

総説：秋田大学保健学専攻紀要26(1)：87－100，2018

慢性閉塞性肺疾患患者における運動トレーニング ーレジスタンストレーニングとバランストレーニングー

佐々木 誠

要 旨

慢性閉塞性肺疾患（chronic obstructive pulmonary disease：COPD）は気道閉塞と気道の慢性炎症に特徴づけられる疾患である。臨床症状には呼吸困難，疲労，運動耐容能の低下，身体活動の減少，生活の質の低減が含まれる。COPD 患者は，筋機能不全，日常生活活動の制限，睡眠障害，気分の不調を頻繁に呈し，さらにバランス能力の低下を伴う可能性がある。運動トレーニングは，COPD 患者のこれらの病態と症状を改善し長期的なアウトカムを向上させることが期待される。本総説の目的は COPD 患者を対象としたレジスタンストレーニングとバランストレーニングについて，その概要，標的となる機能・能力の低下，効果，エビデンスに言及することである。それぞれ1984年と2013年から2017年までの論文を概観すると，いくつかの残された，あるいは新しい争点が見出された。これらについて，さらなる検討によるエビデンスの累積が重要である。

I. はじめに

慢性閉塞性肺疾患（chronic obstructive pulmonary disease：COPD）は気道閉塞と気道の慢性炎症に特徴づけられる疾患である。臨床症状には呼吸困難，疲労，運動耐容能の低下，身体活動の減少，健康に関連する生活の質（quality of life：QOL）の低減が含まれる。COPD 患者は，身体組成の変化，呼吸筋ならびに骨格筋の機能不全，日常生活活動（activities of daily living：ADL）の制限，睡眠障害，不安や抑うつを頻繁に呈し，さらにバランスや姿勢調節の低下を伴う可能性がある。運動トレーニングは，COPD 患者のこれらの病態と症状を改善すること，救急外来の受診，入院回数，死亡率を減少させることが期待され，呼吸リハビリテーションの中軸をなすものである。その種類として全身持久力トレーニング（有酸素トレーニング），レジスタンストレーニング（筋力トレーニング），バランストレーニング，これらを組み合わせた併用トレーニングが挙げられる。それぞれ強度，時間または

回数，頻度，期間が決定され処方される。

全身持久力トレーニングに関しては既に総説^{1,2)}を公表した。併用トレーニングについては別の総説で発表する。そこで，本総説では COPD 患者を対象としたレジスタンストレーニングとバランストレーニングについて，世界に発信された論文（すなわち英語論文）を広く収集し，これに基づいて，その概要，標的となる機能・能力の低下，効果，エビデンスに言及する。この言及が，各トレーニングにおける争点を明確にし，効果とそのエビデンスをさらに示すための一助となることを期待する。

II. レジスタンストレーニング

1. レジスタンストレーニングの概要

レジスタンストレーニングは局所の筋を収縮させ筋の瞬発力や持久力を改善するために行うトレーニングである。筋力増強マシンでのトレーニング，フリーウェイトを用いたトレーニング，弾性ゴムバンドによ

るトレーニングがある。運動する身体部位により下肢筋力トレーニング、体幹筋力トレーニング、上肢筋力トレーニングに分けられる。COPD 患者のレジスタンストレーニングにおいて、運動強度と運動回数は、筋力増強を目的とする場合1回反復最大負荷の60～80%で10～15回、筋持久力の増大を目的とする場合1回反復最大負荷の40～60%で25～35回以上とする。運動頻度は週2～3日、トレーニング期間は少なくとも4週間必要とされる。

2. 筋機能不全

COPD 患者における全身持久力トレーニングの普及から30年ほど遅れ1990年代になって、COPD 患者をはじめとした呼吸器疾患患者における末梢筋の筋機能不全に関する報告が盛んになされるようになった。Killian ら³⁾ は、慢性的に気流制限がある患者では、運動負荷試験において運動の続行が不可能となる原因は、呼吸困難に限らず下肢努力の限界であることを報告した。気流制限のある患者の運動を制限する要因は、呼吸困難感45%、下肢不快感30%、両者20%であるとの調査結果があり⁴⁾、COPD 患者のみを対象とした別の報告では、運動を中止する理由は呼吸困難感40%、下肢疲労21%、両者19%であるとされている⁵⁾。Hamilton ら⁶⁾ は、呼吸器疾患患者は健常者と比較して、末梢筋の筋力が低値であり、低下している筋力は運動中の下肢努力感や呼吸困難感、ならびに最大仕事容量に寄与するとした。また、Gosselink ら⁷⁾ は、COPD 患者は、6分間歩行距離、最大酸素摂取量、末梢筋の筋力が低値であり、末梢筋の筋力は6分間歩行距離、最大酸素摂取量と相関があることを示した。Pleguezuelos ら⁸⁾ は、COPD 患者は健常者よりも膝屈曲・伸展筋の筋力が弱く、6分間歩行距離はインターロイキン-6、インターロイキン-8といった炎症バイオマーカーや最大吸気量と負の相関があったとしている。Bernard ら⁹⁾ は、COPD 患者の末梢筋の筋力と筋横断面積が、健常者のそれよりも低値であり、1秒量と相関することを明らかにしている。Sirikrishna ら¹⁰⁾ は、中等症から最重症の患者と同等に軽症の患者でも、健常者と比べて、大腿直筋の筋横断面積ならびに大腿四頭筋の筋力が低値であること、縮小した筋横断面積は、軽症の者では身体活動量、中等症から最重症の者では全肺気量に対する残気量の比と最大吸気量で説明されると報告している。COPD 患者における筋の減衰の原因として、Debigaré ら¹¹⁾ の検討は、同化作用から異化作用にシフトしたことを示唆している。COPD 患者の大腿四頭筋の筋持久力は、筋力とは独立して低下していることが示されている¹²⁾。こ

の筋持久力の低下は、酸化ストレスが影響している¹³⁾と考えられている。Gosselin ら¹⁴⁾ は、自転車エルゴメーターによる運動負荷試験中の大腿四頭筋の筋電図を計測している。COPD 患者は健常者と比べて、M波の振幅が小さく時間が長いこと、パワースペクトルでの中間頻度波形が高値であることから、神経伝達の不備がありタイプII線維の関与が大きいとしている。また、COPD 患者は、運動中に摂取する酸素量に比し筋活動が少ないことを明らかにしている。Boccia ら¹⁵⁾ は、膝伸展筋の筋電図を測定し、疲労に伴って特に重症のCOPD 患者では、筋線維伝導速度とパワースペクトルの頻度が減少していることを見出し、これらの変化は酸化能力の低下やタイプII線維へのシフトによるかもしれないと考察している。Jobin ら¹⁶⁾ は、COPD 患者は健常者と比較して、最大酸素摂取量が低値であり、筋の毛細血管の密度が低く、タイプII線維の比率が高いことを見出している。Maltais ら¹⁷⁾ は、COPD 患者は運動負荷試験において、酸素摂取量の増加に伴う乳酸値の上昇が急勾配で高値であり、筋生検において、解糖系酵素は健常者と同等であるが酸化酵素が低値であるとしている。運動負荷試験の結果と筋生検での結果は関連するとされ、酸化系代謝の制限が、漸増運動時における酸素摂取の増加に伴う乳酸のより多い産生に寄与していると考えられる。乳酸の蓄積の多さは、嫌気性代謝閾値を低下させ運動早期の換気量増大をもたらし、早い運動終了の一因になるかもしれない。さらにMaltais ら¹⁸⁾ は、COPD 患者は外側広筋のタイプIミオシン重鎖が少なくタイプIIaミオシン重鎖が多いこと、最大酸素摂取量はタイプIミオシン重鎖と関連することを報告している。Gosker ら¹⁹⁾ は、COPD 患者の外側広筋はタイプI線維が少なくタイプIIx線維が多いこと、ならびに、解糖系酵素は健常者と差がないものの酸化酵素が減少していることを示している。Allaire ら²⁰⁾ は、COPD 患者は健常者よりも大腿四頭筋の筋横断面積が小さく、タイプII線維が多く、酸化酵素が少ないことを報告している。さらに、COPD 患者は、大腿四頭筋の等尺性収縮の持続時間が短く、筋疲労が生じやすいこと、収縮持続時間はタイプI線維、クエン酸合成酵素と相関があることを見出している。Kutsuzawa ら²¹⁾ は、COPD 患者の前腕の筋では、クレアチンリン酸と無機リン酸の和に対するクレアチンリン酸の比、ならびにpHが低下しており、運動時のクレアチンリン酸とpHとの間に相関があることを示し、これらは酸化的リン酸化の障害と無酸素性代謝の運動早期からの動員が生じていることを意味するとしている。Wuyam ら²²⁾ は、COPD 患者の下腿三頭筋について、健常者よりも筋横断面積が小さいこ

