

平成 30 年 6 月 8 日現在

機関番号：16101

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2016～2017

課題番号：16K12723

研究課題名(和文) 食事エネルギー密度とARを用いた2型糖尿病患者への遠隔栄養指導創出に関する研究

研究課題名(英文) The effect of nutritional guidance by teleconference system for patients with type 2 diabetes using dietary energy density and AR

研究代表者

松久 宗英 (MATSUHISA, Munehide)

徳島大学・先端酵素学研究所(糖尿病)・教授

研究者番号：60362737

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,700,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の目的は、ICTを活用した遠隔個別栄養指導が肥満2型糖尿病患者の代謝状態及び食行動に与える有効性を検証し、さらに食事エネルギー密度の概念を活用した栄養指導の意義を明確にすることである。また遠隔個別栄養指導は、現実世界に情報を付加する拡張現実(Augmented Reality: AR)により、遠隔でフード模型の実物サイズを知覚可能にすることで実現し、対面式個別栄養指導との非劣性を検証する。合計3回の栄養指導の結果、各群ともに食行動変容に関する意識調査では、介入後に有意な改善を認めた。一方、介入後の遠隔群の体重やHbA1cの変化は対面群と同等の推移を示した。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study is to develop effective nutritional guidance using teleconference system on blood glucose control and dietary behavior in patients with type 2 diabetes. In addition, this research is to evaluate the beneficial effect of nutritional guidance utilizing the augmented reality (AR) technology and the concept of dietary energy density. Since the AR failed to realize the size of variable food, we decided to use real food model with high energy density in this study. Fifteen patients enrolled into this study were randomly divided into two groups according to the method of nutritional guidance, such as face-to-face communication group and teleconference group. Before and after three time's nutritional guidance, body weight, HbA1c, and consciousness survey on eating behavior were evaluated in each group. Eating behavior significantly improved after nutritional guidance, and similar trend of changes in body weight and HbA1c were observed in the both groups.

研究分野：糖尿病学

キーワード：遠隔医療 エネルギー密度 2型糖尿病

1. 研究開始当初の背景

近年、食材重量 1g あたりのエネルギー量(kcal)として算出される、「エネルギー密度(kcal/g)」が低い食事は、肥満やメタボリックシンドローム予防のための食事療法として注目されている。エネルギー密度が低い食事は、低エネルギー量でも強い満腹感・満足度が得られるため、食事の摂取量を抑えることが期待される (Zhou B, et al. J Acad Nutr Diet. 2013)。我々も、日本人 2 型糖尿病患者において、食事エネルギー密度は Body Mass Index (BMI) や内臓脂肪面積と正相関することを認めている (図 1)。しかし、これまでに食事エネルギー密度が、日本人の肥満 2 型糖尿病患者の体重管理や血糖コントロールに与える影響について検証した先行研究はない。

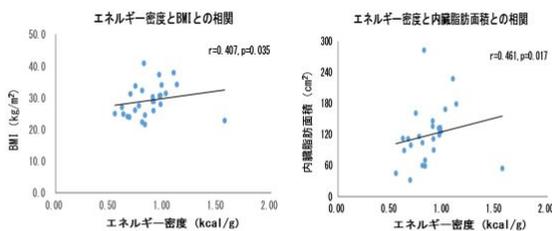


図 1. エネルギー密度の増加が 2 型糖尿病の肥満度と関連
 $\text{エネルギー密度 (kcal/g)} = \text{エネルギー (kcal)} \div \text{食材重量}$

糖尿病患者の自己管理能力を高めるためには、治療目標の明確化と病状の重症度の理解による気づき、動機づけとともに、継続性と有効性が高い栄養指導による生活習慣改善のための支援が重要となる。しかし、かかりつけ医において、糖尿病患者が管理栄養士による栄養指導が可能な医療機関は少ない状況にある。そのため、管理栄養士が不在の医療機関において栄養指導ができる体制を整備し、糖尿病の重症化予防を図る必要がある。

情報通信技術 (Information Communication Technology : ICT) の進歩に伴い、地域医療連携ネットワークでの診療情報の共有や遠隔医療が

