

カラオケトレーニングで高齢者の前頭葉・実行認知機能、舌圧、呼吸機能が改善：ランダム化対照試験によるパイロット研究

論文掲載



International Journal of
*Environmental Research
and Public Health*

翻訳元：アカデミアジャパン株式会社

宮崎敦子, 森隼人

国立研究開発法人 理化学研究所 科技ハブ産連本部 (RCSTI) 〒351-0198 埼玉県

受領: 2020年2月10日/改訂: 2020年2月21日/受理: 2020年2月22日/公開: 2020年2月24日

抄録: カラオケ・トレーニングによって認知能力が改善し、身体機能障害のリスクが軽減するかどうかを検討した。介護施設に居住し、概ね健康もしくは最低限の介護を必要とする高齢者26名を対象に、単盲検ランダム化対照試験を実施した。これらの参加者は、モントリオール認知評価 (Montreal Cognitive Assessment: MoCA) で軽度認知障害 (MCI) の閾値に近く、骨格筋量指数におけるサルコペニア (筋量減少) のカットオフ値とほぼ同等の状態にあった。肺活量と舌圧で肺機能を評価し、それを身体機能に対するサルコペニアの影響のマーカーとした。各被験者は、毎週1回2時間のカラオケ・トレーニングと毎週1回1時間のホームワークを受けた。カラオケ・トレーニング群では、スクラッチアート・トレーニングを受けた実対照群に比べて前頭葉簡易機能検査 (Frontal Assessment Battery: FAB) のスコアが有意に改善していた ($F = 8.04$ 、並べ替え p 値 = 0.013)。サブスコアでは、抑制性制御 ($F = 7.63$ 、並べ替え p 値 = 0.015) および干渉への感受性 ($F = 11.98$ 、並べ替え p 値 = 0.001) が改善した。舌圧も改善し ($F = 4.49$ 、並べ替え p 値 = 0.040)、強制吸気1秒量 (FIV1) で評価する肺機能は大幅に上昇した ($F = 5.22$ 、並べ替え p 値 = 0.047)。とくに介護施設に収容された高齢者にとって、中等度の身体的負荷を要するカラオケ・トレーニングを行うことは、認知機能低下の進行を遅らせ、サルコペニアによる嚥下障害を予防するために極めて有用である。

キーワード: カラオケ； 認知トレーニング； 前頭葉-実行機能； 舌圧； サルコペニア； 呼吸機能； ランダム化対照試験

1. 緒言

認知能力の異常は高齢者の生活に影響する。とりわけ、日常活動に支障を来すほどではない軽度認知障害 (Mild Cognitive Impairment: MCI) を有する高齢者において、その影響はより顕著に、より否定的に発現することが報告されている[1]。もともとMCIを有する高齢者では、アルツハイマー病[2]やその他の認知症[3]の発症リスクが高い。日本では、2016年における看護資格の取得理由として最も多かったのは認知症である。そのため、認知機能の維持・改善が認知症や高度な介護を要する状態への進行を予防するために重要と考えられる[4-7]。

近年の研究では、認知トレーニングを導入した介入プログラムによって認知機能と神経系の可塑性を改善できることが報告されている[8-11]。そのような中で、「学習療法」と呼ばれるユニークな認知トレーニング療法が開発されている[9,12-14]。この学習療法による介入研究では、健常高齢者における実行機能の抑制能力、口頭エピソード記憶、注意集中、および処理速度に関連するさまざまな認知機能に有益な効果を及ぼすことが

報告されている[12]。学習療法は、音読と算数問題の解決という2種類の作業による学習プログラムである。我々は、この学習療法の音読作業とカラオケの類似性に着目し、本研究の参加者に音読作業と類似した歌の本を使ったカラオケ・トレーニングを受けてもらった。学習療法の音読作業に関する研究結果から推測して、カラオケ・トレーニングでも前頭葉・実行認知機能に音読作業と同様の改善効果が得られると予測した。なお、音読に着目したのは、長時間の発話や大声での発話は身体活動を必要とするからである[15]。

高齢者は、サルコペニア、すなわち筋力低下による身体機能の減退に罹りやすい。この傾向は、とくに筋肉廃用に関連する筋萎縮や栄養不良による筋肉量の低下が予想される入院患者では著明である[16]。嚥下障害は、全身性サルコペニアの存在下に発現することが知られている[16,17]。舌圧低下は加齢による骨格筋衰弱に伴って発現し、嚥下能力にも影響する[18,19]。確かに、舌圧低下は嚥下障害の症候の一つである[20]。健常者においても、舌圧は食塊クリアランスに大きく影響し[19,21,22]、日常の食事が摂取不能であれば舌圧低下が疑われる[23]。また、最大舌圧は体格指数（BMI）および上腕筋面積と相関する[24]。さらに、舌圧低下が握力および跳躍力の低下と相関することも報告されている[25]。

このように、舌圧低下がサルコペニア症候群の症候であること[24]、サルコペニアが嚥下筋にも影響すること[18]は過去の研究が示している。嚥下性肺炎や死亡のリスクを抑え、嚥下障害を予防するために十分な筋力を維持することは、高齢者にとって重要なことである。運動は健常高齢者の舌圧強化と嚥下障害および嚥下機能の改善に有効であることが報告されている[26-29]。簡易舌圧検査の実施は、嚥下障害によるサルコペニアやフレイルの早期予防につながっている[23]。日本では、2016年の医療報酬改定時に舌圧評価が導入された。舌圧および呼吸筋をターゲットとするトレーニングを行うことで嚥下障害に起因するサルコペニアを予防・改善できるかについては、今後の研究が必要である。

加齢に伴って胸壁が硬化し、肺の弾性収縮力が減退する[30]。呼吸筋の収縮は、胸壁および肺の運動に不可欠であり[15]、十分な発声駆動力を確保するためにも必要である。呼吸器系は、発声機能と嚥下機能のいずれにとっても等しく重要である[31,32]。

呼吸筋もサルコペニアの影響を受ける骨格筋であり、呼吸筋力と通常のサルコペニア指数の関連性が報告されている[33,34]。頸髄損傷患者においては、呼吸筋機能の維持がとくに重要であり、ランダム化対照試験で報告されているように、歌唱を含むトレーニングは呼吸機能に有益な効果を及ぼすと考えられる[35]。また、英国ではこのアプローチを拡大して呼吸器疾患の患者にも歌唱トレーニングを行っており、慢性閉塞性肺疾患（COPD）にも歌唱による改善効果が認められている[36]。歌唱は努力性呼気1秒量（FEV1）および努力性肺活量の改善に寄与すると考えられる[37-39]。そこで、歌唱が呼吸器系に及ぼす影響を期待して、肺リハビリテーションにおける補助療法として歌唱トレーニングが導入されている[40,41]。

