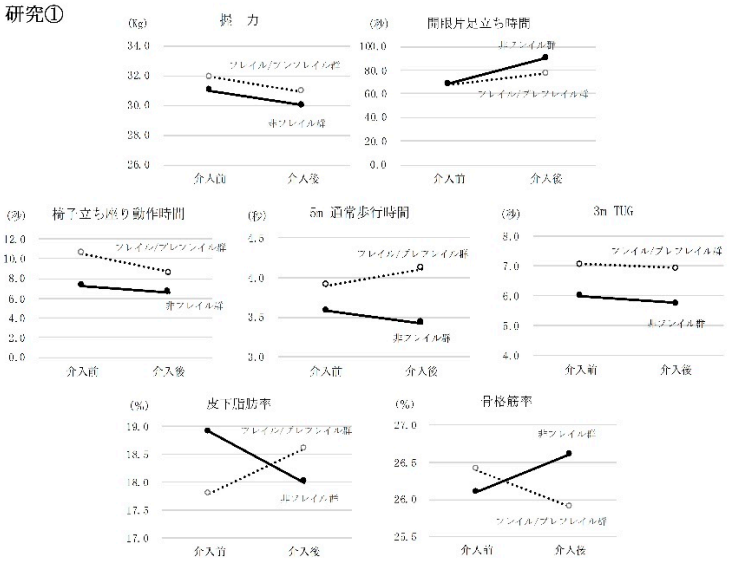
121　IoTを活用した口腔機能向上によるフレイル予防効果	水谷　慎介

【目的】後期高齢者における要介護の原因の 1 位は老衰（フレイル）であり、2020 年度よりフレイル健診が開始されるなどフレイル予防への取り組みが急速に進んでいる。本研究では、地域在住高齢者を対象として、①IoT を活用した口腔機能向上プログラムが口腔機能および身体機能に与える影響、②口腔機能プログラムの提供方法による介入効果の違いを検討することを目的とした。

【方法】研究①：地域在住高齢者 49 名を対象として、3 か月間の舌等尺性運動による口腔機能向上プログラムを実施した。身体機能測定（BMI、身体組成、握力、5 m 歩行速度、5 回椅子立ち上がり時間、開眼片足立ち時間、3 m タイムアップ・アンド・ゴー（TUG））、および口腔機能測定（最大舌圧、舌口唇運動機能（ODK））を実施した。介入方法は、週 3 回の訓練器を用いた舌の等尺性運動を指示した。介入前後での変化、およびベースライン時における身体的プレフレイル／フレイル群および非フレイル群に分け、2 群間における口腔機能及び身体機能の変化の違いを検討した。研究②：最大舌圧が 30 kPa 未満であった 65～79 歳の高齢者 26 名を研究対象とした。口腔機能プログラムは、タブレット端末の動画を見ながら行う方法（IoT 群）と、その動画を静止画として記載した紙媒体を用いる方法（紙媒体群）とし、ランダムに対象者の割付を行った。口腔機能評価として、舌苔付着状態、口腔乾燥、最大舌圧、ODK、咀嚼機能、最大咬合力を評価した。また、身体機能評価として、BMI、InBody による身体組成、握力を測定した。さらには、食習慣、栄養状態（BDHQ）、生活習慣に関する質問紙調査および認知機能検査を実施した。口腔機能向上プログラムは、準備体操、7 種類の口腔周囲筋の筋力トレーニングを含んでおり、介入期間中は週 3 回実施するよう指示をした。紙媒体群の対象者には IoT 群で用いるプログラムと同内容を示した運動マニュアルを配布し、同様に週 3 回のプログラムを行うように指示した。