と、筋活動によって、クレアチンリン酸に対する無機リン酸の比が上昇し、pH が低下すること、クレアチンリン酸の筋活動からの回復が遅いことを示し、有酸素能力が障害されていると結論づけている。

COPD 患者では、低下した筋力や減少したタイプ I ミオシン重鎖が運動耐容能の低さに影響しており、筋の形態、線維タイプの比率、収縮機能、酵素活性、代謝が変化していることがわかる。

3. レジスタンストレーニングの実施（目的、安全性、実施状況）

筋機能低下の原因として、低酸素、酸化ストレス、不使用、投薬、低栄養、全身炎症が考えられる。レジスタンストレーニングは、この中で主に不使用を解消して筋機能を高めること、これに伴い運動能力や QOL を向上することが期待される。健常高齢者と比較して COPD 患者は、筋力トレーニングの負荷強度が低く、レジスタンストレーニング中の酸素摂取量と分時換気量の最大値に対するパーセンテージに差がなく、自覚症状（呼吸困難感と疲労感）も同等であり、酸素飽和度の低下がなく、レジスタンストレーニングは安全に実施できる²³⁾とされている。しかし、COPD 患者におけるレジスタンストレーニング単独の効果を検討した報告^{5, 24-60)}は、全身持久力トレーニングや併用トレーニングでの検討と比べて数が少ない。

4. レジスタンストレーニングの測定項目別の効果

COPD 患者における筋機能不全の詳細が解明される以前の1984年、O'Hara ら²⁴⁾は、ウェイトリフトトレーニングを実施した COPD 患者は、呼吸機能は変化しないものの、12分間歩行距離が延び、同一負荷での運動負荷試験で分時換気量が減少し心拍数が増加したとの結果を得ている。この後、COPD 患者を対象にレジスタンストレーニングを実施させた場合の効果について報告されるようになった。

1) 呼吸機能に対する効果

呼吸機能（1秒量、努力性肺活量など）は、一部の報告^{34, 55)}を除き改善を認めていない^{5, 25, 26, 28, 30, 35, 38, 47)}。

2) 血ガスデータに対する効果

血ガスデータについても変化が示されていない^{26, 30)}。

3) 身体組成に対する効果

身体組成に関して、体重、body mass index

(BMI)、除脂肪体重に変化がなかったとする報告^{28, 29, 34, 48, 49)}と、BMI が低値となったとの報告²⁶⁾および下肢の除脂肪量が増加したとの報告^{29, 44, 49)}がある。上肢の筋力トレーニングを実施させた検討⁴³⁾では、上肢の除脂肪量が増したとされている。

4) 末梢筋の筋機能に対する効果

トレーニングした筋の筋力の一部の報告^{5, 37)}を除き増大した^{25-29, 32, 34-36, 40, 41, 43, 45, 46, 48, 49, 53, 54)}と報告されている。また、筋持久力は向上した^{5, 49, 53)}とされている。大腿四頭筋の筋横断面積が拡大したとの報告^{28, 44, 45, 60)}があるが、対照的に、大腿四頭筋の筋横断面積、筋線維タイプの比率に変化がなかったとの報告³³⁾がある。上肢の筋力トレーニングを行った場合に握力が強くなった⁵⁹⁾とされている。

5) 呼吸筋機能に対する効果

呼吸筋力は増加が示されていない²⁵⁾。

6) 呼吸困難感・疲労感に対する効果

安静時の努力感と呼吸困難感については変化がなかったとの報告²⁹⁾がある。対して、日常の呼吸困難感と疲労が軽減したとの報告^{32, 49)}がある。上肢の筋力トレーニングを実施させた検討では、ADL 中の呼吸困難感が変化しなかったとの報告⁴⁰⁾と改善したとの報告⁵⁹⁾がある。

7) 運動能力に対する効果

運動能力について、一定時間歩行距離は延長したとの報告^{27, 38, 46, 48, 53, 55, 60)}と延長しなかったとの報告^{23, 29, 31, 34, 36, 42, 46)}がある。一定負荷運動試験では運動持続時間が長くなった^{25, 26, 35, 36, 49, 53)}とされ、同一負荷の運動試験では、機械効率が増し努力感が減少したとの報告¹⁴⁾と効果がなかったとする報告⁵³⁾がある。最大運動負荷試験の最大運動能力（最大仕事量、最大酸素摂取量、最大分時換気量、最大心拍数）は改善したとする報告^{27, 34)}がある一方で、増加しなかったとの報告^{5, 25, 26, 30, 34, 35)}がある。最大歩行速度と階段昇降時間を測定した検討ではいずれの項目も改善した²⁸⁾とされている。運動負荷試験時の呼吸困難感や下肢疲労感は、緩和しなかったとの報告³⁵⁾と改善したとの検討結果^{38, 49)}がある。上肢の筋力トレーニングを施行させた臨床試験では、6分間ベグボードリングテスト、上肢漸増運動負荷試験の成績が向上した^{40, 53, 59)}とされる。上肢運動に

伴う呼吸困難感と上肢疲労感は、改善を認めなかったとの報告⁴⁰⁾と緩和されたとの報告⁵⁵⁾がある。同じく上肢レジスタンストレーニングを行った COPD 患者は、上肢機能課題の成績が向上しなかった⁴³⁾とされている。

8) 日常生活活動の能力、活動の制限・参加の制約に対する効果

ADL や家での活動レベルは、変化しなかったとの報告³⁵⁾と改善したとの報告⁴⁹⁾がある。上肢の筋力トレーニングを行った場合には、ADL の能力が向上し ADL 中の心拍数と呼吸困難感、作業遂行能力に好ましい効果があった⁵⁹⁾とされている。

移動能力、上肢活動、活動遂行といった活動の制限、および参加の制約は改善しなかった³²⁾と報告されている。

9) 健康に関連する生活の質に対する効果

健康関連 QOL は、改善が認められたとする報告^{25, 27, 38, 42, 48, 49, 60)}と変化しなかったとする報告^{30, 32, 35, 47, 53)}の両者がある。自己報告の健康状態は向上したとされている²⁸⁾。上肢のレジスタンストレーニングを行わせた報告では、QOL は改善せず^{40, 43)}自己効力感も変化しなかった⁴³⁾とされている。

10) 気分に対する効果

不安と抑うつは、改善したとの報告^{42, 49, 53)}と変化が認められなかったとの報告³⁰⁾がある。

11) 炎症に対する効果

血清の炎症マーカーについては、全身持久力トレーニングと比べれば小さいが、腫瘍壊死因子- α 、インターロイキン-2、インターロイキン-4、インターロイキン-6、CRP がレジスタンストレーニングによって低下する⁵⁷⁾ことが示されている。