「カラオケ」は長時間の発声を必要とする歌唱活動であり、1970年代の日本でカラオケ装置が開発されて以来、世界の多くの人々が楽しむ大衆的な対話型娯楽活動として定着している。Satoh et al. [42]は、アルツハイマー病患者10名を対象にカラオケ・トレーニングおよび発声トレーニングが認知機能に及ぼす影響を検討した。その結果、6ヵ月間のトレーニング介入により空間認知機能の処理速度が改善することが示され、さらに神経画像検査データの改善も認められた。本研究は、概ね健康もしくは最低限の介護を要する高齢者の集団を対象にカラオケ・トレーニングが認知機能低下の予防に寄与するかどうかを検討することを目的とする。我々は、音読および発話療法に関する過去の研究結果から、カラオケにも同様の効果があると予測した。また、カラオケ・トレーニングは長時間にわたる呼吸筋および舌筋の活動増加を必要とすることから、カラオケ・トレーニングによって運動効果による身体機能、とくに呼吸機能が改善するという仮説を立てた。さらに、舌圧は加齢に

伴って低下するうえ、全身サルコペニアに影響されやすいため、サルコペニアによる嚥下障害の代理指標として舌圧測定を行った[19]。この測定は全般的な嚥下機能を性格に反映するものではないが、舌圧が嚥下障害によるサルコペニアの簡便な潜在指標となることを示す十分なエビデンスがある[23]。最近の研究では、舌圧トレーニングは舌圧を上昇させるだけではなくoral diadochokinesisの改善にも寄与していた[43]。したがって頻繁なカラオケ・トレーニングによる舌筋運動は、舌筋の運動ニューロンを強化し、舌圧を上昇させるはずである。舌圧は認知機能と関連しており[20,44-46]、これらの測定値は加齢および神経疾患に影響されやすいため、カラオケの潜在的効能を調査することは極めて重要である。

本研究の目的は、健康もしくは最低限の介護を要する高齢者において頻繁なカラオケ・トレーニングの実行可能性を評価し、次にそうした定期的なカラオケ習慣が認知機能と身体機能に及ぼす影響を観察することである。そこで、日本に所在する2つの介護施設における単盲検ランダム化対照試験をデザインした。

2. 対象と方法

2.1. 試験デザインとセッティング

このランダム化対照試験は、大学病院医療情報ネットワーク（UMIN）の臨床試験登録システムに登録され（登録番号：UMIN000031189）、東京都練馬区で実施された。本研究の各参加者から書面によるインフォームド・コンセントを登録前に取得し、すべての研究手順はヘルシンキ宣言に準拠した。本研究の研究実施計画書とインフォームド・コンセントの書式は埼玉県で理研倫理委員会の承認を得た（参照番号：Wako3 29-7）。

本研究は、カラオケ・トレーニング群（介入群）とスクラッチアート群（実対照群）という2つの並行群による単盲検ランダム化対照試験として実施した。モンリオール認知評価（Montreal Cognitive Assessment: MoCA）[47]の合計スコアにかかわらず各参加者を無作為にいずれかの群に割り付けた。参加者の認知機能および身体機能の評価を行った試験分担医師は、各群の割り付けを知らされなかった。また、トレーニングの指導者は、各参加者の背景情報や心理学的特性の詳細を知らず、特段の心理的目的意識を持っていなかった。本研究はCONSORT（Consolidated Standards of Reporting Trials）声明（<http://www.consort-statement.org/home/>）の枠組みに準拠した。試験デザインの詳細を図1に示す。

2.2. 参加者

本研究の参加者の募集は、東京都練馬区にある2つの介護施設の入居者向けのポスターおよび説明会を通じて行った。これら2つの介護施設は65歳以上の高齢者向けの居住施設であり、とくに所得が低く、身体的な問題や環境または住宅事情のために在宅が困難な高齢者を中心に収容している[49]。入居者たちの健康状態は、自立して生活できないものの、日常生活動作（ADL）については最低限の介護を要する状態にある[51]。これらの介護施設は、個室、食事、娯楽設備を備えた共同居住施設である。居住者が入浴時の介助など一定の日常生活動作について介護を必要とする場合には、外部業者による介護が提供される。

本研究に参加するための適格規準は、日本語を母語とし、中枢神経系、心臓、または呼吸器系に影響のある基礎疾患に罹患していない入居者とした。また、いずれの参加者も、認知機能や運動に関する他の介入研究に参加していなかった。ジムでの毎週1時間を超える定期的な運動を行っておらず、また、医学的リハビリテーションの一環としての運動療法も受けていなかった。視力または聴覚に障害のある参加者は本研究から除外した。

2つの介護施設に居住する入居者70名の中から28名を防臭し、そのうちの21%が外部介護サービスを利用し

ていた。書面によるインフォームド・コンセントを提出して本研究に登録された全ての参加者のうち、2名は適格規準を満たさなかったため除外した（1名は重度のメニエール病、他の1名は作業内容の理解能力の欠如）。参加者の認知機能に関する情報を入手するために、感度および特異度の高いMoCA [47]を使用して、カットオフ値26によるMCIのスクリーニングを行った。参加者のインフォームド・コンセントを入手後に、ランダム化して介入群または対照群に割り付けた（ $n=26$ ）。

2.3. 症例数

過去の研究ではカラオケによる認知機能と身体機能の改善度を評価する介入試験が行われていないので、本研究では症例数を事前設定しなかった。

2.4. 介入の概要

各プログラム（介入群のカラオケ・トレーニングまたは対照群のスクラッチアート）はそれぞれ毎週3指定日に12週間ずつ実施した。各参加者には毎週1回参加するよう依頼し、統計解析の対象となるために12回のセッションのうち少なくとも9セッションに参加する必要があった。各指定日のトレーニング修了基準は、介入群がカラオケ・トレーニングの歌唱内容の記録、対照群は指定日の1週間前にホームワークとして課されたスクラッチアートの作品1点の完成とした。個人差はあるにせよ、いずれのプログラムも毎週2時間程度で終了した。

プログラムの開始前および終了後に認知機能および身体機能の評価を行った。各参加者は、プログラム開始前に認知機能および身体機能の検査を受けた（プリテスト）。12週後に、各参加者は同一の神経心理検査と行動試験を再度受けた（ポストテスト）。

2.5. カラオケ・トレーニング（介入群）

カラオケ・トレーニングの詳細については、既に別の文献で報告されている[42]。カラオケ・トレーニング・プログラムは連続12週間、毎週1回平日の午後に1時間、各介護施設にて実施し、毎週1時間のホームワークが課された。