【結果】研究①：身体的フレイル／プレフレイル群と非フレイル群を比較した二元配置分散分析において、時間の主効果が認められた項目は、最大舌圧、ODK（/pa/、/ta/、/ka/）、握力、開眼片足立ち時間、椅子立ち座り時間であった（$P<0.05$）。群間の主効果が認められた項目は、椅子立ち座り時間、5 m 通常歩行時間および 3 m TUG であった（$P<0.01$）。皮下脂肪率、骨格筋率では、非フレイル群において有意な改善を認めた（$P<0.05$）。研究②：IoT 群および紙媒体群における口腔機能の変化について二元配置分散分析を行った結果、いずれの項目においても、群間における主効果は認められなかった。

フレイル／プレフレイル群および非フレイル群における介入前後の身体的変化



121. IoT を活用した口腔機能向上によるフレイル予防効果

水谷　慎介

九州大学 大学院歯学研究院 OBT 研究センター

Key words：フレイル，口腔機能，高齢者，舌圧

緒　言

わが国における高齢者人口は増加しており、2040 年には高齢者人口割合は 35%に達し、75 歳以上の後期高齢者は 20%になると予想されている。後期高齢者における要介護の原因の 1 位は老衰（フレイル）であるため、2020 年度よりフレイル健診が開始されるなどフレイル予防への取り組みが急速に進んでいる。

フレイルは、身体的要素、精神的・心理的要素および社会的要素で構成され、各要素が相互に影響しあうと考えられている。そのため、ある一つの要素の低下により、フレイル・サイクル［1］という悪循環に陥る可能性がある。また、昨今の新型コロナウイルス感染症の拡大に伴う外出自粛による「生活不活発病」の発症およびその影響によるフレイルの進行が懸念されている。

フレイル・サイクルを断ち切るために、サルコペニア（骨格筋量と骨格筋力の低下）に対する介入が多く行われており、最新のレビューでは、運動介入、栄養介入およびその併用によって、筋肉量、筋量、歩行速度が改善すると報告されている［2］。一方、フレイルの前段階のプレフレイルにおいて、口腔機能の低下をはじめとする「オーラルフレイル」が存在する。柏市での大規模コホート調査において、オーラルフレイル該当者は 非該当者に比べ、2 年間の身体的フレイル、サルコペニアの発生はそれぞれ、2.41 倍、2.13 倍であったと報告されている［3］。すなわち、口腔機能の低下を早期に発見し対応することで、より早期のフレイル予防が可能になると考えられる。

災害時、感染症流行期等による外出自粛規制中、食欲低下から口腔機能低下を含むオーラルフレイルの増加が懸念される。IoT を活用することにより、高齢者が自宅でできる口腔機能に着目したフレイル予防の効果が期待されるため、本研究では、地域在住高齢者を対象として、①IoT を活用した口腔機能向上プログラムが口腔機能および身体機能に与える影響、②口腔機能プログラムの提供方法による介入効果の違いを検討することを目的とした。

方法および結果

1. 口腔機能向上プログラムにおけるフレイル改善への効果の検討（研究①）

糸島フレイル研究の 2017 年の疫学調査に参加し、本研究に対して参加希望の意思があった地域在住高齢者 49 名（男性 25 名、女性 24 名）を対象とした。身体機能測定（身長、体重、BMI、身体組成、握力、5 m 歩行速度、5 回椅子立ち上がり時間、開眼片足立ち時間、3 m タイムアップ・アンド・ゴー（TUG））、および口腔機能測定（最大舌圧、舌口唇運動機能［ODK］（/pa/、/ta/、/ka/））を実施した。介入開始前（ベースライン時）の最大舌圧の 85%以上の強度の訓練器（ペコぱんだ®、株式会社ジェイ・エム・エス）を貸与し、週 3 回の舌の等尺性運動を指示し、介入 1 か月後、2 か月後に口腔機能を再測定した。口腔機能訓練および日々の血圧や歩数はタブレット端末に記録された。合計 3 か月間の口腔機能訓練の後、口腔機能、身体機能および身体組成を評価し、介入前後での変化を調査した。さらには、ベースライン時における身体的プレフレイル／フレイル群および非フレイル群に分け、2 群間における口腔機能及び身体機能の変化の違いを検討した。