12) 急性増悪の発生に対する効果

急性増悪について、低頻度のレジスタンストレーニングを3カ月間実施させた検討で、その後9カ月間の発生頻度は通常ケア群と差がなかった⁴⁷⁾と報告されている。対して、1年間にわたり筋力トレーニングと呼吸練習を行わせた臨床試験では、急性増悪の頻度が減少した⁵⁵⁾とされている。

運動トレーニングの第二の原理、特異性の原理（運動トレーニングの効果は、行った運動様式および使用された筋に依存する）に従い、レジスタンストレーニングにより、トレーニングした筋の筋力が強化されるが、運動能力や活動能力、健康関連 QOL、心理面、急性増悪の発生、その他に対する効果は不明であると考えられる。

5. 急性増悪患者におけるレジスタンストレーニング

レジスタンストレーニングの対象者は、持久力トレーニングと同様に、COPD の安定期の患者に限らず急性増悪患者も含まれる。COPD 患者は、急性増悪によって、入院後3～8日後に大腿四頭筋の筋力が低下し、経過により90日後元に戻ることで、筋力の低下は、成長促進因子 (CXCL8) と負の相関、筋力低下を招来する因子 (IGF- I) と正の相関があることが示されている⁶¹⁾。レジスタンストレーニングは、急性増悪を伴う COPD 患者において、筋力低下を予防し、筋力の早期回復を促すことが期待される。Troosters ら³⁹⁾は、急性増悪を伴う COPD 患者に入院早期から大腿四頭筋のレジスタンストレーニングを行わせた結果、退院時ならびに退院後1カ月の大腿四頭筋筋力が通常ケア群よりも強く、退院時の6分間歩行距離が有意に長かったと報告している。CRP や白血球といった炎症所見に有意差はなく、同化の状態が高く、筋の成長を阻害するミオスタチンが低値であり、レジスタンストレーニングは安全で有益であるとしている。Kofod ら⁵²⁾は、急性増悪により入院した初日から足首に重錘をつけて膝伸展運動をさせた COPD 患者において、膝伸展筋力、sit-to-stand テストと Timed Up and Go (TUG) テストの成績が副作用なく増強、向上したと報告している。López-García ら⁵⁶⁾は、急性増悪後に自転車エルゴメーターによる筋力トレーニングを実施させ、6分間歩行距離、BODE (BMI, airflow obstruction, dyspnea, exercise capacity) index, 健康関連 QOL の改善を認めている。Torres-Sánchez ら⁵⁸⁾は、急性増悪で入院したフレイルを伴う COPD 患者にペダリング運動を行わせ、大腿四頭筋筋力が増強、バランス能力（片脚立ち）が改善、一日の歩数が増加したと報告している。Borges と Carvalho⁵¹⁾は、急性増悪後の COPD 患者を対象に上下肢のレジスタンストレーニングを施行させ、退院時および退院後1カ月の時点で上下肢筋力、6分間歩行距離、健康関連 QOL が改善し、退院1カ月後の炎症マーカーが低下していたとしている。

6. レジスタンストレーニングの方法別の効果

1) 弾性チューブの活用

レジスタンストレーニングの方法について、Ramos ら⁴⁸⁾ は、COPD 患者を対象に、弾性チューブを用いた場合とウェイトマシーンを使用した場合で比較している。筋力の増大と QOL の向上には有意差がなかったが、6 分間歩行距離の延長は弾性チューブ群の方が顕著であったとの結果を得ている。その理由として、弾性チューブでのトレーニングは関節リハビリテーション中の固有受容感覚と姿勢コントロールを改善させるためであることを挙げている。

2) 全身持久力トレーニングに先立ってのレジスタンストレーニング

Covey ら⁵⁰⁾ は、有酸素運動トレーニングに先立ってレジスタンストレーニングを行った場合の効果について検討している。レジスタンストレーニングを一定期間実施した後に有酸素運動トレーニングを行った群は、擬似トレーニングを一定期間施行した後に有酸素運動トレーニングとレジスタンストレーニングを行った群と同等に、筋力が強化され有酸素能力が向上したが、筋持久力は前者の群で、後者の群ならびに擬似トレーニング後、有酸素トレーニングのみを実施した群よりも、より顕著に増したとしている。持久力トレーニング前の調整の方略として、レジスタンストレーニングを先んじて一定期間行うことは有益である可能性がある。

3) 全身持久力トレーニングへのレジスタンストレーニングの追加

COPD 患者において持久力トレーニングにレジスタンストレーニングを追加した場合の効果について、Bernard ら⁶²⁾ は、持久力トレーニングを行わせた単独群と、これに筋力トレーニングを追加した付加群とを比較している。両群とも同等に 6 分間歩行距離が延長、同一運動負荷中の分時換気量、心拍数、乳酸値が減少、QOL が向上している。大腿四頭筋の筋力の増大は付加群でより大きく、大胸筋と広背筋の筋力、大腿四頭筋の筋横断面積は付加群のみで強化、拡大されている。持久力トレーニングのための負荷強度の漸増は付加群でより大きく、最大運動負荷試験の最大酸素摂取量は両群とも変化しなかったが、最大仕事量は付加群のみで増加したとされている。Panton ら⁶³⁾ は、有酸素トレーニング単独群は上下肢筋力、

除脂肪体重がわずかに増加し、12 分間歩行距離が変化せず、ADL 能力がわずかに向上したのに対して、有酸素トレーニングにレジスタンストレーニングを追加した群ではこれらすべてがより大きく改善し、ADL 能力の向上には群間差があったとしている。Mador ら⁶⁴⁾ は、持久力トレーニング群は筋力が増強されず、大腿四頭筋の疲労しやすさが改善、6 分間歩行距離が延長、QOL が向上し、筋力トレーニングを付加した群では筋力の増大以外は持久力トレーニング群と差がなかったとの結果から、筋力トレーニングの追加には波及効果がないとしている。Phillips ら⁶⁵⁾ は、持久力トレーニング群は筋力が増強されず、機能的フィットネスは 7 項目中 2 項目で改善したのに対して、レジスタンストレーニングを付加した群では筋力が増大し、機能的フィットネスが 7 項目中 5 項目で向上したとしている。Alexander ら⁶⁶⁾ は、持久力トレーニング群と筋力トレーニング付加群とで、筋力が強化されず、機能的フィットネスが向上し、群間差がなかったとしている。Dourado ら⁶⁷⁾ は、筋力トレーニング群、低強度の一般トレーニング群、これらの併用トレーニング群の 3 群で効果を比較している。3 群とも、BMI や除脂肪体重、吸気筋力は変化せず、6 分間歩行距離、運動持続時間、日常の呼吸困難感、健康関連 QOL が改善し、唯一、1 回反復最大筋力に群間差があり、筋力トレーニング群と併用トレーニング群は一般トレーニング群よりも著しく増加したとされている。Pereira ら⁶⁸⁾ は、運動トレーニングを含まない呼吸理学療法群、有酸素トレーニング群、有酸素トレーニングに筋力トレーニングを併用した群の 3 群でトレーニング前後の変化を検討している。併用群は他の 2 群よりも健康関連 QOL が大きく向上したとしている。Vonbank ら⁶⁹⁾ は、持久力トレーニング群、筋力トレーニング群、これらの併用トレーニング群の 3 群でトレーニング効果を比較している。3 群とも最大仕事量が増加、QOL が向上し、筋力は筋力トレーニング群と併用トレーニング群でより大きく増大、最大酸素摂取量は持久力トレーニング群と併用トレーニング群のみで増加したと報告している。Benton と Wagner⁷⁰⁾ は、持久力トレーニングを含む従来の呼吸リハビリテーション群とレジスタンストレーニングを追加した付加群を比較している。両群とも同等に 6 分間歩行距離、健康関連 QOL が改善し、筋力は付加群のみで増大したとしている。