可能になりつつある。このような基盤は、医師を中心とした連携のみならず、管理栄養士や看護師など多職種での情報共有を可能ならしめる。特に、栄養指導など療養指導の遠隔実施において、患者の臨床検査、身体所見、生活習慣などをその現状から改善まで経時的に確認しながら実施でき、管理栄養士や看護師が不在の医療機関においても従来の療養指導と同等の効果が期待できる。実際、平成 30 年度の診療報酬の改訂から、医師、看護師、管理栄養士の 3 者による遠隔糖尿病腎症重症化予防指導に保険診療の道が開けた。しかし、実臨床における遠隔栄養指導の有用性が検証されたシステムや指導方法は開発途上にあり、その課題の検証を含め、ICT 型地域医療連携ネットワークにおける、遠隔栄養指導の具体的モデルの創出が期待される。

2. 研究の目的

本研究の目的は、ICT を活用した遠隔個別栄養指導が 2 型糖尿病患者の代謝状態及び食行動に与える有効性を検証し、さらに食事エネルギー密度の概念を活用した栄養指導の意義を明確にすることである。遠隔個別栄養指導は、普及しているテレプレゼンスシステムに加え、現実世界に情報を付加する拡張現実 (Augmented Reality : AR) により、遠隔でフードモデルの实物サイズを知覚可能にすることで実現し、対面式個別栄養指導との非劣性を検証する。また、食事エネルギー密度が低値である食事を明示する方法として、宅配食を実食型フードモデルとして利用する。研究開発された遠隔個別栄養指導を管理栄養士不在の医療機関に展開することで、遠隔医療の発展と新たな糖尿病食事療法の創出が期待される。

3. 研究の方法

【テレビカンファレンスシステムを経由した遠隔個別栄養指導環境の開発】

遠隔栄養指導において利用するテレビカンファレンスシステムには、遠隔地にいながら対面と同等のコミュニケーションを、負担なく実現する必要がある。一般に流通しているクラウドベースのテレカンファレンスソフトを、デスクトップ PC とスピーカフォンを用いて評価した結果、以下の要件が必要と考えられた。

- (1) 音質が明瞭であり、対面での会話と比較して聞き取りに負担がかからない
- (2) 発言に際し、マイクを意識する必要がなく、日常会話と同じ声量で音声を拾える
- (3) 映像と音声にタイムラグがなく、現在表示されている映像と音声の内容が一致している
- (4) 管理栄養士、患者の姿を映像で写すだけでなく、指導のための各種資料や記入済みの問診票なども写せること。

これらを踏まえ、通常の PC では用いるのではなく、通信帯域に応じた画質の自動調整機能、高音質マイクを有するタッチパネルディスプレイ、カメラ、スピーカフォンの一体型の専用端末を用いて環境を構築した。また、専用端末ではカメラを可動型とし、ディスプレイ手前の机上を撮影できる機構を採用した。構築された遠隔栄養指導環境を用いて介入研究を実施することとした。

【AR を用いたフードモデル開発】

まず、光学透過型ヘッドマウントディスプレイ (HMD) 用いて、米飯(茶碗)を単純化した 3DCG のサイズ、深さ、遠近感について評価を行った。その結果、既存の光学透過型ヘッドマウントディスプレイは視野角が狭く、自身から 30cm 程度の距離感でフードモデルを投影しての運用は困難であることがわかった。栄養指導の状況を鑑みると、複数個のフードモデル投影や、フードモデルとタッチパネルディスプレイの両方を視界に収めることが想定されるが、これが困難である。また、視

野に収めるため距離感を大きく取ると、サイズの実感が困難になる。さらに光学透過型 HMD を装着しながらディスプレイを見るのはかなりの負担であった。実寸台のサイズを考慮した AR の運用は困難であり、多様な食材や食品への対応がかなり限定されてしまうことを踏まえ、介入研究では AR の導入は見送った。代替方法として、管理栄養士が机上に置いた分割プレート (ヘルシープレート®) を用いたフードモデルが、患者側のタッチパネルディスプレイに実寸台で表示されるよう、専用端末のカメラと机上の距離を固定した環境を構築した。また、患者の認識のずれを検証するため、冷凍食の実食モデルフードを作成し宅配することとした。

【対象者】

20 歳から 80 歳未満の HbA1c (NGSP) の値が 6.5% 以上の 2 型糖尿病患者を対象とした。なお、過去 1 年間に個別栄養指導を受けていない者とした。