49 名のうち 42 名（男性 23 名、女性 19 名、平均年齢 73.1±3.1 歳）が分析対象者となった。対象者全体の変化として、口腔機能においては、最大舌圧、ODK（/pa/、/ta/、/ka/）が有意に向上していた（$P<0.001$）（図 1）。身体機能で

は、開眼片足立ち時間、椅子立ち座り時間および3ｍTUGが有意に向上していた（P=0.004、P<0.001、P=0.019）（図2）。体組成では、内臓脂肪レベルおよび基礎代謝量が有意に低下していた（共にP=0.001）。一方で、体脂肪率、皮下脂肪率、骨格筋率、および体年齢－実年齢に有意差は認められなかった。

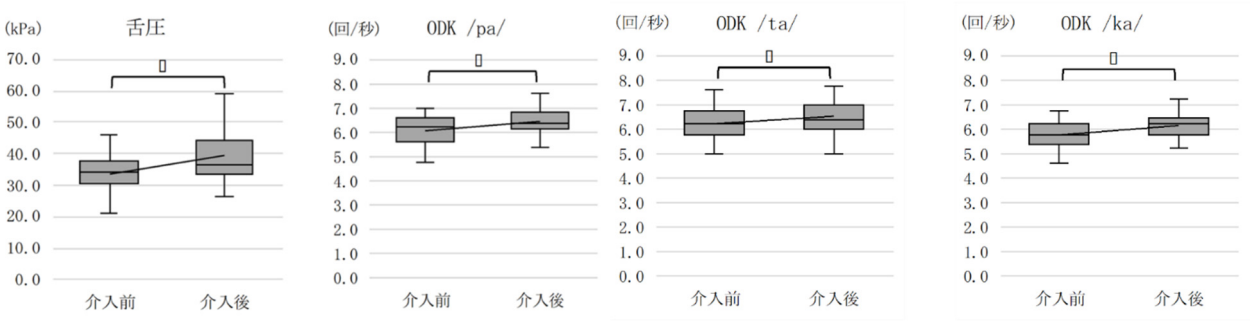


図1. 口腔機能向上プログラム介入前後における口腔機能の変化

3か月間の口腔機能向上プログラムにより、最大舌圧、ODK（/pa/, /ta/, /ka/）はいずれも向上していた（P<0.001）。□：P<0.05（Wilcoxon signed-rank test）。