4) 追加効果のエビデンス

2013年の American Thoracic Society (ATS) と European Respiratory Society (ERS) のステートメント⁷¹⁾では、持久力トレーニングに筋力トレーニングを組み込むと、筋力と運動能力(下肢筋力トレーニングでは立ち坐りや階段昇段など、上肢筋力トレーニングでは6分間ペグボードリングテストなど)が、トレーニング時間を過剰に増やすことなく増大されるとしている。2015年の Iepsen らのメタアナリシス⁷²⁾は、COPD 患者における持久力トレーニングと持久力トレーニングにレジスタンストレーニングを付加した場合の効果について分析している。歩行距離、運動能力、ADL 能力、健康関連 QOL の向上には群間差がないが、併用した場合の方が下肢筋力が増強される、したがって、持久力トレーニングとともに、COPD 患者のリハビリテーションにレジスタンストレーニングを組み入れるよう推奨する、としている。

7. レジスタンストレーニングの強度別の効果

抵抗負荷の強度に関して、Alexander と Benton³⁶⁾は、10回反復を1セット実施できた場合に5～10%漸増する急速漸増群と、12回反復を2セット行えた時に3～5ポンド負荷を増量する遅延漸増群とで効果を比較している。5種の運動を各8～15回反復、1セット、8週間実施した結果、6分間歩行距離は両群とも改善しなかったが、筋力と機能的フィットネスの増強が急速漸増群でより大きかったとしている。運動トレーニングの第一の原理、過負荷の原理(トレーニングの効果をを得るためには、既に持っている能力を刺激できる負荷でなければならない)に当てはまっていると考えられる。

8. レジスタンストレーニングの効果の持続期間

COPD 患者にレジスタンストレーニングを施行させた後、一定期間をおいてフォローアップした臨床試験がある。O'Shea ら³²⁾は、COPD 患者に週3日、12週間のレジスタンストレーニングを行わせた結果、運動能力、活動制限、参加の制約、QOL に改善を認めなかったが、筋力が増強され、この効果は6カ月後まで持続しなかったと報告している。これに対して Houchen ら⁴¹⁾は、週3日、7週間のレジスタンストレーニングを実施させた結果増大した大腿四頭筋の筋力が、6カ月後も維持されていたとしている。さらに、上肢の筋力トレーニングを週2日、16週間行わせて検討した Covey ら⁴³⁾は、強化された上肢筋力が1年

後も維持されたとしている。Arnardóttir ら³⁰⁾は、週2日、8週間のレジスタンストレーニングを施行した COPD 患者は、最大仕事量、12分間歩行距離、健康関連 QOL、不安と抑うつに変化を認めず、1年後のフォローアップ時に12分間歩行距離が有意に短くなったとしている。O'Shea ら³¹⁾は、身体機能(筋力、呼吸困難感、疲労、スタミナ、歩行、バランス、関節可動性と疼痛)、心理面(良好な状態:well-being、信頼、達成、出席)、社会面(楽しみ/支持、比較)についてインタビューを行い、週3日、12週間のレジスタンストレーニング前後で比較している。COPD 患者は身体機能、心理面、社会面の変化を認めたが、身体機能の改善は6カ月後までは維持されなかったとしている。Skumlien ら³⁵⁾は、週2日、12週間にわたるレジスタンストレーニングにより改善しなかった健康関連 QOL が、1年後に改善を認めたとしている。Román ら⁴⁷⁾は、COPD 患者に低強度のレジスタンストレーニングを3カ月間行わせ、その後9カ月間維持管理のトレーニングを継続した群と、9カ月間維持的トレーニングを行わない群を、3カ月間の通常ケアのみの群と比較検討している。3カ月の介入期間後6分間歩行距離と QOL はいずれの群も改善されず、1年後のフォローアップ時も3群間で差を認めなかったとしている。運動トレーニングの第三の原理、可逆性の原理(一定期間トレーニングを実施して効果が得られても、トレーニングを中止するとその効果は元に戻る)に則って、レジスタンストレーニングによって改善した各指標は一定期間後元に戻るか低下することがうかがわれるが、その期間については一定した見解が得られていない。

9. レジスタンストレーニングのエビデンス

COPD 患者におけるレジスタンストレーニングのエビデンスに関して、2004年の O'Shea らのメタアナリシス⁷³⁾では、下肢と上半身の筋力は増強されるが、筋横断面積、呼吸機能、最大運動能力、歩行の持久力、自転車漕ぎの持久力、健康関連 QOL、健康状態、参加、長期的帰結の改善には強い根拠が見出せない、とされている。2005年の Puhan らのメタアナリシス⁷⁴⁾では、種々の運動形態、およびその組み合わせの効果が比較検討されている。筋力トレーニングは、持久力トレーニングと比較して、歩行距離に差がなく QOL がより改善するとされ、持久力トレーニングと筋力トレーニングを併用した場合と比べて、歩行距離、最大運動能力、QOL に差がないとされている。2007年の American College of Chest Physicians (ACCP) と American Association of Cardiovascular

and Pulmonary Rehabilitation (AACVPR) のガイドライン⁷⁵⁾では、呼吸リハビリテーションプログラムへの筋力トレーニングの追加は、筋力と筋量を増大させる（推奨レベル A）とされている。2009年の O'Shea らのメタアナリシス⁷⁶⁾は、短期間の漸増レジスタンストレーニングは、筋力を増強させ、介入がない場合と比較するとサイクリングテスト、および立ち坐りや階段昇降のような日常課題で好ましい波及効果があるが、これらの検討結果にはバイアスが加わっている高いリスクがある、としている。2009年、Houchen ら⁷⁷⁾は、トレーニング後の効果の持続に関してレビューしている。筋力トレーニングは筋力と筋量を増大させるが、長期間後までの効果について検討した文献は 3 論文しかなく、効果の持続については不明なままであるとしている。2010年の Canadian Thoracic Society (CTS) のガイドライン⁷⁸⁾では、有酸素トレーニングへのレジスタンストレーニングの付加は、持久力と機能的な能力を改善する効果大きい、有酸素トレーニングは呼吸リハビリテーションの基盤であるが、有酸素トレーニングとレジスタンストレーニングの両者が COPD 患者に処方されることが推奨される（推奨レベル B）とされている。2013年の Strasser らのメタアナリシス⁷⁹⁾では、レジスタンストレーニングによって 1 秒量は変化しないものの努力性肺活量が増加するとされている。2014年の ATS/ERS のステートメント⁸⁰⁾は、COPD 患者における末梢筋の機能不全について、身体活動、運動能力、QOL、生命予後に波及する効果、急性増悪による下肢筋機能の減衰、末梢筋機能の評価の重要性、筋量の生化学的な調整に関する知見が特異的な療法の開発をもたらすこと、身体非活動が筋機能不全と影響し合うが他の要因（炎症、酸化ストレス、栄養バランスの不備、低酸素など）も役割を担っていること、レジスタンストレーニングを含む運動トレーニングは利用可能な療法の鍵となる要素であること、などに言及している。2015年の Iepsen らのメタアナリシス⁸¹⁾では、レジスタンストレーニングは持久力トレーニングと比べて、下肢筋力、6 分間歩行距離、最大仕事量、最大酸素摂取量、ADL、QOL に対する効果に差がなく、除脂肪体重、呼吸困難感、有害事象、死亡率については十分なデータがないとされている。同 2015年の Liao らのメタアナリシス⁸²⁾では、レジスタンストレーニングは対照群と比較して、運動耐容能に差はなかったが、1 秒率と筋力が増し、QOL のうちの「呼吸困難」の領域が改善した、また、有害事象はなかったとされている。