【群分け】

研究参加の同意を得られた被験者を以下の 2 群に無作為に分けた。

対面群 (7 名): 食品交換表を利用した対面式個別栄養指導を受ける群

遠隔群 (8 名): エネルギー密度の概念を導入し CISCO テレプレゼンスシステムを経由した遠隔個別栄養指導を受ける群

【個別栄養指導プログラム】

対面群と遠隔群に実施する栄養指導プログラムは 3 か月間 (90 日間) の介入期間を設定し、月 1 回の個別栄養指導を実施する。栄養指導方法は、日本栄養士会、全国病院栄養士協議会が作成した糖尿病栄養指導マニュアルに沿って行う。

【冷凍宅配食の摂取方法】

遠隔個別群は 1 日 3 食 (朝食、昼食、夕食)

のいずれか 1 食を提供する冷凍宅配食に置き換えて摂取する。なお摂取期間は、介入開始後 1 ヶ月間である。本研究で提供した冷凍宅食について下記に示す。

- ・副食 1 食当たりのエネルギー量を約 250kcal、エネルギー密度が 1.0kcal/g 以下に設定された冷凍宅配食。

- ・株式会社さわが開発したデンシレット食を合計 30 食分無料で提供する。

【アセスメント項目】

栄養指導プログラム実施前後の食事改善の継続効果を検証するため、個別栄養指導終了 6 か月間（180 日間）後の身体計測や血圧、栄養素等摂取量、食行動調査、尿・血液検査の変化をアセスメントする。

- (1) 身体計測：身長、体重、BMI、身体組成（体脂肪量、除脂肪量、体脂肪率）
- (2) 血圧：外来受診時の収縮期血圧、拡張期血圧
- (3) 食行動調査：日記式の患者満足度調査、糖尿病食事関連 QOL 尺度調査、食行動変容調査を行う。
- (4) 血液・尿検査：HbA1c、中性脂肪、HDL-コレステロール、クレアチニン、AST、ALT、尿アルブミン排泄量、eGFR
- (5) 食事記録を用いた秤量法により、日常的な食事内容（エネルギーや各栄養素摂取量）を調査する。

【研究プロトコル】

本研究の介入プロトコルを図 2 に示した。

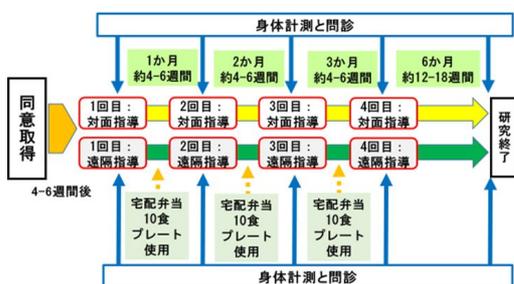


図 2. 遠隔と対面栄養指導の介入
-研究プロトコル-

4. 研究成果

【平成 27 年度：臨床介入研究の基盤整備】

本計画では AR を用いたフードモデルの作成を試みたが、3 次元のフードモデルとは異なる、2 次元投影での開発に留まった。実寸サイズのフードモデルと同様の比較検証が困難と考え、本計画では AR のフードモデルを使用した検証は実施できなかった。

【平成 28 年度：臨床介入研究の実施】

指導介入期間前の各群の臨床的背景を表 1 に示した。年齢や BMI、HbA1c、高血圧症合併率に両群間で有意な差を認めなかった。

表 1. 介入前の臨床的背景

	遠隔指導群 (n=8)	対面指導群 (n=7)
年齢 (歳)	62.0 ± 10.4	65.0 ± 10.6
性別 (%、男性)	50.0	42.9
BMI (kg/m ²)	26.4 ± 4.3	27.0 ± 3.4
HbA1c (%)	8.7 ± 2.1	7.3 ± 0.6
高血圧症あり (%)	50.0	71.4

指導介入前・中・後の HbA1c の推移を図 3 に示した。遠隔栄養指導群の HbA1c は、指導前から 4 回目指導後にかけて有意に低下する傾向（傾向検定：p<0.05）をみとめた。また、対面群の HbA1c は指導前と比べ 3 回目指導後には有意に低下していた（指導前 vs 3 回目指導後：p<0.05）。また、4 回目指導後の HbA1c は両群間で有意な違いを認めなかった。