通常、カラオケではミュージックビデオを使用し、モニター画面に歌詞が表示される。参加者はマイクロフォンにサインインし、バックグラウンドの音楽に合わせて発声する。カラオケのモニター画面には、音楽に合わせて歌詞が表示され、歌うタイミングが分かるように語句の色が変わっていく。このカラオケ装置はかなり大掛かりで高価なものであるため、高齢者が私的に所有したり、毎日利用したりすることは難しい。このような課題を克服するために、小型で携帯可能なKaraoke Book（株式会社PDMHD、東京）を日常のカラオケ・トレーニングに利用した。カラオケ・トレーニングは、その結果を学習療法プログラムと比較できるように形態で実施した。歌詞は、学習療法における音読作業と同様に、歌詞集で提供しており、したがって発声のタイミングを視覚的合図で知らせることはしなかった。

セッションとホームワークのいずれにおいても、ハンディ型のカラオケ装置を各参加者に無償で貸与した。マイクロフォンとアダプタが付いたこのカラオケ装置は、大きさが高さ3.3×幅18cm×長さ20cmで、700 gの軽量であるため、高齢者でも容易に携行できる。このカラオケ装置には、内蔵された楽曲に対応する48曲の歌詞集が付属している。トレーニングには、高齢者が若い頃に好んだ歌や近年人気を博した歌を選択した。参加者は、歌詞集の中から楽曲番号を選んでカラオケ装置に登録してから再生ボタンを押し、歌詞集を見ながらマイクロフォンでその歌を歌った。

カラオケ・トレーニングのセッションは、4～5人の集団でプロの歌手の指導のもとで行われた。各参加者には、できるだけ多くの歌を歌うことがトレーニングの目的であることを予め知らせておいた。セッションの第1部では、前週に練習した歌を復習した。第2部では、参加者たちが歌詞集から好みの歌を選び、グループで歌った。選択した歌をカラオケ装置が自動的に参加者の声域に適応させた。最後の第3部では、新しい歌を選んだ。ここで選んだ歌は、ホームワークとして毎週3回、合計20～60分間練習し、週1回のレポートで報告した。セッションが続くにつれて、歌える歌の数が増え、選択する歌の難度も高くした。

2.6. スクラッチアート (実対照群)

行動研究の対照群では、無処置対照群よりも実対照群が好まれる[52]。介護施設に入居している参加者は、介入プログラムに参加することで社会的影響も経験する[53]。そのため、本研究では各群内での社会的接触の回数をコントロールするために実対照群を採用した。カラオケ群では、手順書の作成とツールの使用など、2種類以上の介入を取り入れた多角的で広範囲の介入プログラムを行った[54]。したがって、実対照群のプログラムは、この介入研究への参加による好影響をコントロールすることを目的としてデザインした。対照群の参加者はスクラッチアートに取り組んだ[55]。

スクラッチアートでは、表面が黒色のコート紙を使用する。参加者たちは、コート紙の表面をスティックで削って下地のさまざまな色を露出させながら絵を描く。実対照プログラムの一環として、各参加者には毎週1回、スクラッチアート用紙1枚を支給した。スクラッチアートのセッションは、連続12週間、毎週1回平日の午後3時に30分間、各介護施設にて行った。ホームワークは、毎週1点ずつ作品を完成させることとした。各参加者には、スクラッチアートのセッションで指導者と一緒に絵を描き、翌週にホームワークの作品を提出するよう依頼した。

2.7. 認知機能の評価

カラオケ・トレーニングが認知機能に及ぼす効果を評価するために、介入の前後にMoCA [47]および前頭葉簡易機能検査 (FAB) [56]を使って認知機能の評価を行った (表1)。これらの検査を選んだのは、学習療法と同等の認知機能改善効果がカラオケにあるかどうかを検証するためである。MoCAにより参加者の認知機能の評価し、FABによりトレーニングの有効性を評価した。

MoCAは、精神状態短時間検査 (Mini Mental State Examination: MMSE) の正常範囲内にあるとき、MCIを高感度、高特異度で検出する10分間30項目の認知機能スクリーニングである。就学年数が12年以下の高齢者には1ポイントを加点した。合計スコアは0～30点、カットオフ値は26とし、スコアがこれより低ければ一般認知機能障害とする。

学習療法に関する過去の研究と同様に、本研究ではFABを使用した。FABは、実行認知機能の評価するための10分間18ポイントの検査である。FABの評価項目は、類似性の理解 (概念化能力)、語の流暢性 (思考の柔軟性)、運動系列 (運動のプログラミング)、葛藤指示 (干渉刺激に対する敏感さ)、Go/No-Go課題 (抑制コントロール)、把握行動 (環境に対する被影響性) である。

2.8. 身体機能の評価

カラオケ・トレーニングによる身体機能上の効果を評価するために、介入の前後に舌圧および肺機能の評価を行った (表1)。

舌圧は、JMS舌圧測定器（TPM-01、株式会社ジェイ・エム・エス[広島]）を使って測定した[20,28,57]。参加者たちは着席し、口中および舌の上にバルーンを置いてもらった。バルーンを19.6 kPa の圧力（与圧調整後に0点表示）で膨らませる。プローブが適切な位置にあることを確認した。次に、各参加者に舌と硬口蓋の間でバルーンを7秒間、できるだけ強く圧迫してもらった。これを3回行い、そのうちの最大値（kPa）を記録した（-9.9～100.0）。介護老齢福祉施設に入居している高齢者の平均舌圧は30 kPa未満であり、在宅の高齢者に比べてかなり低い[23]。舌圧値が低いほど、嚥下障害の程度が著明であることを意味する。2016年以来、舌圧の評価は日本政府の医療保険の適用対象となっている。

肺機能は、MIR Spirobank G（Medical International Research社、イタリア）による肺活量測定値で評価した。肺活量の測定装置のマウスピースには、測定対象者ごとに交換する使い捨てタービンが付いていた。参加者たちは着席し、一方の手でマウスピースを持ち、鼻からの空気漏れを防ぐためにノーズクリップを着用した。各参加者には、マウスピース周囲の両唇を封じ、肺が一杯になるまで空気を吸い、次に肺が空になるまで最大限に空気を吐き出すよう頼んだ。測定値は、日本呼吸器学会（JRS）による日本人の標準値と比較した。評価対象とした肺活量測定パラメータは、FVC、努力吸気1秒量（FIV1）、およびFEV1とした。これらの評価作業は、理学療法士としての経験のある独立の評価員が行った。

2.9. 心理学的評価

介入の前後に数項目の心理学的評価を行った。我々は、高齢者用うつ病評価尺度（Geriatric Depression Scale: GDS）[58]および生活満足度尺度K（Life Satisfaction Index-K: LDI-K）[59]を使用して生活の質（QOL）を評価した（表1）。