III. バランストレーニング

1. バランス能力の低下

COPD 患者は健常者よりもバランス能力が低いことを初めて明らかにしたのは 2004 年の Butcher ら⁸³⁾の報告である。Butcher ら⁸³⁾は、COPD 患者は Community Balance and Mobility Scale が低値であること、COPD 患者の中でも酸素投与されている患者は、開眼でプラットフォーム上に立位となり足部を傾斜させたときの重心動揺が大きいことに加えて、指鼻試験の反復回数が少なく、TUG テストの成績が悪く、速歩のスピードが遅いこと、これら、低下しているバランス能力、協調性、移動能力がそれぞれ、呼吸機能と相関することを見出している。その後、Chang ら⁸⁴⁾は、亜最大運動課題遂行後のバランス能力を評価している。静的バランスとして、閉脚立位の重心動揺に変化はなかったが Mann 肢位での重心動揺（閉眼での全重心動揺距離と側方重心動揺距離）が大きくなること、動的バランスとして、TUG テストの成績とステップアップテストのステップ数に変化がなかったことを報告している。Eisner ら⁸⁵⁾は、COPD 患者は健常者と比べて、Functional Reach テストの不良な成績を含む身体機能の制限を有するとしている。Smith ら⁸⁶⁾は、COPD 患者は、立位における側方の重心動揺距離と股関節部の動きが大きいとしている。さらに、換気需要を増大させるために上肢運動を行わせた結果、側方の重心動揺は有意に増したと報告している。Smith ら⁸⁷⁾はさらに、上肢屈曲伸展運動に伴うバランス能力の低下からの回復が健常者よりも遅く、その遅れは特に最重症の COPD 患者で顕著であったとしている。de Castro ら⁸⁸⁾は、片脚立ち時の重心動揺と TUG テストの成績が健常者よりも COPD 患者で不良であること、前者の静的バランスは男性の方が、後者の動的バランスは女性の方が、成績が悪かったこと、COPD の重症度とは関連がなかったことを報告している。Voica ら⁸⁹⁾は、Berg Balance Scale (BBS)、TUG テスト、片脚立ち、Activity-Specific Balance Confidence (ABC) の 4 つのバランステスト行わせ、COPD 患者は健常者よりも成績が悪く、病態が肺気腫のタイプよりも気管支のタイプの方が後者 3 つのテストで測定したバランス能力が低かったとしている。Crişan ら⁹⁰⁾は 3 群でバランス能力の比較を行い、BBS、TUG テスト、片脚立ちに群間差があり、急性増悪 COPD 患者群、安定期 COPD 患者群、健常者群の順で成績が悪かったと報告している。また、過去 1 年間の転倒数にも有意差があり、バランス能力に不安と抑うつ、ならびに炎症が関連していることを示して

いる。Tudorache ら⁹¹⁾ も同様の 3 群を比較し、重症な、あるいは急性増悪の COPD 患者はバランス能力が低く、転倒歴、全身炎症、下肢筋力の影響を受けること、片脚立ち、TUG テストの成績は炎症マーカーと関連することを明らかにしている。

2. 転倒リスク

循環器疾患、抑うつ、関節炎と同様に COPD に罹患していると転倒リスクが増す⁹²⁾ とされている。COPD 患者の転倒率は、過去 6 カ月間で 32%⁹³⁾、過去 1 年間で 25%⁹⁴⁾ ないしは 46%⁹⁵⁾ と報告されている。4 年間の縦断研究⁹⁶⁾ では、股関節部の骨折の発生は 10 万人あたり健常者 369 名、COPD 患者 649 名であり、ハザード比は 1.57 であったとされている。Roig ら⁹³⁾ は、COPD 患者における転倒の要因は高齢、女性、酸素療法の施行、転倒の既往、合併症、投薬であるとしている。また、転倒は健康関連 QOL のうちの「呼吸困難」の領域を低下させるとしている。Hellström ら⁹⁴⁾ は、COPD が重度であると転倒リスクが 4～5 倍高くなるとしている。さらに、転倒を経験し転倒恐怖がある患者は、転倒に関連した自己効力感が低く、不安と抑うつが増大しているとの結果を得ている。Beauchamp ら⁹⁵⁾ は、転倒群は ABC、TUG テスト、BBS で測定したバランス能力が低く、酸素投与している者、呼吸困難感が重度である者が非転倒群より多いとしている。Roig ら⁹⁷⁾ は、COPD 患者は、姿勢コントロール（安定性）が悪く、転倒リスクが高いとし、膝の伸展筋力が低下し、身体活動量が低下傾向にあるとしている。そして、姿勢コントロールは、筋力や身体活動量と相関がないと報告している。対して、Beauchamp ら⁹⁸⁾ は、COPD 患者は Balance Evaluation System Test (BESTest)、BBS、ABC で測定したバランス能力、外乱に対する反応時間、下肢筋力が劣っていると、バランス障害の 35% を筋力と身体活動量が説明するとの結果を示している。Roig ら⁹⁹⁾ はレビューで、COPD 患者の転倒要因に言及し、内的要因として筋力低下、歩行障害、バランス障害、視覚障害、栄養障害、補助具の使用、ADL 障害、抑うつと認知障害、投薬、促進因子として卒倒と姿勢性低血圧、急性増悪、呼吸困難を挙げている。Beauchamp ら¹⁰⁰⁾ は、COPD 患者における姿勢コントロールの低下は、その要因として身体活動レベルの低下、末梢筋の弱化、体幹筋メカニクスの変化、低酸素症、体性感覚障害が含まれるが、機序は不明なままであるとしている。

3. トレーニングによるバランス能力の変化

COPD 患者を対象に、バランスの評価をトレーニ

ング前後で初めて実施したのは、Beauchamp ら¹⁰¹⁾ である。Beauchamp ら¹⁰¹⁾ は、トレーニングのバランスに及ぼす影響をみるために、持久力トレーニングと上下肢の筋力トレーニングを行わせた結果、ABC は変化しなかったが BBS と TUG テストの成績が改善したと報告している。BBS の改善は健康関連 QOL の向上と相関があり、6 分間歩行距離の延長とは相関がなかったとしている。Beauchamp ら¹⁰²⁾ はさらに別の検討で、従来の呼吸リハビリテーション群とこれにバランストレーニングを加えた群を比較している。バランストレーニングは、姿勢運動（静的、動的）4 種、移動運動 3 種、歩行運動 2 種、機能的筋力増強運動 3 種から成り、30 分以上、週 3 日、6 週間実施されている。ABC は変化しなかったが、BBS、BESTest が改善したのみならず 30 秒間立ち上がり回数が増え、健康状態が向上したと報告している。Jácome と Marques¹⁰³⁾ は、軽症の COPD 患者を対象に併用トレーニングの中にバランストレーニング（垂直位での静的および動的運動を 5 分間）を組み入れた 60 分間、週 3 日、12 週間の呼吸リハビリテーションを実施し、TUG テストの成績が向上し、他に呼吸困難感、筋力、運動能力、健康関連 QOL が改善したことを示している。Grosbois ら¹⁰⁴⁾ は、バランストレーニングを含む併用トレーニングを 30～45 分間、週 5 日、8 週間行わせた結果、6 分間ステップテスト、TUG テスト、sit-to-stand テストの成績が上がったことに加えて、不安と抑うつ、健康関連 QOL が改善したと報告している。これらの望ましい変化は 6 カ月後ないし 1 年後まで持続したとされている。2017 年の Hakamy らのシステマティックレビュー¹⁰⁵⁾ は、運動トレーニングを含む呼吸リハビリテーションはバランス能力の障害に対して統計学的に有効であるが、臨床的に意味があるかどうか不明であるとしている。