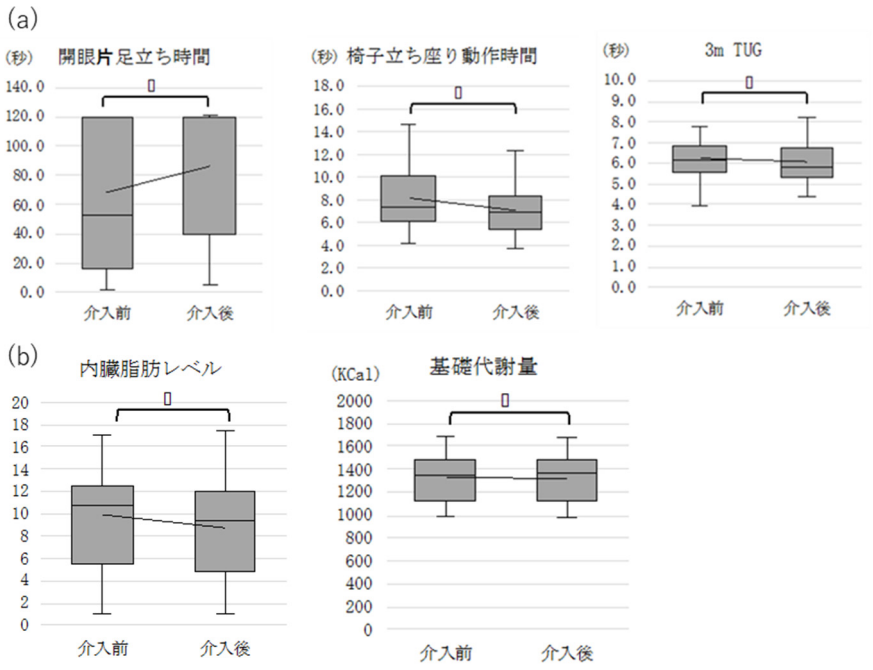


図2. 口腔機能向上プログラム介入前後における身体機能（a）と体組成（b）の変化

a) 3か月間の口腔機能向上プログラムにより、開眼片足立ち時間（P =0.004）、椅子立ち座り時間（P =0.019）および3ｍTUG（P<0.001）が有意に向上していた。□：P<0.05、Wilcoxon signed-rank test。

b) 3か月間の口腔機能向上プログラムにより、内脂肪レベルが低下し（P =0.001）、基礎代謝量も減少していた（P=0.001）。□：P<0.05、Wilcoxon signed-rank test。

身体的フレイル／プレフレイル群と非フレイル群を比較した二元配置分散分析において、時間の主効果が認められた項目は、最大舌圧、ODK（/pa/、/ta/、/ka/）、握力、開眼片足立ち時間、椅子立ち座り時間であった（P<0.001、=0.004、=0.007、<0.001、=0.023、=0.027、<0.001）。群間の主効果が認められた項目は、椅子立ち座り時間、5ｍ通常歩

行時間および3ｍTUG（P＜0.001、＝0.004、＝0.001）であった（図3）。また、皮下脂肪率、骨格筋率、基礎代謝量に関しては、非フレイル群において有意な改善を認めた（P＜0.001、＝0.036、＜0.001）。

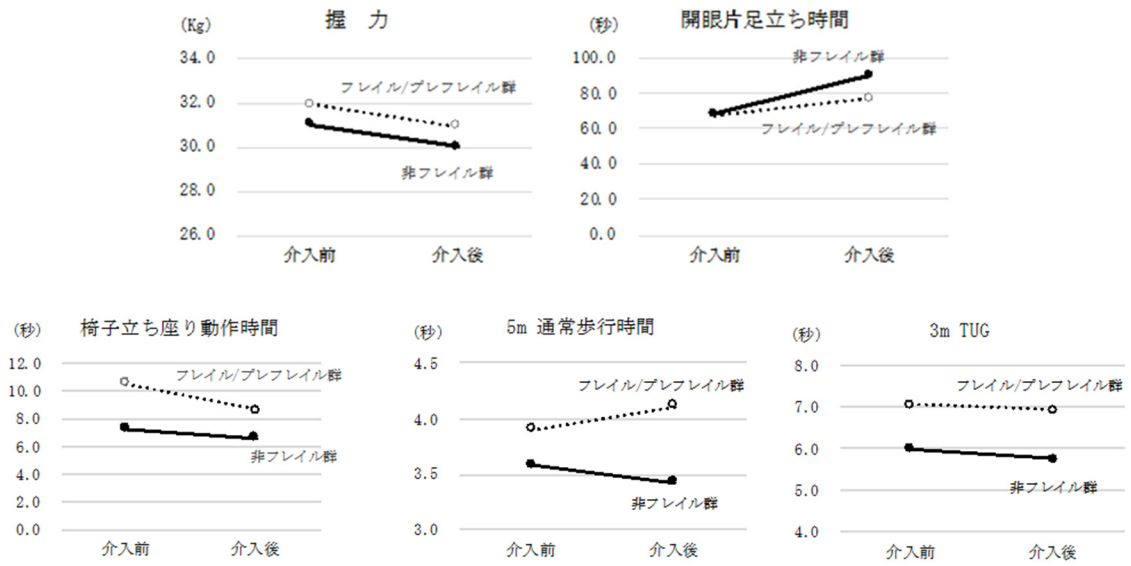


図3．2群別にみたプログラム介入前後における身体機能の変化

時間の主効果が認められた項目は、握力、開眼片足立ち時間、椅子立ち座り時間であった（P＝0.023、＝0.027、＜0.001）。群間の主効果が認められた項目は、椅子立ち座り時間、5ｍ通常歩行時間、3ｍTUGであった（P＜0.001、＝0.004、＝0.001）。