2.10. その他の評価項目とサルコペニア評価項目

年齢、性別、就学年数（12年以上／以下）、身長（cm）、体重（kg）など、いくつかの背景評価項目の値を記録した。本研究ではBarthel ADL Index（ADL）[50]およびIADL評価尺度[51]を使用し、インタビュー形式で行った。

InBody S10（Biospace社、韓国）を用いた生体電気インピーダンス法により、体重（kg）、BMI（kg/m²）、骨格筋量指数（SMI: kg/m²）を測定した。SMIは、四肢の筋肉量を身長（m）の二乗で除して求める値であり、筋量とサルコペニアの評価指数である[60]。2014年アジアサルコペニアワーキンググループ（AWGS）において65歳以上の高齢者向けに推奨されたSMIのカットオフ値は、BIA値をもとに男性で7.0 kg/m²、女性で5.7 kg/m²であった[61]。このSMIの値が低いほど、筋肉量減少およびサルコペニアの程度が著しいことを意味する。これらの評価は、これらの評価作業は、理学療法士としての経験のある独立の評価員が行った（表1）。

2.11. 統計解析

本研究の主要評価項目はFABのスコアとした。学習療法の音読作業に関する過去の研究結果[12, 14]をもとに、我々は前頭葉・実行認知機能について学習療法と同等の改善効果が得られると予測した。群間差を確認するために、全ての認知的、身体的、心理的評価項目についてスコアの変動量（介入後のスコアから介入前のスコアを減じた値）を計算した。サンプル・サイズが小さい場合に適しており、偽陽性例を補正できることから、並べ替え検定を伴う共分散分析（ANCONA）を行った。並べ替え検定を伴うANCOVAにより、介入群と対照群の間にスコア変動量の有意差を確認した。したがって、独立変数は群（カラオケ介入群とスクラッチアート実

対照群)であり、スコア変動は従属変数とした。学習療法の研究で示されたベースライン時の認知的、心理的評価項目、性別、年齢など[12,14]、本研究の結果に影響していると考えられるいくつかの因子を共変量として追加した。また、身体機能は体サイズに影響するため、ベースライン時の身体機能、性別、年齢、身長、体重も共変数とした。

並べ替え検定を伴う全てのANCOVAにlmPermパッケージの aovp 関数を使用した[62]。これは、サンプルサイズが小さい場合の介入試験の有効性を評価するのに適している[14,63,64]。効果の大きさ (η^2) は、群間の平方和およびANCOVAにおける並べ替え検定の平方和により計算した[65]。欠測値は解析対象から除外した。統計学的有意水準は $p < 0.05$ とし、全ての解析はRバージョン3.4.3 (R Core Development Team, 2008年、オーストリア) を使って行った。

3. 結果

3.1. 背景情報

2018年4月から2018年5月までに28名の参加者が本研究に登録し、そのうち2名が適格規準を満たさなかったためにベースライン時に除外された。最終的に参加した26名(平均年齢82.43歳、値域69~93歳)のうち78.26%が女性で、56.52%は就学年数12年以上であった。女性におけるSMIの平均値は 5.79 kg/m^2 (標準偏差0.84、値域 $4.1 \text{ kg/m}^2 \sim 7.4 \text{ kg/m}^2$ 、サルコペニアに関するAWGS推奨カットオフ値 5.8 kg/m^2)。男性では、AWGS水晶カットオフ値 7.0 kg/m^2 、SMIの平均値 7.56 kg/m^2 (標準偏差1.34、値域 $5.9 \text{ kg/m}^2 \sim 9.4 \text{ kg/m}^2$)であった。

全参加者の平均MoCAスコアは24.42(標準偏差 4.13、値域12.00~30.00)で、参加者の57%はスコアが25ポイント以下であった。したがって、これらの指数は参加者がサルコペニア・ゾーンおよびMCIゾーンにあることを示している。

インフォームド・コンセントを提出した参加者14名を介入群に、10名を対照群にランダムに割り付けた。ベースラインの評価項目には、有意な群間差は認められなかった($p > 0.09$ 、表1)。12週間で、参加者26名のうち、介入群の1名と対照群の2名が本研究を中止し、残る23名が全ての評価項目の評価とトレーニングを終了した。脱落理由は、追跡調査時の評価拒否(両群)およびトレーニングによる負の経験(介入群1名)であった(図1)。認知機能および身体機能におけるカラオケ・トレーニングの効果を検定するために、全ての評価項目のスコア変動について並べ替え検定を伴うANCOVAを行った(表2)。