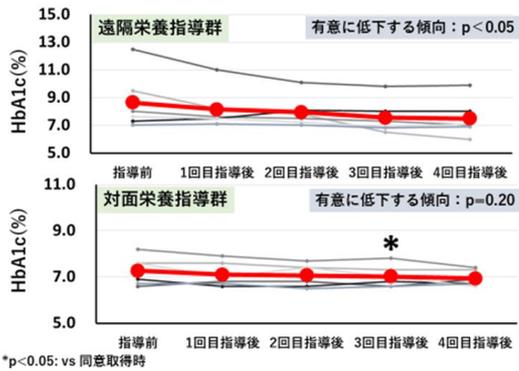


図3. HbA1c: 介入前・中・後の推移

指導介入前・中・後の食行動変容得点の推移を図4に示した。遠隔指導群・対面指導群ともに指導前と比べ、3回目・4回目指導後の行動変容が有意に改善していた(遠隔・対面指導群: 指導前 vs 3回目、4回目指導後: $p < 0.05$)。また、4回目指導後の行動変容得点は両群間で有意な差を認めなかった。

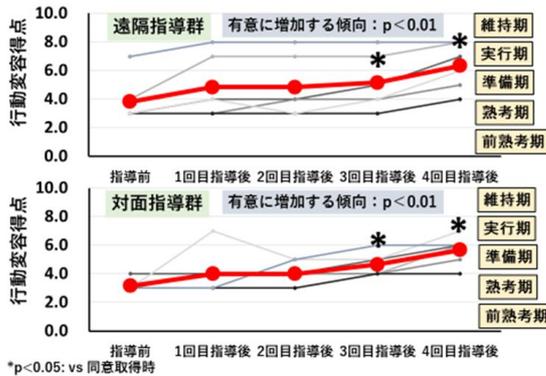


図4. 行動変容: 介入前・中・後の推移

両群の体重・血圧・腎機能の介入期間前後の推移を表2に示した。遠隔指導群では指導前と比べ、体重と体脂肪率が2回目指導後で有意に低下し(体重・体脂肪の指導前 vs 2回目指導後: $p < 0.05$)。さらに収縮期・拡張期血圧が4回目指導後で有意に低下していた(収縮期・拡張期血圧の指導前 vs 4回目指導後: $p < 0.05$)。対面指導群では指導前と比べ、収縮期・拡張期血圧が3回目、4回目指導後共に有意に低下していた(収縮期・拡張期血圧の指導前 vs 3回目、4回目指導後: $p < 0.05$)。また、

4回目指導後の体重、体脂肪率、収縮期・拡張期血圧は両群間で有意な差を認めなかった。

表2. 体重・血圧・腎機能: 介入期間前後の推移

遠隔指導群	指導前	1回目指導後	2回目指導後	3回目指導後	4回目指導後
体重	65.6 ± 12.1	64.7 ± 12.7	64.2 ± 13.0*	64.4 ± 12.6	64.4 ± 12.4
体脂肪率	32.0 ± 8.1	30.1 ± 9.1	28.7 ± 9.2*	29.1 ± 9.0	31.2 ± 10.4
収縮期血圧	143 ± 17	143 ± 16	135 ± 11	135 ± 12	127 ± 13*
拡張期血圧	91 ± 5	91 ± 6	83 ± 6	84 ± 7	80 ± 2*, †
eGFR	73.3 ± 18.1	75.7 ± 23.5	69.2 ± 23.6	69.5 ± 22.7	71.5 ± 21.6

対面指導群	指導前	1回目指導後	2回目指導後	3回目指導後	4回目指導後
体重	62.7 ± 7.5	62.5 ± 7.8	62.0 ± 8.0	62.7 ± 8.6	62.4 ± 8.4
体脂肪率	34.0 ± 7.3	34.5 ± 7.7	31.1 ± 10.5	33.7 ± 8.0	34.7 ± 9.0
収縮期血圧	144 ± 14	135 ± 17	129 ± 4	126 ± 4*	126 ± 5*, †
拡張期血圧	86 ± 8	82 ± 4	79 ± 6	76 ± 5*	76 ± 4*, †
eGFR	81.6 ± 29.2	76.8 ± 26.9	77.8 ± 25.2	78.2 ± 23.3	78.6 ± 27.4

* $p < 0.05$: vs 同意取得時, † $p < 0.05$: 傾向検定

両群の介入期間前後の栄養素摂取量の推移を図5に示した。両群ともに指導前と比べ、4回目指導後の食塩摂取量と炭水化物摂取量が有意に低下していた(遠隔・対面指導群の食塩摂取量、炭水化物摂取量ともに指導前 vs 4回目指導後: $p < 0.05$)。また、4回目指導後の食塩摂取量や炭水化物摂取量は両群間で有意な差を認めなかった。