2．口腔機能プログラムの提供方法による介入効果の違いを検討（研究②）

対象者は、福岡県糸島市に在住する65～79歳の高齢者とし、2020年に実施された疫学調査の口腔機能検査において、最大舌圧が30kPa未満であった76名を対象集団とした。サンプルサイズは研究①を参考に、最低24名（1群あたり最低12名）とした。76名に対し、研究の案内を行い、同意が得られた28名を研究対象とした。口腔機能プログラムの提供方法は、タブレット端末を使用し、動画をみながら行う方法（IoT群）と、その動画を静止画として記載した紙媒体を用いる方法（紙媒体群）とし、いずれの群でプログラムを実践するかに関しては、パソコン上で乱数を発生させることにより対象者の割付を行った。

口腔機能評価として、舌苔の付着状態（Tongue Coating Index：TCI）、口腔水分計による口腔乾燥、舌圧測定器による最大舌圧、舌口唇の運動機能測定（ODK）、キシリトール咀嚼チェックガムによる咀嚼機能、デンタルプレスケールⅡによる最大咬合力を測定した。口腔内の状況として、現在歯数、義歯の使用の有無、アイヒナーの分類による咬合支持域数を記録した。また、身体機能評価として、身長、体重、BMI、InBodyによる身体組成、握力を測定した。さらには、食習慣、栄養状態（BDHQ）、運動習慣、飲酒喫煙等の生活習慣に関する質問紙調査およびMMSEによる認知機能検査を実施した。

タブレット内の口腔機能向上プログラムは、準備体操、7種類の口腔周囲筋の筋力トレーニングを含んでいた。介入期間中は週3回の実施を指示した。紙媒体群の対象者にはIoT群で用いるプログラムと同内容を示した運動マニュアルを配布し、対象者には、マニュアルを見ながら週3回のプログラムを行うように指示した。

1か月間の介入後、28名中、26名（両群13名）が分析対象となった。年齢、性別、すべての測定項目および質問紙調査項目において、ベースライン時では2群間に有意な差がある項目は認められなかった。対象集団26名において、咀嚼機能（P＝0.012）、最大舌圧（P＝0.019）、ODK（/ka/）（P＝0.012）、ODK（/ka/）（P=0.018）が統計学的に有意に改善していた（Wilcoxon signed-rank test）。また、BMIは中央値（25パーセンタイル、75パーセンタイル）が20.9

（19.7、22.7）から 21.2（19.8、23.1）に有意に増加していた（Wilcoxon signed-rank test）。一方で、身体組成や MMSE では統計学的に有意な変化は認められなかった。

表 1 は、タブレット群および紙媒体群における口腔機能の変化について二元配置分散分析を行った結果を示す。いずれの項目においても、群間における主効果は認められなかった。

表 1. タブレット群および紙媒体群における口腔機能の変化（二元配置分散分析）

	タブレット群（n=13）		紙媒体群（n=13）		主効果		交互作用（介入効果×群間）
変数	介入前	介入後	介入前	介入後	介入効果 P 値	群間 P 値	P 値
咀嚼機能	8.3 ± 1.3	8.7 ± 1.2	8.2 ± 1.2	8.6 ± 1.1	0.010	0.797	0.802
最大舌圧	28.4 ± 3.9	29.4 ± 4.6	27.2 ± 3.2	29.4 ± 4.6	0.035	0.674	0.426
ODK /pa/	6.4 ± 0.6	6.7 ± 0.4	6.3 ± 0.7	6.5 ± 0.6	0.009	0.613	0.573
ODK /ta/	6.4 ± 0.6	6.5 ± 0.5	6.4 ± 0.7	6.5 ± 0.7	0.176	0.875	0.750
ODK /ka/	6.0 ± 0.5	6.2 ± 0.5	5.8 ± 0.9	6.1 ± 0.7	0.017	0.517	0.639