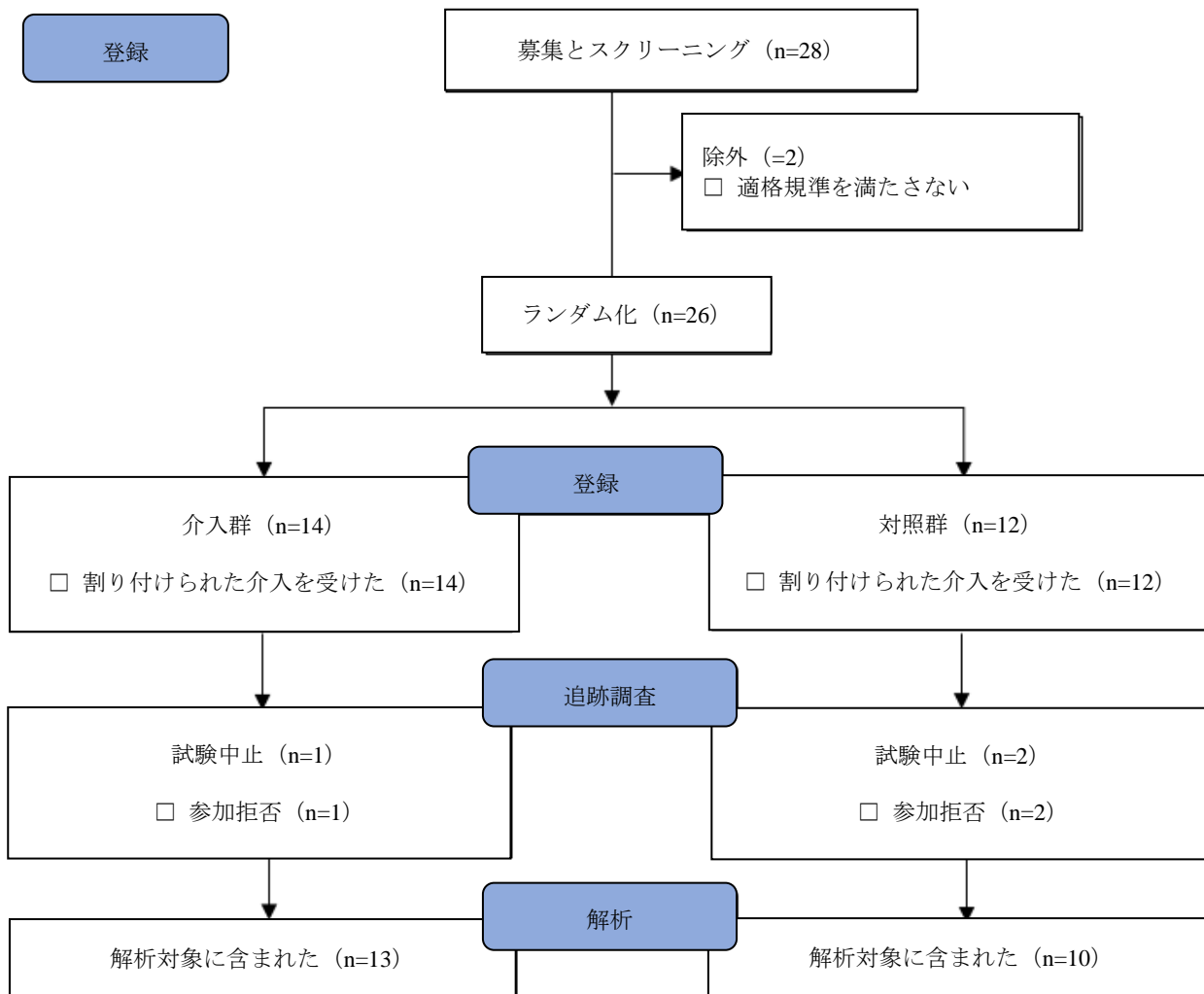


図1.臨床試験報告に関する統合規準（CONSORT）の流れ図

表1. ベースラインにおける参加者の背景情報

項目	介入群		対照群		T検定 P 値
	(n = 14)		(n = 12)		
	平均 (SD)	値域	平均 (SD)	値域	
年齢 (歳)	80.00 (7.46)	70~93	83.58 (7.18)	69~93	0.23
性別 (女性の割合)	71.43		83.33		0.49
就学年数 (12年超の割合)	28.57		60.00		0.28
ADL スコア	84.11 (19.75)	40~100	94.79 (8.36)	75~100	0.09
IADL スコア	99.64 (1.34)	95~100	96.67 (6.15)	80~100	0.09
MoCA スコア	24.57 (3.39)	19~30	24.25 (5.01)	12~30	0.85
FAB 合計スコア	13.14 (3.42)	6~17	12.92 (3.23)	8~17	0.86
GDSスコア	4.36 (2.71)	0~8	6.08 (3.12)	1~12	0.14
LSI-K スコア	5.00 (1.84)	3~8	3.83 (1.99)	1~7	0.13
舌圧 (kPa)	27.12 (8.08)	16.70~42.25	26.45 (6.78)	13.10~34.30	0.82
FVC (liter)	1.85 (0.58)	0.65~2.80	1.76 (0.58)	0.66~2.66	0.68
FEV1 (liter)	1.42 (0.48)	0.56~2.27	1.30 (0.29)	0.81~1.88	0.48
FIV1 (liter)	0.49 (0.41)	0.00~1.06	0.71 (0.46)	0.00~1.25	0.20
身長 (cm)	155.00 (12.60)	131.0~178.0	149.90 (8.01)	140.0~169.0	0.24
体重 (kg)	57.84 (15.81)	33.6~86.7	49.54 (8.49)	33.80~61.20	0.12
BMI (kg/m ²)	23.73 (4.02)	16.7~30.7	22.08 (3.77)	16.30~29.90	0.29
SMI (kg/m ²)	6.45 (1.40)	4.1~9.4	5.81 (0.81)	4.4~7.4	0.18

別段の断りのない限り、記載された値は平均値 (標準偏差)。SD は標準偏差。ADL は日常生活動作。IADL は手段的日常生活動作。MoCA はモントリオール認知機能評価。FAB はベッドサイドでの前頭葉簡易機能検査。GDS は高齢者用うつ病評価尺度。LSI-K は生活満足度尺度 K。FVC は努力性肺活量。FEV1 は努力性呼気 1 秒量。FIV1 は努力性吸気 1 秒量。BMI は体格指数。SMI は骨格筋量指数。

表 2. 介入後のスコア変動の比較

	介入群		対照群		ANCOVA p-値	並べ替え p-値	効果の大きさ (η ²)
	(n = 13)		(n = 10)				
	平均	SD	平均	SD			
MoCAスコア	0.92	1.30	0.00	3.02	0.523	0.667	0.02
FAB合計スコア	0.77	1.97	-1.80	2.44	0.011	0.013 *	0.31
GDS スコア	-0.77	2.91	-2.00	3.19	0.965	1.000	0.00
LSI-Kスコア	0.54	1.50	0.10	2.26	0.181	0.233	0.01
舌圧 (kPa)	3.71	5.96	-1.55	3.40	0.050	0.040 *	0.22
FVC (liter)	0.26	0.30	-0.04	0.31	0.170	0.163	0.11
FEV1 (liter)	0.04	0.37	0.01	0.37	0.521	0.667	0.03
FIV1 (liter)	0.18	0.37	-0.29	0.42	0.036	0.047*	0.25

* $p < 0.05$. SD は標準偏差。スコア変動幅は、介入後のスコアから介入前のスコアを減算して求める。MoCA はモントリオール認知機能評価。FAB はベッドサイドでの前頭葉簡易機能検査。GDS は高齢者用うつ病評価尺度。LSI-K は生活満足度尺度 K。FVC は努力性肺活量。FEV1 は努力性呼気 1 秒量。FIV1 は努力性吸気 1 秒量。

認知実行機能におけるカラオケの効果を検証するために、並べ替え検定を伴う ANCOVA を行って FAB スコアおよび FAB のサブスコアの変動を評価した (表 2 および 4)。FAB の合計スコアについては、対照群 (平均 -1.80、SD = 2.44) に比べて介入群 (平均 0.77、SD = 1.97) で有意に高い改善が認められた ($F(1, 18) = 8.04$ 、 $p = 0.011$ 、並べ替え p 値 = 0.013、 $\eta^2 = 0.31$) (表 2)。MoCA の合計スコアには有意な群間差が生じなかった (介入群で平均 0.92、SD = 1.30 に対して対照群で平均 0.00、SD = 3.02、 $F(1, 18) = 0.43$ 、 $p = 0.523$ 、並べ替え p 値 = 0.66、 $\eta^2 = 0.02$) (表 2)。