4. バランス能力の障害についての小括

COPD 患者ではバランス能力の低下が認められ、これは転倒リスクを増す要因の 1 つと考えられる。転倒経験は QOL や心理面に悪影響を及ぼすと推察される。バランス能力の障害に全身炎症やこれに伴う下肢筋力の低下、歩行能力の低下、ならびに気分の障害が影響していることが示唆されているが、姿勢コントロールの不備や高頻度の転倒発生の機序は明らかにされていない。COPD 患者を対象にバランストレーニングを実施した報告は少なく、バランス能力を改善する効果が示されているもののさらなる実践が必要であり、トレーニングの方法（種類、刺激の量、頻度、時間、期間）に関しても提示が求められるところである。

IV. おわりに

COPD 患者でのレジスタンストレーニングとバランストレーニングについて、その概要、標的となる機能・能力の低下、効果、エビデンスについて述べた。レジスタンストレーニングに関しては1984年から2017年までの、バランストレーニングについては2013年から2017年までの、効果とそのエビデンスにかかる論文が見出された。レジスタンストレーニングは末梢筋の筋機能に対して有効であるものの他の測定項目に対する波及効果が不明であり、バランストレーニングは緒に就いたばかりで効果の臨床的な意味が疑問視されている。本総説で示された残された、あるいは新しい争点について、さらなる検討によるエビデンスの累積が重要である。

文 献

- 1) 佐々木誠:慢性閉塞性肺疾患患者における運動トレーニング—運動トレーニングの概要と下肢トレーニング—. 秋田大学保健学専攻紀要 25(2): 55-70, 2017
- 2) 佐々木誠:慢性閉塞性肺疾患患者における運動トレーニング—上肢トレーニングと付加的介入を伴う全身持久力トレーニング—. 秋田大学保健学専攻紀要 25(2): 71-81, 2017
- 3) Killian KJ, Leblanc P, et al.: Exercise capacity and ventilatory, circulatory, and symptom limitation in patients with chronic airflow limitation. *Am Rev Respir Dis* 146(4): 935-940, 1992
- 4) O'Donnell DE, McGuire M, et al.: General exercise training improves ventilatory and peripheral muscle strength and endurance in chronic airflow limitation. *Am J Respir Crit Care Med* 157(5 Pt 1): 1489-1497, 1998
- 5) Clark CJ, Cochrane L, et al.: Low intensity peripheral muscle conditioning improves exercise tolerance and breathlessness in COPD. *Eur Respir J* 9(12): 2590-2596, 1996
- 6) Hamilton AL, Killian KJ, et al.: Muscle strength, symptom intensity, and exercise capacity in patients with cardiorespiratory disorders. *Am J Respir Crit Care Med* 152(6 Pt 1): 2021-2031, 1995
- 7) Gosselink R, Troosters T, et al.: Peripheral muscle weakness contributes to exercise limitation in COPD. *Am J Respir Care Med* 153(3): 976-980, 1996
- 8) Pleguezuelos E, Esquinas C, et al.: Muscular dysfunction in COPD: Systemic effect or

- deconditioning? *Lung* 194(2): 249-257, 2016
- 9) Bernard S, LeBlanc P, et al.: Peripheral muscle weakness in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med* 158(2): 629-634, 1998
 - 10) Shrikshna D, Patel M, et al.: Quadriceps wasting and physical inactivity in patients with COPD. *Eur Respir J* 40(5): 1115-1122, 2012
 - 11) Debigaré R, Marquis K, et al.: Catabolic/anabolic balance and muscle wasting in patients with COPD. *Chest* 124(1): 83-89, 2003
 - 12) Coronell C, Orozco-Levi M, et al.: Relavance of assessing quadriceps endurance in patients with COPD. *Eur Respir J* 24(1): 129-136, 2004
 - 13) Couillard A, Maltais F, et al.: Exercise-induced quadriceps oxidative stress and peripheral muscle dysfunction in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respie Crit Care Med* 167(12): 1664-1669, 2003
 - 14) Gosselin N, Matecki S, et al.: Electrophysiologic changes during exercise testing in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Muscle Nerve* 27(2): 170-179, 2003
 - 15) Boccia G, Coratella G, et al.: Severe COPD alters muscle fiber conduction velocity during knee extensors fatiguing contraction. *COPD* 13(5): 583-588, 2016
 - 16) Jobin J, Maltais F, et al.: Chronic obstructive pulmonary disease: capllarity and fiber-type characteristics of skeletal muscle. *J Cardiopulm Rehabil* 18(6): 432-437, 1998
 - 17) Maltais F, Simard AA, et al.: Oxidative capacity of the skeletal muscle and lactic acid kinetics during exercise in normal subjects and in patients with COPD. *Am J Respir Crit Care Med* 153(1): 288-293, 1996
 - 18) Maltais F, Sullivan MJ, et al.: Altered expression of myosin heavy chain in the vastus lateralis muscle in patients with COPD. *Eur Respir J* 13(4): 850-854, 1999
 - 19) Gosker HR, van Mameren H, et al.: Skeletal muscle fibre-type shifting and metabolic profile in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Eur Respir J* 19(4): 617-625, 2002
 - 20) Allaire J, Maltais F, et al.: Peripheral muscle endurance and the oxidative profile of the quadriceps in patients with COPD. *Thorax* 59(8): 673-678, 2004
 - 21) Kutsuzawa T, Shioya S, et al.: ³¹P-NMR study of

- skeletal muscle metabolism in patients with chronic respiratory impairment. *Am Rev Respir Dis* 146(4): 1019-1024, 1992
- 22) Wuyam B, Payen JF, et al.: Metabolism and aerobic capacity of skeletal muscle in chronic respiratory failure related to chronic obstructive pulmonary disease. *Eur Respir J* 5(2): 157-162, 1992
 - 23) Houchen-Wolloff L, Sandland CJ, et al.: Ventilatory requirements of quadriceps resistance training in people with COPD and healthy controls. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis* 9: 589-595, 2014
 - 24) O'Hara WJ, Lasachuk KE, et al.: Weight training and backpacking in chronic obstructive pulmonary disease. *Respir Care* 29(12): 1202-1210, 1984
 - 25) Simpson K, Killian K, et al.: Randomised controlled trial of weightlifting exercise in patients with chronic airflow limitation. *Thorax* 47(2): 70-75, 1992
 - 26) Clark CJ, Cochrane LM, et al.: Skeletal muscle strength and endurance in patients with mild COPD and the effects of weight training. *Eur Respir J* 15(1): 92-97, 2000
 - 27) Spruit MA, Gosselink R, et al.: Resistance versus endurance training in patients with COPD and peripheral muscle weakness. *Eur Respir J* 19(6): 1072-1078, 2002
 - 28) Kongsgaard M, Backer V, et al.: Heavy resistance training increases muscle size, strength and physical function in elderly male COPD-patients: a pilot study. *Respir Med* 98(10): 1000-1007, 2004
 - 29) Casaburi R, Bhasin S, et al.: Effects of testosterone and resistance training in men with chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med* 170(8): 870-878, 2004
 - 30) Arnardóttir RH, Sörensen S, et al.: Two different training programmes for patients with COPD: a randomized study with 1-year follow-up. *Respir Med* 100(1): 130-139, 2006
 - 31) O'Shea SD, Taylor NF, et al.: Qualitative outcomes of progressive resistance exercise for people with COPD. *Chron Respir Dis* 4(3): 135-142, 2007
 - 32) O'Shea SD, Taylor NF, et al.: A predominantly home-based progressive resistance exercise program increases knee extensor strength in the short-term in people with chronic obstructive pulmonary disease: a randomized controlled trial. *Aust J Physiother* 53(4): 229-237, 2007
 - 33) Lewis MI, Fournier M, et al.: Skeletal muscle adaptations to testosterone and resistance training in men with COPD. *J Appl Physiol* 103(4): 1299-1310, 2007
 - 34) Hoff J, Tjønnha AE, et al.: Maximal strength training of the legs in COPD: a therapy for mechanical inefficiency. *Med Sci Sports Exerc* 39(2): 220-226, 2007
 - 35) Skumlien S, Aure Skogedal E, et al.: Endurance or resistance training in primary care after in-patient rehabilitation for COPD? *Respir Med* 102(3): 422-429, 2008
 - 36) Alexander JL, Benton MJ: Progression of resistance training intensity among older COPD patients: a comparison of 2 resistance training studies. *Phys Sports Med* 36(1): 62-68, 2008
 - 37) Santiworakul A, Jarungjitaree S, et al.: Effect of lower extremity exercise on muscle strength and physical capacity in COPD patients. *J Med Assoc Thai* 92(4): 556-563, 2009
 - 38) Fernández AM, Pascual J, et al.: Home-based pulmonary rehabilitation in very severe COPD: is it safe and useful? *J Cardiopulm Rehabil Prev* 29(5): 325-331, 2009
 - 39) Troosters T, Probst VS, et al.: Resistance training prevents deterioration in quadriceps muscle function during acute exacerbations of chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med* 181(10): 1072-1077, 2010
 - 40) Janaudis-Ferreira T, Hill K, et al.: Resistance arm training in patients with COPD. *Chest* 139(1): 151-158, 2011
 - 41) Houchen L, Deacon S, et al.: Preservation of lower limb strength after a short course of pulmonary rehabilitation with no maintenance: a 6-month follow-up study. *Physiotherapy* 97(3): 264-266, 2011
 - 42) McFarland C, Willson D, et al.: A randomized trial comparing 2 types of in-home rehabilitation for chronic obstructive pulmonary disease: a pilot study. *J Geriatr Phys Ther* 35(3): 132-139, 2012
 - 43) Covey MK, McAuley E, et al.: Upper-body resistance training and self-efficacy enhancement in COPD. *J Pulm Respir Med Suppl* 9: 2012
 - 44) Menon MK, Houchen L, et al.: Inflammatory and satellite cells in the quadriceps of patients with COPD and response to resistance training. *Chest* 142(5): 1134-1142, 2012
 - 45) Menon MK, Houchen L, et al.: Ultrasound assessment