数値は、平均値±標準偏差を示す。ODK：舌口唇の運動機能。

考　察

研究①において、3 か月間のタブレット端末を使用した等尺性舌挙上運動訓練は、口腔機能、身体機能および身体成を向上させた。具体的には、開眼片足立ち時間の延長、椅子立ち座り時間の減少と、内臓脂肪レベルの減少を示した。舌骨上筋群は、筋膜を介して舌骨下筋群、深頸筋群、横隔膜、大腰筋、骨盤底筋群につながっている［4］。そのため、舌の挙上による舌骨上筋群および舌骨下筋群の収縮が、筋収縮に関与する運動単位数の増加と神経系コンポーネントの改善を引き起こし、これにより体幹の筋力が強化され、身体バランスと瞬発力の向上と皮下脂肪率の低下が認められた可能性が考えられる。

研究②において、タブレット端末と紙媒体による口腔機能訓練の結果では、どちらの群においても口腔機能の改善が認められたが、使用するデバイスによる効果の違いは認められなかった。また、身体的な変化は BMI 以外の項目において、有意な変化は認められなかった。これは介入期間が 1 か月であったことや、対象集団が比較的健康であり、フレイルの者が含まれなかったためだと考えられる。また、新型コロナウイルスの感染拡大が懸念され、日常の行動制限がある時期に研究を実施したため、身体活動量が低下しやすい状況であったことも影響している可能性がある。

本研究において、歯科医院に通院しなくても、自宅に居ながら口腔機能を高められることが示され、口腔からフレイル予防ができる可能性が示唆された。今後、本研究結果をさらに詳細に分析し、アプリケーションの改修をすることで、より効果的な IoT を活用した口腔機能向上プログラムの開発を行う予定である。

共同研究者・謝辞

本研究の共同研究者は、九州大学大学院歯学研究院口腔顎顔面病態学講座高齢者歯科学・全身管理歯科学分野の柏﨑晴彦教授、奥菜央理助教、伊與田清美共同研究員、谷明日香氏、九州大学基幹教育院自然科学理論系部門の岸本裕歩准教授である。最後に、本研究を遂行するにあたり、ご支援を賜りました上原記念生命科学財団に深く御礼申し上げます。

文　献

1) Xue QL, Bandeen-Roche K, Varadhan R, Zhou J, F. Initial manifestations of frailty criteria and the development of frailty phenotype in the Women's Health and Aging Study II. J Gerontol A Biol Sci Med Sci. 2008 Sep;63(9):984-90. doi: 10.1093/gerona/63.9.984. PMID: 18840805.

2) Yoshimura Y, Wakabayashi H, Yamada M, Kim H, Harada A, Arai H. Interventions for Treating Sarcopenia: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Studies. J Am Med Dir Assoc. 2017 Jun 1;18(6):553.e1-553.e16. doi: 10.1016/j.jamda.2017.03.019. PMID: 28549707.

3) Tanaka T, Takahashi K, Hirano H, Kikutani T, Watanabe Y, Ohara Y, Furuya H, Tetsuo T, Akishita M, Iijima K. Oral Frailty as a Risk Factor for Physical Frailty and Mortality in Community-Dwelling Elderly. J Gerontol A Biol Sci Med Sci. 2018 Nov 10;73(12):1661-1667. doi: 10.1093/gerona/glx225. PMID: 29161342.

4) Myers Thomas W.: Anatomy Trains, Scond edition, Churchill Livingstone Elsevier, 2009.