FAB のスコアに表れる認知機能の改善を証明するために、介入前の FAB の各サブスコアの変動を表 3 および表 4 に示す。葛藤指示 (干渉刺激に対する敏感さ) のスコアは、対照群に比べて介入群で有意な改善が認められた (介入群で平均 0.46、SD = 0.84 に対し、対照群で平均 -0.30、SD = 1.10、 $F(1, 18) = 11.98$ 、 p 値 = 0.003、並べ替え p 値 = 0.001、 $\eta^2 = 0.41$)。Go/No-Go 課題 (抑制コントロール) のスコアについては、対照群 (平均 0.10、SD = 1.30) に比べて介入群 (平均 0.69、SD = 1.07) で有意な改善が認められた ($F(1, 18) = 7.63$ 、 p 値 = 0.013、並べ替え p 値 = 0.015、 $\eta^2 = 0.26$)。

表 3. ベースライン時における介入群と対照群の前頭葉簡易機能検査 (FAB) サブスコア

	介入群 (n = 14)		対照群 (n = 12)		T検定 P 値
	平均 (SD)	値域	平均 (SD)	値域	
類似性の理解 (概念化能力)	1.57 (1.02)	0~3	1.17 (0.83)	0~2	0.280
語の流暢性 (思考の柔軟性)	2.07 (0.92)	1~3	2.50 (0.67)	1~3	0.194
運動系列 (運動のプログラミング)	2.64 (0.63)	1~3	2.92 (0.29)	2~3	0.181
葛藤指示 (干渉刺激に対する敏感さ)	2.21 (0.80)	1~3	1.92 (1.31)	0~3	0.485
Go/No-Go 課題 (抑制コントロール)	1.64 (1.28)	0~3	1.42 (1.31)	0~3	0.661
把握行動 (環境に対する被影響性)	3.00 (0.00)	3	3.00 (0.00)	3	1.000

FAB は前頭葉簡易機能検査、SD は標準偏差。

表 4. 介入後の FAB サブスコア変動の比較

	介入群 (n = 13)		対照群 (n = 10)		ANCOVA p-値	並べ替え p-値	効果の大きさ (η^2)
	平均	SD	平均	SD			
類似性の理解 (概念化能力)	-0.31	0.61	0.20	0.60	0.135	0.158	0.15
語の流暢性 (思考の柔軟性)	0.31	0.46	-0.50	1.20	0.103	0.144	0.13
運動系列 (運動のプログラミング)	-0.31	0.82	-1.30	0.90	0.113	0.108	0.13
葛藤指示 (干渉刺激に対する敏感さ)	0.46	0.84	-0.30	1.10	0.003	0.001 *	0.41
Go/No-Go 課題 (抑制コントロール)	0.69	1.07	0.10	1.30	0.013	0.015 *	0.29
把握行動 (環境に対する被影響性)	-0.08	0.27	0.00	0.00	0.469	0.824	0.06

* $p < 0.05$ 。FAB は前頭葉簡易機能検査。SD は標準偏差。スコアの変動幅は介入後のスコアから介入前のスコアを減産して求める。

他方、類似性の理解（概念化能力）のスコア（介入群で平均 -0.31 、SD = 0.61 に対して対照群で平均 0.20 、SD = 0.60 、 $F(1, 18) = 2.45$ 、 $p = 0.135$ 、並べ替え p 値 = 0.158 、 $\eta^2 = 0.15$ ）、語の流暢性（思考の柔軟性）のスコア（介入群で平均 0.31 、SD = 0.46 に対して対照群で平均 -0.50 、SD = 1.20 、 $F(1, 18) = 2.96$ 、 p 値 = 0.103 、並べ替え p 値 = 0.144 、 $\eta^2 = 0.13$ ）、運動系列（運動のプログラミング）スコア（介入群で平均 -0.31 、SD = 0.82 に対して対照群で平均 -1.30 、SD = 0.90 、 $F(1, 18) = 2.78$ 、 p 値 = 0.113 、並べ替え p 値 = 0.108 、 $\eta^2 = 0.13$ ）、把握行動（環境に対する被影響性）のスコア（介入群で平均 -0.08 、SD = 0.27 に対して対照群で平均 0.00 、SD = 0.00 、 $F(1, 18) = 0.55$ 、 p 値 = 0.469 、並べ替え p 値 = 0.824 、 $\eta^2 = 0.06$ ）については、有意な群間差が認められなかった。

3.3. 身体機能

舌圧は対照群（平均 -1.55 、SD = 3.40 ）に比べて介入群（平均 3.71 、SD = 5.96 ）で 有意な改善が認められた（ $F(1, 16) = 4.49$ 、 p 値 = 0.05 、並べ替え p 値 = 0.040 、 $\eta^2 = 0.22$ ）（表2）。肺機能は、対照群（平均 -0.29 、SD = 0.42 ）に比べて介入群（平均 0.18 、SD = 0.37 ）でFIV1の増加量が大きく、有意な改善が認められた（ $F(1, 16) = 5.22$ 、 p 値 = 0.036 、並べ替え p 値 = 0.047 、 $\eta^2 = 0.25$ ）（表2）。

他方、FVCについては、有意な群間差が生じなかった（介入群で平均 0.26 、SD = 0.30 に対して対照群で平均 -0.04 、SD = 0.31 、 $F(1, 16) = 2.06$ 、 p 値 = 0.170 、並べ替え p 値 = 0.163 、 $\eta^2 = 0.11$ ）。また、FEV1についても群間差が認められなかった（介入群で平均 0.04 、SD = 0.37 に対して対照群で平均 0.01 、SD = 0.37 、 $F(1, 16) = 0.43$ 、 p 値 = 0.521 、並べ替え p 値 = 0.667 、 $\eta^2 = 0.03$ ）。

3.4. 心理的評価項目

心理的評価項目には、介入前と介入後で有意差が生じなかった。GDSは介入群と対照群の間に有意差が認められなかった（介入群で平均 -0.77 、SD = 2.91 に対して対照群で平均 -2.00 、SD = 3.19 、 $F(1, 18) = 0.00$ 、 p 値 = 0.965 、並べ替え p 値 = 1.000 、 $\eta^2 = 0.00$ ）。LSI-Kにも有意な群間差がなかった（介入群で平均 0.54 、SD = 1.50 、対照群で平均 0.10 、SD = 2.26 、 $F(1, 18) = 1.94$ 、 p 値 = 0.181 、並べ替え p 値 = 0.233 、 $\eta^2 = 0.01$ ）。

3.5. まとめ

本研究の結果は、FAB合計スコアで評価される主要評価項目が改善することを示している。したがって、カラオケ・トレーニングを頻繁に受けることは、舌圧およびFIV1のほか、認知機能の評価項目であるGo/No-Go課題（抑制コントロール）および葛藤指示（干渉刺激に対する被影響性）の成績改善につながると言える。

