法医学会 気管吸引ガイドライン改訂ワーキンググループ) : 気管吸引ガイドライン2013 (成人で人工気道を有する患者のための). *人工呼吸* 30, 75-91, 2013
- 67) Bissett B, Leditschke IA, et al. : Respiratory dysfunction in ventilated patients : can inspiratory muscle training help? *Anaesth Intensive Care* 40 : 236-246, 2012
- 68) Ferreira LL, Valenti VE, et al. : Chest physiotherapy on intracranial pressure of critically ill patients admitted to the intensive care unit : a systematic review. *Rev Bras Ter Intensiva* 25 : 327-333, 2013
- 69) 田村正徳, 宮川哲夫・他 (新生児呼吸療法・モニタリングフォーラム, 新生児医療連絡会, NICUにおける呼吸理学療法ガイドライン検討委員会) : NICUにおける呼吸理学療法ガイドライン (第2報). (オンライン), 入手先 <<http://plaza.umin.ac.jp/jspn/nicuguidline.pdf>> (参照2016-1-14)
- 70) 木原秀樹, 廣間武彦・他 : NICUにおける呼吸理学療法の有効性と安全性に関する全国調査の結果 (第2報). *日本未熟児新生児学会雑誌* 21 : 57-64, 2009
- 71) Ambrosino N, Venturelli E, et al. : Rehabilitation, weaning and physical therapy strategies in chronic critically ill patients. *Eur Respir J* 39 : 487-492, 2012
- 72) Ambrosino N, Janah N, et al. : Physiotherapy in critically ill patients. *Rev Port Pneumol* 17 : 283-288, 2011
- 73) Castro AAM, Calil SR, et al. : Chest physiotherapy effectiveness to reduce hospitalization and mechanical ventilation length of stay, pulmonary infection rate and mortality in ICU patients. *Respir Med* 107 : 68-74, 2013
- 74) Ides K, Vissers D, et al. : Airway clearance in COPD : need for a breath of fresh air? A systematic review. *COPD* 8 : 196-205, 2011
- 75) Jones A, Rowe BH, et al. : Bronchopulmonary hygiene physical therapy in bronchiectasis and chronic obstructive pulmonary disease : a systematic review. *Heart Lung* 29 : 125-135, 2000
- 76) Andrews J, Sathe NA, et al. : Nonpharmacologic airway clearance techniques in hospitalized patients : a systematic review. *Respir Care* 58 : 2160-2186, 2013
- 77) de Godoy VC, Zanetti NM, et al. : Manual hyperinflation in airway clearance in pediatric patients : a systematic review. *Rev Bras Ter Intensiva* 25 : 258-262, 2013
- 78) Brooks D, Anderson CM, et al. : Clinical practice guidelines for suctioning the airway of the intubated and nonintubated patient. *Can Respir J* 8 : 163-181, 2001
- 79) Overend TJ, Anderson CM, et al. : Updating the evidence base for suctioning adult patients : a systematic review. *Can Respir J* 16 : e6-e17, 2009
- 80) Overend TJ, Anderson CM, et al. : The effect of incentive spirometry on postoperative pulmonary complications : a systematic review. *Chest* 120 : 971-978, 2001
- 81) Lewis LK, Williams MT, et al. : Short-term effects on outcomes related to the mechanism of intervention and physiological outcomes but insufficient evidence of clinical benefits for breathing control : a systematic review. *Aust J Physiother* 53 : 219-227, 2007
- 82) Grams ST, Ono LM, et al. : Breathing exercise in upper abdominal surgery : a systematic review and meta-analysis. *Rev Bras Fisioter* 16 : 345-353, 2012
- 83) Lewis LK, Williams MT, et al. : The active cycle of breathing technique : a systematic review and meta-analysis. *Respir Med* 106 : 155-172, 2012
- 84) Nordon-Craft A, Moss M, et al. : Intensive care unit-acquired weakness : implications for physical therapist management. *Phys Ther* 92 : 1494-1506, 2012
- 85) Griffiths RD, Hall JB : Intensive care unit-acquired weakness. *Crit Care Med* 38 : 779-787, 2010
- 86) Stiller K : Physiotherapy in intensive care : An updated systematic review. *Chest* 144 : 825-847,

- 2013
- 87) Genç A, Ikiz AO, et al.: Effect of deep breathing exercise on oxygenation after major head and neck surgery. *Otolaryngol Head Neck Surg* 139: 281-285, 2008
- 88) Pasquina P, Tramèr MR, et al.: Respiratory physiotherapy to prevent pulmonary complications after abdominal surgery: a systematic review. *Chest* 130: 1887-1899, 2006
- 89) Reid WD, Brown JA, et al.: Physiotherapy secretion removal techniques in people with spinal cord injury: a systematic review. *J Spinal Cord Med* 33: 353-370, 2010
- 90) Brooks D, O'Brien K, et al.: Is inspiratory muscle training effective for individuals with cervical spinal cord injury? A qualitative systematic review. *Clin Rehabil* 19: 237-246, 2005
- 91) Van Houtte S, Vanlandewijck Y, et al.: Respiratory muscle training in persons with spinal cord injury: a systematic review. *Respir Med* 100: 1886-1895, 2006
- 92) Sheel AW, Reid WD, et al.: Effects of exercise training and inspiratory muscle training in spinal cord injury: a systematic review. *J Spinal Cord Med* 31: 500-508, 2008
- 93) Moodie L, Reeve J, et al.: Inspiratory muscle training increases inspiratory muscle strength in patients weaning from mechanical ventilation: a systematic review. *J Physiother* 57: 213-221, 2011
- 94) Hawkins E, Jones A: What is the role of the physiotherapist in paediatric intensive care units? A systematic review of the evidence for respiratory and rehabilitation interventions for mechanically ventilated patients. *Physiotheraphy* 101: 303-309, 2015

## A respiratory physical therapy technique used in intensive care units

Makoto SASAKI

Department of Physical Therapy, Graduate School of Health Sciences, Akita University

### Abstract

The importance of respiratory physical therapy in intensive care units (ICUs) is increasingly being recognized. In the ICU, a range of respiratory physical therapy techniques are applied in the treatment of patients with various diseases. The effects of respiratory physical therapy that may be expected in ICU patients include the prevention of respiratory system complications, the improvement of lung function, a decreased mortality rate, and better long-term outcomes. In the present study we perform various experiments to investigate these effects and attempt to establish evidence to support the use of respiratory physical therapy in the ICU setting. This study reviews the subjects, methods, contraindications, precautions, and the effects and evidence to support the application of respiratory physical therapy in the ICU setting.