

令和 2 年 6 月 26 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2019

課題番号：16K09163

研究課題名(和文) 糖尿病患者自己管理支援システムの画像処理技術による食事評価と栄養指導の実践

研究課題名(英文) Practice of Dietary Evaluation and Nutritional Guidance Using Image Processing Technology for Diabetic Patient Self-Management Support System

研究代表者

林 亜紀 (Hayashi, Aki)

東京大学・医学部附属病院・特任研究員

研究者番号：00381632

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：食品のカテゴリの栄養素を評価するのではなく、食事全体の健康度を評価するシステムを考案した。新しく考案したシステムを使って食事画像から作成した健康度ランキングは、管理栄養士によるランキングとほぼ一致した。

食物繊維(DF)摂取量はカリウム(K)摂取量と正の相関関係にあり、Kの大半は尿中に排泄される。そこで尿中ナトリウムカリウム(Na/K)比に着目し、尿中Na/K比がDF摂取量の指標としての有用性を評価した。尿中Na/K比はDF摂取量と有意な負の相関を示し、食塩摂取量とは相関関係を認めなかったことから、尿中Na/K比はDF摂取量の指標として有用である可能性が示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

多くの糖尿病患者による糖尿病患者自己管理支援システムDialBetics(ダイアルベティックス)の長期的な利用継続のための最大の課題は、食事内容登録である。現状の選択登録(利用者が個々のメニューをリストから選択する)は利用者の負担が大きい。今回、食事全体の健康度を総合的に評価するシステムを開発した。今後は実用化に向けて、食事評価の精度の向上・効率化を行う予定である。

尿中ナトリウム/カリウム(Na/K)比は食物繊維摂取量の指標として有用である可能性が示唆された。今後はサンプル数を増やし、食物繊維摂取量と食塩摂取量について様々なパターンの食事摂取時の尿中Na/K比についても検討予定である。

研究成果の概要(英文)：We devised a system that assesses the overall health of the diet, rather than assessing nutrients in the food category. The health rankings created from meal images using the newly devised system almost matched the rankings of registered dietitians. Intake of dietary fiber (DF) is positively correlated with intake of potassium (K), and most of K is excreted in urine. Therefore, we focused on the urinary sodium potassium (Na/K) ratio and evaluated the usefulness of the urinary Na/K ratio as an index of DF intake. Since the urinary Na/K ratio showed a significant negative correlation with DF intake and no correlation with salt intake, urinary Na/K ratio may be useful as an index of DF intake.

研究分野：内科学

キーワード：糖尿病 生活習慣 ICT 自己管理支援 食事画像 健康度推定

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

本邦において糖尿病が疑われる人は2050万人に達し、その4割は十分な治療を受けておらず(平成24年国民健康栄養調査)健康寿命の延伸および医療費の抑制のためにも糖尿病患者の治療体制整備と医療資源の効果的利用が課題である。我々は2型糖尿病患者を対象としたICT自己管理支援システム(DialBetics)を開発しランダム化比較試験によってシステム使用群($7.1\pm 1.0\% \rightarrow 6.7\pm 0.7$, $p=0.015$)では非使用群($7.0\pm 0.9\% \rightarrow 7.1\pm 1.1$, $p=NS$)に比較してHbA1cが有意に改善することを報告した¹⁾。本システムは血糖値、血圧、体重、活動量および生活習慣を包括的に管理するシステムである。

本システムは我が国ではランダム化比較試験によって効果が証明された最初の糖尿病患者自己管理支援ICTシステムである。しかし、高齢者を含めた多くの糖尿病患者による長期的な利用継続のためには、課題も残されている。最大の課題は、現状の選択登録(利用者が個々のメニューをリストから選択する)による食事内容の登録は利用者の負担が大きいことである。

近年のスマートフォン等通信デバイスの普及に伴い、食事の画像を健康管理に利用するサービスが各種提供され、減量を目的とした臨床試験にも利用されている²⁾。申請者らが実施したDialBeticsでの食事画像から食事内容を管理栄養士が分析した栄養評価は、秤量法と同程度に正確であった³⁾。一方で、管理栄養士による解析は時間と費用がかかり、運用面での課題がある。完全に食事摂取量の評価が自動化されたアプリもリリースされているが、推定精度が低く実用化しにくい⁴⁾。画像処理技術と機械学習の導入による食事評価の精度の向上・効率化とそれに伴う利便性の向上と療養指導の効果増進が期待される。

2. 研究の目的

本研究の最終的な目標は糖尿病予備群・2型糖尿病患者を対象にDialBeticsを用いて質の高い遠隔生活指導を実現して糖尿病の重症化を予防し、健康寿命の延伸を実現することである。申請者らの開発したシステムを用いたランダム化比較試験では、システム使用群では継続的な生体情報の測定と食事内容の改善(食物繊維とたんぱく質の摂取量の有意な増加)が認められ、HbA1cが有意に改善した。また、DialBetics使用中後もその効果が継続することが明らかになっている。