4. 考察

本研究では、介護施設の入居者のいて頻繁なカラオケ・トレーニングが認知機能および呼吸機能と舌圧に及ぼす影響を検討した。本研究の参加者は、最低限の介護を必要とし、MCIおよびサルコペニアのカットオフ閾値に達している健康な高齢者であった（表1）。本研究における介入プログラムは介護施設で好評を得ており、3ヵ月間持続した。このランダム化対照試験の結果は、カラオケ・トレーニングが実対照群に比べて認知機能および身体機能の改善により大きく寄与することを示している。認知機能の改善は、FAB合計スコアの変動（表

2) と葛藤指示 (干渉刺激に対する敏感さ) およびGo/No-Go課題 (抑制コントロール) のサブスコアの変動で評価した (表4)。身体機能の有意な改善は、加齢やサルコペニアに影響されやすく、サルコペニアによる嚥下障害の代理指標となる舌圧および肺機能 (FIV1) の変動によって評価した。本研究の結果は、カラオケによる介入が高齢者の認知機能およびサルコペニアの嚥下障害、さらには呼吸機能の改善に寄与するという仮説を支持するものである (表2)。

カラオケ・トレーニングは、認知機能において学習療法の音読作業と同様の改善効果をもたらすと考えられる。認知症患者[9]や6ヵ月間のランダム化対照試験に参加した健常高齢者[13]を対象とする過去の研究では、FABスコアの改善が報告されている。FABは、6つのサブセットで前頭葉のさまざまな機能の評価を行うことにより実行機能の評価を行うツールである。また、いくつかの研究により、類似性の理解 (概念化能力) [9]、語の流暢性 (思考の柔軟性)、および葛藤指示 (干渉刺激に対する敏感さ) [13]を含むFABサブスコアの改善も報告されている。本研究では、3ヵ月間のカラオケ・トレーニングがFAB合計スコアの改善について学習療法と同等の効果を達成した。また、カラオケ・トレーニング群では、Go/No-Go課題 (抑制コントロール) および葛藤指示 (干渉刺激に対する敏感さ) という各サブスコアに有意な増加が認められ、効果の大きさはそれぞれ0.29、0.41であった。したがって、カラオケ・トレーニングは葛藤指示のスコアを改善することにより学習療法と同等の効果を達成できると言える。

干渉刺激に対する敏感さを評価する課題では、参加者は言葉による指示に従いながら行動を自己制御し、視覚情報は無視してすることが要求される[56]。学習療法における音読作業では、視覚提示された語句の認識、語句のグラフィック表示から音韻表現への変換、語句の意味の分析、発音の制御、作業記憶など、いくつかの認知過程が要求される[12]。歌詞集に載っている歌詞を歌うには、音読よりも高度な認知過程が必要になる。このことから、カラオケ・トレーニングが学習療法では見られない効果をGo/No-Go課題 (抑制コントロール) のプロセスにもたらす理由を説明できる。抑制コントロールの課題では、参加者は誤警報による運動反応を引き起こすので、不適切な反応を抑制することが期待される[56]。正確なタイミングで発声するためには反応抑制が必要であり、歌を歌うには高度な実行制御が要求される。とりわけ音楽トレーニングでは、特異的な記憶・認知トレーニングに比べてより堅牢なドメイン非依存伝達を要するため、抑制コントロール能力を高めることができる[67]。認知症予防のための診療ガイドラインでは、身体運動、とくに有酸素運動が推奨されている (グレードB) [68]。身体活動は、灰白質および白質の損失を予防し、神経毒性因子を減少させる[69]。しかし、これらのガイドラインには運動量についての明確な指示が記載されていない。高齢者は、若年層に比べて有酸素容量が小さく、運動機能も低い。最新のThe Physical Activity Guidelines for Americans” (PAGA)によれば、絶対的尺度では軽度の運動でも高齢者にとっては中等度もしくは重度の運動になり得る。The Compendium of Physical Activitiesには、さまざまな身体活動の代謝当量 (METs) を標準化する分類システムが掲載されており、座位での歌唱もそのリストに含まれている。そのため、カラオケ・トレーニングを頻繁に行うことは、運動不足になりがちな居住介護施設の高齢者にとっては運動効果になる。歌を歌うためには呼吸筋を使用する必要があり、座ったまま呼吸をコントロールすることはMETの身体活動レベル1.5、すなわち軽度METと評価されている。これは健常者にとっては極めて軽度の運動であるが、脊髄損傷や慢性閉塞性肺疾患 (COPD) の患者やサルコペニアで有酸素容量や運動機能が低下している高齢者にとってははげしく軽度ではない。脊髄損傷やCOPDでは、歌唱を含むトレーニングが呼吸機能を改善することが報告されている[35,36]。サルコペニアでは、全身の骨格筋量低下だけでなく舌や横隔膜の筋肉分解も加速され、また呼吸筋の萎縮も観察される[71]。ただし、サルコペニアは、頭部挙上およびその他の筋肉増強運動を含む運動療法により回復可能であることが指摘

されている。呼吸筋力が強化されれば、胸壁をより強い力で動かせるので、胸部硬直を軽減できる[72]。胸壁の可動性は肺気量と相関し、胸郭拡大は最大吸気量と関連することが知られている。したがって、呼吸筋の利用を必要とする身体活動やカラオケ・トレーニングにおける呼吸制御は呼吸器系に運動負荷をかけると考えられる。

本研究では、呼吸筋力と努力吸気・呼気肺活量への影響を観察することでこの仮説を検証した[73]。本研究の結果は、FIV1の上昇で評価される肺機能の改善を示唆している。また、本研究の介入群では、FIV1の改善効果が比較的大きかった ($\eta^2=0.25$) (表2)。確かに、吸気量と一回換気量が共に上昇し、呼吸機能の改善を示唆していた。しかも、換気量が増加すれば胸壁の可動域が拡大する[15]。このように、本研究の結果から、カラオケ・トレーニングにより呼吸に関連する身体機能が改善し、運動効果を発揮すると考えられる。

過去に行われた研究では、長時間の発話や大声での発話には呼吸筋の活動が必要とされるが[15]、本研究では呼気量には影響しなかった。年齢にかかわらず、課題の理解度に応じて参加者たちは吸気量を最大化することができるが、呼気量は努力性に増大させることは難しいであろう[74]。また、筋力が低下するとFIV1は減少することから[75]、FEV1は他の呼吸機能よりも改善しやすいことが示唆された[76,77]。したがって、カラオケ・トレーニングは吸気筋トレーニングと同様の効果を容易に達成できると考えられる。