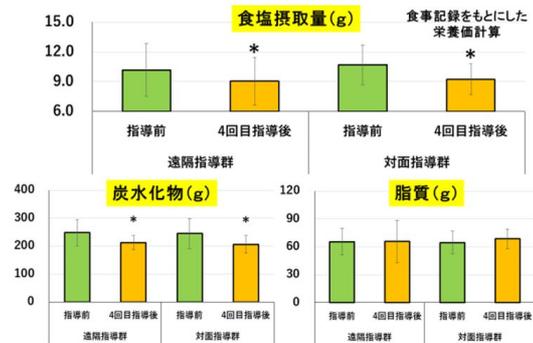


図5. 栄養摂取量: 介入期間前後の推移

【考察】

従来通りの対面栄養指導と比べ、遠隔栄養指導の介入によって、HbA1cは有意に低下する傾向を認め、体重や体脂肪率が有意に低下していた。また、両群ともに収縮期・拡張期血圧と食塩摂取量、炭水化物摂取量は有意に低下し、食事の行動変容得点は有意に改善しており、指導介入終了後に両群間で有意な差を認めなかった。本研究より、ICTによる遠隔栄養指導の介入は、従来通りの対面栄

養指導と同等の指導効果が得られ、遠隔栄養指導の非劣性が確認された。本研究によって、テレブレゼンスシステムによる ICT を活用した遠隔個別栄養指導を導入することで、管理栄養士が不在の医療施設や、専門病院から遠く離れたへき地の医療施設等でも、効率的に栄養指導を実施できる可能性が示された。これまでに各都道府県では日本栄養士会が栄養サポート体制を構築し、管理栄養士をかかりつけ医に派遣する体制を構築している。しかしながら、派遣業務での栄養指導は、保険診療の中で費用対効果が悪く、事業として展開できていないことが危惧されている。遠隔医療のひとつとして遠隔栄養指導を導入し、それを保険診療化することで、我が国の糖尿病療養指導に貢献できるものである。

AR を用いたフードモデルについては、臨床での評価が可能な実用性を有する AR 環境が構築できなかった。光学透過型 HMD は、非透過型 HMD に比べ視野角が小さく、AR により 3DCG を投影できる領域が限定される。そのため、HMD の扱いにある程度習熟する必要があると考えられる。また、非透過型 HMD に近い視野角の透過型 HMD 製品も発表されており、今後のデバイスの進歩により実用性が確保できるものと考えられる。ただし、3DCG モデルについては、食材や食品の多様であることに加え、同一品でも複数の分量サイズに対応する必要があるなど、かなりのモデル数になる。そのため、手動でのモデリングではなく、実物を 3D スキャンするなど、機械的にモデリングする方法が必要と考えられる。

本研究ではエネルギー密度を低く設定した実食型の宅配弁当を介入方法のひとつとして導入した。患者が容易に入手できる糖尿病宅配食を、実食型フードモデルとして栄養指導に効果的に組み込むことで、日常生活においても低エネルギー密度に

設定された食事を取り入れ易くなり、栄養指導の効果向上が期待できると考えられる。2 型糖尿病患者を対象とした実食型の宅配弁当の普及に関して、各地域の特性やこれまでの取り組みを反映した製品を投入することで、さらなる継続的なサービス展開及び生活習慣病全般への発展が見込めるであろう。また、本研究で使用したエネルギー密度の概念の基づいた糖尿病宅配食は、肥満 2 型糖尿病患者の QOL 向上や、糖尿病の予防につながる栄養バランスの取れた食事・食品として「厚生労働省の定める『食事療法用宅配食品等栄養指針』に準拠して設計・開発される糖尿病者用食」に該当している。その市場規模は 2010 年度に 45 億円を占めており、今後も糖尿病患者の高齢化等により、需要は増大すると考えられ、実食型フードモデルを新たな栄養指導方法として提案できる。

【結論】

ICT を活用した遠隔栄養指導は、従来通りの対面栄養指導と比べ、2 型糖尿病患者の血圧や食事摂取量、食行動の改善に関して同等の介入効果が得られた。従って、本研究より遠隔栄養指導の非劣性効果が確認された。今後は遠隔医療のひとつとして遠隔栄養指導を導入し、それを保険診療化することで、我が国の糖尿病療養指導に貢献できるものと考えられる。

5 . 主な発表論文等

6 . 研究組織

(1) 研究代表者

松久宗英 (MATSUHI SA, Munehide)

徳島大学・先端酵素学研究所・教授

研究者番号 : 60362737