- of lower limb muscle mass in response to resistance training in COPD. *Respir Res* 13: 2012
- 46) Ricci-Vitor AL, Bonfim R, et al.: Influence of the resistance training on heart rate variability, functional capacity and muscle strength in the chronic obstructive pulmonary disease. *Eur J Phys Rehabil Med* 49(6): 793-801, 2013
 - 47) Román M, Larraz C, et al.: Efficacy of pulmonary rehabilitation inpatients with moderate chronic obstructive pulmonary disease: a randomized controlled trial. *BMC Family Practice* 14: 2013
 - 48) Ramos EM, de Toledo-Arruda AC, et al.: The effects of elastic tubing-based resistance training compared with conventional resistance training in patients with moderate chronic obstructive pulmonary disease: a randomized clinical trial. *Clin Rehabil* 28(11): 1096-1106, 2014
 - 49) Sillen MJ, Franssen FM, et al.: Efficacy of lower-limb muscle training modalities in severely dyspnoeic individuals with COPD and quadriceps muscle weakness: results from the DICES trial. *Thorax* 69(6): 525-531, 2014
 - 50) Covey MK, Collins EG, et al.: Resistance training as a preconditioning strategy for enhancing aerobic exercise training outcomes in COPD. *Respir Med* 108(8): 1141-1152, 2014
 - 51) Borges RC, Carvalho CR: Impact of resistance training in chronic obstructive pulmonary disease patients during periods of acute exacerbation. *Arch Phys Med Rehabil* 95(9): 1638-1645, 2014
 - 52) Kofod LM, Døssing M, et al.: Resistance training with ankle weight cuffs is feasible in patients with acute exacerbation of COPD. *J Cardiopulm Rehabil Prev* 37(1): 49-56, 2017
 - 53) Nyberg A, Lindström B, et al.: Low-load/high-repetition elastic band resistance training in patients with COPD: a randomized, controlled, multicenter trial. *Clin Respir J* 9(3): 278-288, 2015
 - 54) Santos AA, Ricci-Vitor AL, et al.: Can geometric indices of heart rate variability predict improvement in autonomic modulation after resistance training in chronic obstructive pulmonary disease? *Clin Physiol Funct Imaging*: 2015 (Epub ahead of print)
 - 55) Xi Fang, Wang Z, et al.: Long-term effect of respiratory training for chronic obstructive pulmonary disease patients at an outpatient clinic: a randomized controlled trial. *Clin Trans Med* 4(1): 2015
 - 56) López-García A, Souto-Camba S, et al.: Effects of a muscular training program on chronic obstructive pulmonary disease patients with moderate or severe exacerbation antecedents. *Eur J Phys Rehabil Med* 52(2): 169-175, 2016
 - 57) Abd El-Kader SM, Al-Jiffri OH, et al.: Plasma inflammatory biomarkers response to aerobic versus resisted exercise training for chronic obstructive pulmonary disease. *Afr Health Sci* 16(2): 507-515, 2016
 - 58) Torres-Sánchez I, Valenza MC, et al.: Effects of an exercise intervention in frail older patients with chronic obstructive pulmonary disease hospitalized due to an exacerbation: a randomized controlled trial. *COPD* 14(1): 37-42, 2017
 - 59) Calik-Kutukcu E, Arikan H, et al.: Arm strength training improves activities of daily living and occupational performance in patients with COPD. *Clin Respir J* 11(6): 820-832, 2017
 - 60) Boeselt T, Nell C, et al.: Benefits of high-intensity exercise training to patients with chronic obstructive pulmonary disease: a controlled study. *Respiration* 9(5): 301-310, 2017
 - 61) Spruit MA, Gosselink R, et al.: Muscle force during an acute exacerbation in hospitalized patients with COPD and its relationship with CXCL8 and IGF-I. *Thorax* 58(9): 752-756, 2003
 - 62) Bernard S, Whittom F, et al.: Aerobic and strength training in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med* 159(3): 896-901, 1999
 - 63) Panton LB, Golden J, et al.: The effects of resistance training on functional outcomes in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Eur J Appl Physiol* 91(4): 443-449, 2004
 - 64) Mador MJ, Bozkanat E, et al.: Endurance and strength training in patients with COPD. *Chest* 125(6): 2036-2045, 2004
 - 65) Phillips WT, Benton MJ, et al.: The effect of single set resistance training on strength and functional fitness in pulmonary rehabilitation patients. *J Cardiopulm Rehabil* 26(5): 330-337, 2006
 - 66) Alexander JL, Phillips WT, et al.: The effect of strength training on functional fitness in older patients with chronic lung disease enrolled in pulmonary rehabilitation. *Rehabil Nurs* 33(3): 91-97, 2008
 - 67) Dourado VZ, Tanni SE, et al.: Effect of three exercise