カラオケ・トレーニングにより舌圧の改善も観察され、その効果は比較的大きかった ($\eta^2 = 0.22$)。ベースライン時の参加者たちは、サルコペニアを示すSMIカットオフ値に近い状態にあり、舌圧も標準値を下回っていた(表1)。舌圧は身体強度と関連する。近年の研究でも、高齢者における舌圧とサルコペニアとの関連性が明らかにされている。しかし、単純な舌圧検査を行えば、サルコペニアおよびフレイルに起因する嚥下障害の早期予防も可能になる[23]。Maeda および Akagi [78]は、入院中の高齢者においてサルコペニアが嚥下障害の独立のリスク因子であることを指摘している。また、虚弱な身体や舌のフレイルは嚥下機能の低下、さらにはサルコペニアに起因する嚥下障害と関連している。Butler et al. [79]は、健常高齢者における嚥下状態と舌圧および握力との関連性を報告している。嚥下機能は複雑である。しかし、直接的な評価尺度はないものの、嚥下障害に起因するサルコペニアおよびフレイルの早期予防は単純舌圧検査により可能になっている[23]。

嚥下機能の低下は栄養失調や水分不足、さらには嚥下性肺炎の原因となり、最終的には死に至るおそれもあるため、嚥下障害を予防するために十分な筋力を維持することが高齢者にとって重要である。厚生労働省の調査によれば、2017年に日本国内で発症した肺炎症例97,000例のうち嚥下性肺炎は36,000例もあり、肺炎は日本で3番目の死亡原因となっている (<https://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/jinkou/geppo/nengai17/dl/kekka.pdf>)。したがって、舌圧の維持、改善は高齢化社会において極めて重要である。サルコペニア嚥下障害を予防するには、舌を硬口蓋に押し付けるトレーニングを繰り返すことで舌の強度と体積を高めることができる[27,43,80]。さらに近年の研究では、舌の器用さも改善することが報告されている[43]。舌の器用さの評価はoral diadochokinesisを示すものであり、口腔運動機能の評価に使用される。日本では、高齢者の嚥下機能維持を目的として、舌を動かし、ral diadochokinesisを改善するために「パタカラ体操」が導入されている[81,82]。サルコペニアを発症している高齢者でも、舌に関連する運動ニューロンを強化し、舌圧増強に寄与するためにカラオケ・トレーニングが検討される。

本研究で評価した認知機能および身体機能の全ての指標は加齢による体力低下と関連する[83-91]。舌圧とMMSEスコア[20,45]、肺機能とMMSEスコア[44,46]の間に強い相関が認められた。神経疾患や認知症の想起の段階で嚥下障害が発現する[92,93]。高齢者は、急性疾患、入院、外科手術、化学放射線療法など、強いストレスを受けたりすると、すぐにそうした機能の障害を起こす。したがって、それらの機能に関する介入プログ

ムを取り入れれば、高齢者のQOLを維持、改善できると思われる。

心理的評価項目に関しては、カラオケ・トレーニングの施行後にQOLまたはGDSスコアの改善は認められなかった。本研究は、入居者が自由に生活し、最低限の介護を要している2つの居住介護施設において実施された。QOLなどの心理的評価項目を高めるためには、3ヵ月間では十分な介入期間とへ言えないかも知れない。

芸術活動を通じて高齢者の人間関係を育む「創造的高齢化」運動は、世界各地で次第に普及している[94–97]。この運動は、芸術活動に必要とされるさまざまなプロセスの意義を重視し、参加者たちが年齢にかかわらずさまざまな新しい役割を担う機会を与えている。例えば、本研究では、若いトレーニング指導者が高齢者から古い歌を学び、芸術活動が高齢者に新しい人間関係を生み出している。カラオケの有効性についてはいまだ懐疑の余地もあるが、本研究で検討したカラオケ・トレーニングは認知機能と身体機能に明らかな効果を示している。日本の高齢者にとって、カラオケは親しみやすい娯楽であり、人間関係を改善する機会にもなる。さらに、本研究の介入群では、途中で脱落した1人を除く全参加者が3ヵ月間のトレーニングを終了した。これらの所見から、「創造的高齢化」運動の一環としてカラオケが新しい効果的な介入となると言える。

本研究にはいくつかの限界がある。とくに重要な点は、参加者の数が限られていたことである。本研究の対象となった2つの介護施設は合計70人を収容しているが、居住者はジムに通うことも、働くことも自由にできる。そのため、介入スケジュールに合わせることでできる高齢者の数は限られていた。また、高齢者の居住施設で効果を観察するためには、実対照群だけではなく非処置対照群も必要であろう。しかし、各群で参加者間の社会的接触の数を調整するために実対照群のみを採用した。学習療法に関する過去の研究では、類似性の理解（概念化能力）および語の流暢性（思考の柔軟性）について、FABの言語課題のスコア改善が認められた。他方、思考の柔軟性の課題は言語の流暢性およびワード産出の課題である[56]。6ヵ月間（学習療法の研究で採用した期間と同期間）のカラオケ・トレーニングがこれらの能力の向上に寄与することは考えられる。また、今後の研究では、より幅広い認知検査を行うことで学習療法と同様の有効性を検証するべきである。

5. 結論

本研究では、介護施設に入居した高齢者を対象にカラオケ・トレーニングの反復後に認知機能の改善が認められた。本研究の結果は、カラオケ・トレーニングは、抑制能力および実行機能の改善と共に、学習療法と同様の認知機能改善効果をもたらすことを示唆している。学習療法の音読作業で既に同様の効果が認められていたので、これは想定外の結果ではない。しかも、カラオケ・トレーニングは身体機能にも影響するので、呼吸機能や舌圧にも運動効果を発揮する。高齢者において、呼吸機能と舌圧はサルコペニアによる嚥下機能を反映するもので、これらが改善されればQOLの向上につながる。

認知機能と嚥下機能の関連性、死亡率と神経疾患の関連性を考慮に入れるなら、カラオケ・トレーニングは「創造的高齢化」運動の一環として、芸術を利用した楽しく、幸福感を高める機会となると言える。

[著者貢献] 宮崎敦子が研究プロトコルの設計および開発を行った。本研究は宮崎と森隼人が実施した。宮崎が原稿を執筆し、森が研究データの評価を行った。両著者が最終稿をレビューし、承認した。

[資金提供者] 株式会社 PDMHD（東京都新宿区）からカラオケ機器と助成金の提供を受けた。

[謝辞] 本研究は、理化学研究所科技ハブ産連本部による産学連携活動として行われた。心理テストの実施に際してご支援いただいた内村氏、スクラッチアートとカラオケの各プログラムでご指導いただいた加藤万里子氏、研究の運営管理に携わった玉城裕子氏に謝意を表す。また、練馬区大泉ケアハウスおよび「橋戸の丘」の参加者諸氏に感謝の意を表す。

【利益相反】 「Karaoke Book」は株式会社 PDMHD が開発した。本研究の資金提供者は、本研究の研究デザイン、データの収集、解析、解釈、論文執筆に関与していない。宮崎敦子は、株式会社 PDMHD から一切収入を得ておらず、その他いかなる利害関係も持っていない。他のすべての著者も利害関係のないことを言明している。