- programs on patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Braz J Med Res* 42(3): 263-271, 2009
- 68) Pereira ÂM, Santa-Clara H, et al.: Impact of combined exercise on chronic obstructive pulmonary patients' state of health. *Rev Port Pneumol* 16(5): 737-757, 2010
- 69) Vonbank K, Strasser B, et al.: Strength training increases maximum working capacity in patients with COPD – Randomized clinical trial comparing three training modalities. *Respir Med* 106(4): 557-563, 2012
- 70) Benton MJ, Wagner CL: Effect of single-set resistance training on quality of life in COPD patients enrolled in pulmonary rehabilitation. *Respir Care* 58(3): 487-493, 2013
- 71) Spruit MA, Singh SJ, et al.: An official American Thoracic Society/European Respiratory Society statement: key concepts and advances in pulmonary rehabilitation. *Am J Respir Crit Care Med* 188(8): e13-e64, 2013
- 72) Iepsen UW, Jørgensen KJ, et al.: A combination of resistance and endurance training increases leg muscle strength in COPD: an evidence-based recommendation based on systematic review with meta-analyses. *Chron Respir Dis* 12(2): 132-145, 2015
- 73) O'Shea SD, Taylor NF, et al.: Peripheral muscle training in COPD: a systematic review. *Chest* 126(3): 903-914, 2004
- 74) Puhan MA, Schünemann HJ, et al.: How should COPD patients exercise during respiratory rehabilitation? Comparison of exercise modalities and intensities to treat skeletal muscle dysfunction. *Thorax* 60(5): 367-375, 2005
- 75) Ries AL, Bauldoff GS, et al.: Pulmonary rehabilitation: Joint ACCP/AACVPR evidence-based clinical practice guidelines. *Chest* 131(5 Suppl): 4S-42S, 2007
- 76) O'Shea SD, Taylor NF, et al.: Progressive resistance exercise improves muscle strength and may improve elements of performance of daily activities for people with COPD: a systematic review. *Chest* 136(5): 1269-1283, 2009
- 77) Houchen L, Steiner MC, et al.: How sustainable is strength training in chronic obstructive pulmonary disease? *Physiotherapy* 95(1): 1-7, 2009
- 78) Marciniuk DD, Brooks D, et al.: Optimizing pulmonary rehabilitation in chronic obstructive pulmonary disease – practical issues: a Canadian Thoracic Society clinical practice guideline. *Can Respir J* 17(4): 159-168, 2010
- 79) Strasser B, Siebert U, et al.: Effects of resistance training on respiratory function in patients with chronic obstructive pulmonary disease: a systematic review and meta-analysis. *Sleep Breath* 17(1): 217-226, 2013
- 80) Maltais F, Decramer M, et al.: An official American Thoracic Society/European Respiratory Society statement: update on limb muscle dysfunction in chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med* 189(9): e15-e62, 2014
- 81) Iepsen UW, Jørgensen KJ, et al.: A systematic review of resistance training versus endurance training in COPD. *J Cardiopulm Rehabil Prev* 35(3): 163-172, 2015
- 82) Liao WH, Chen JW, et al.: Impact of resistance training in subjects with COPD: a systematic review and meta-analysis. *Respir Care* 60(8): 1130-1145, 2015
- 83) Butcher SJ, Mashke JM, et al.: Reductions in functional balance, coordination, and mobility measures among patients with stable chronic obstructive pulmonary disease. *J Cardiopulm Rehabil* 24(4): 274-280, 2004
- 84) Chang AT, Seale H, et al.: Static balance is affected following an exercise task in chronic obstructive pulmonary disease. *J Cardiopulm Rehabil Prev* 28(2): 142-145, 2008
- 85) Eisner MD, Blanc PD, et al.: COPD as a systemic disease: impact on physical functional limitations. *Am J Med* 121(9): 789-796, 2008
- 86) Smith MD, Chang AT, et al.: Balance is impaired in people with chronic obstructive pulmonary disease. *Gait Posture* 31(4): 456-460, 2010
- 87) Smith MD, Chang AT, et al.: Balance recovery is compromised and trunk muscle activity is increased in chronic obstructive pulmonary disease. *Gait Posture* 43: 101-107, 2016
- 88) de Castro LA, Ribeiro LR, et al.: Static and functional balance in individuals with COPD: comparison with healthy controls and differences according to sex and disease severity. *Respir Care* 61(11): 1488-1496, 2016
- 89) Voica AS, Oancea C, et al.: Chronic obstructive pulmonary disease phenotypes and balance impairment. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis* 11: 919-925, 2016

- 90) Crişan AF, Oancea C, et al.: Balance impairment patients with COPD. *PLoS One* 10(3): 2015
- 91) Tudorache E, Oancea C, et al.: Balance impairment and systemic inflammation in chronic obstructive pulmonary disease. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis* 10: 1847-1852, 2015
- 92) Lawlor DA, Patel R, et al.: Association between falls in elderly women and chronic diseases and drug use: cross sectional study. *BMJ* 327(7417): 712-715, 2003
- 93) Roig M, Eng JJ, et al.: Falls in people with chronic obstructive pulmonary disease: an observational cohort study. *Respir Med* 105(3): 461-469, 2011
- 94) Hellström K, Vahlberg B, et al.: Fear of falling, fall-related self-efficacy, anxiety and depression in individuals with chronic obstructive pulmonary disease. *Clin Rehabil* 23(12): 1136-1144, 2009
- 95) Beauchamp MK, Hill K, et al.: Impairments in balance discriminate fallers from non-fallers in COPD. *Respir Med* 103(12): 1885-1891, 2009
- 96) Huang SW, Wang WT, et al.: Chronic obstructive pulmonary disease increases the risk of hip fracture: a nationwide population-based cohort study. *Sci Rep*: 2016
- 97) Roig M, Eng JJ, et al.: Postural control is impaired in people with COPD: an observational study. *Physiother Can* 63(4): 423-431, 2011
- 98) Beauchamp MK, Sibley KM, et al.: Impairments in systems underlying control of balance in COPD. *Chest* 141(6): 1496-1503, 2012
- 99) Roig M, Eng JJ, et al.: Falls in patients with chronic obstructive pulmonary disease: a call for further research. *Respir Med* 103(9): 1257-1269, 2009
- 100) Beauchamp MK, Brooks D, et al.: Deficits in postural control in individuals with COPD – emerging evidence for an important secondary impairment. *Multidiscip Respir Med* 5(6): 417-421, 2010
- 101) Beauchamp MK, O'Hoski S, et al.: Effect of pulmonary rehabilitation on balance in persons with chronic obstructive pulmonary disease. *Arch Phys Med Rehabil* 91(9): 1460-1465, 2010
- 102) Beauchamp MK, Janaudis-Ferreira T, et al.: A randomized controlled trial of balance training during pulmonary rehabilitation for individuals with COPD. *Chest* 144(6): 1803-1810, 2013
- 103) Jácome C, Marques A: Impact of pulmonary rehabilitation in subjects with mild COPD. *Respir Care* 59(10): 1577-1582, 2014
- 104) Grosbois JM, Gicquello A, et al.: Long-term evaluation of home-based pulmonary rehabilitation in patients with COPD. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis* 10: 2037-2044, 2015
- 105) Hakamy A, Bolton CE, et al.: The effect of pulmonary rehabilitation on mortality, balance, and risk of fall in stable patients with chronic obstructive pulmonary disease: a systematic review. *Chron Respir Dis* 14(1): 54-62, 2017

Exercise training in patients with chronic obstructive pulmonary disease: Resistance training and balance training

Makoto SASAKI

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

Abstract

Chronic obstructive pulmonary disease (COPD) is marked by respiratory tract obstruction and chronic respiratory tract inflammation. Dyspnea, fatigue, exercise intolerance, decreased physical activity and a decline in the quality of life are included among its clinical symptoms. Patients with COPD frequently present with muscle dysfunction, limitations of activities of daily living and sleep and emotion disorders, as well as a worsening of balance in some cases. Exercise training is expected to improve these clinical conditions and symptoms in patients with COPD, thereby improving the long-term outcome. The purpose of this review is to describe the outline, targeted disorders of functional ability, effects, and evidence supporting resistance or balance training in patients with COPD. Several unresolved or new issues were recognized in our overview of papers from 1984 or 2013 to 2017. The accumulation of further evidence in future studies in this field is important.