(1) 一方で、多くの糖尿病患者による長期的な利用継続のための最大の課題は、現状の選択登録(利用者が個々のメニューをリストから選択する)による食事内容の登録は利用者の負担が大きいことである。また、本システムの食事評価は、これまでは患者から送られてきた食事画像と食事登録内容を管理栄養士が1つ1つ確認して栄養成分分析をしており、患者に対して随時フィードバックすることが困難であった。これらを解決するために、画像処理技術と機械学習の導入により食事評価法の大幅な改修を行う。

(2) 糖尿病の食事療法では、食物繊維摂取量増加が血糖コントロール改善につながると考えられている。私達は、DialBeticsを用いた臨床研究より、尿中ナトリウム/カリウム(Na/K)比が食物繊維摂取量の指標として有用である可能性を示した⁵⁾⁶⁾。本研究では、システムに登録した食事画像記録だけでなく、摂取したすべての食事を記録し、尿中Na/K比の食物繊維摂取量の指標としての有用性を評価する。

3. 研究の方法

(1) DialBeticsの利便性を考慮し、食事アドバイスの充実を図った。食物繊維の摂取量を画像から自動評価し、さらに健康度をより正確に評価するために、食物繊維判定技術の確立を図った。食物繊維の真値が明らかな料理画像200件と既に撮影した食事画像21食分を用いて、画素単位

でラベル付けを行い、食品のカテゴリごとにディープラーニングによる学習を行った。

その後、さらなる食事評価機能の自動化に向け、管理栄養士が健康度を順位付けした食事画像を用いて、健康度を機械学習させたのち、健康度を推定するシステムを考案した。まず、栄養価がランク付けされた食事画像を見て、管理栄養士が食事画像だけから食事の健康度判定が出来るかどうか検証した。次に、糖尿病患者の食事画像 850 枚を 2 名の管理栄養士がランク付けし、健康度ランキングデータを作成した。その後、850 枚のうち 765 枚で健康度を予測するためのネットワークをトレーニングし、残りの 85 枚でその新しいシステムの評価を行った。

(2) 管理栄養士 1 名、健常女性 1 名を対象に、12 週間、食事調査と 1 日 1 回尿中尿中 Na/K 比測定を行った。食事調査は秤量法を基本とし、摂取したすべての食品を軽量、記録し、全ての料理を画像記録した。尿中 Na/K 比と栄養素等摂取量は、それぞれ 7 日間の平均値を 1 セットとして算出し、Spearman の順位相関係数を用いた。食物繊維摂取量を日本人の食事摂取基準の目標量である 18g 以上と 18g 未満に分け、Mann-Whitney U 検定を行った。

4. 研究成果

(1) 食品のカテゴリごとにディープラーニングによる学習を行った結果、食事画像から食物繊維摂取量の多少を自動判定できる可能性が示唆された。

一方で、食品のカテゴリを認識し、そのカテゴリの栄養価をより正確に表示するためには、従来と変わらず、食事画像登録に加えて、システムユーザが食品の量を入力する必要がある。そのため、この方法だけでは、食事画像から食物繊維摂取量の評価が自動的に出来るようになるが、システムの利用継続につなげるのは難しいと考えた。

そこで、食品のカテゴリの栄養素を評価するのではなく、食事全体の総合的な健康度を評価するシステムを考案した。まず、管理栄養士が画像から判定したランキングと栄養測定値に基づくランキングは相関があることが確認された。次に、管理栄養士によってランク付けした画像セットから、健康度ランキングデータを作成した。それを使用して、健康度を予測するためのネットワークを訓練した結果、新しい方法で作成したランキングは、管理栄養士によるランキングとほぼ一致した。今後は、食事画像から健康度を予測し、食事指導が必要な患者の抽出などへの応用を目指す。(論文投稿中)

(2) 尿中 Na/K 比は食物繊維摂取量と有意な負の相関を示した(図 1)。食物繊維の平均摂取量が 18g/日以上以上のセット(食物繊維 $19.4\text{g} \pm 1.3\text{g}$)の尿中 Na/K 比は 2.3 ± 0.4 と、18g 未満のセット(食物繊維 $16.8 \pm 1.3\text{g}$, 尿中 Na/K 比 2.9 ± 0.5)よりも低い傾向を示した(図 2. $p=0.067$)。

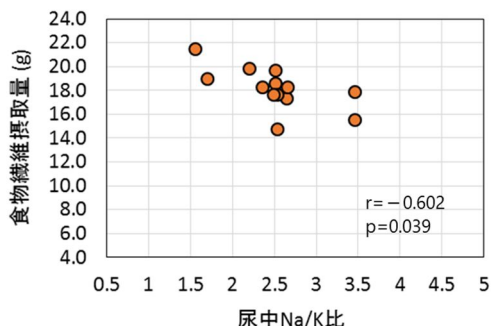


図1. 尿中Na/K比と食物繊維摂取量

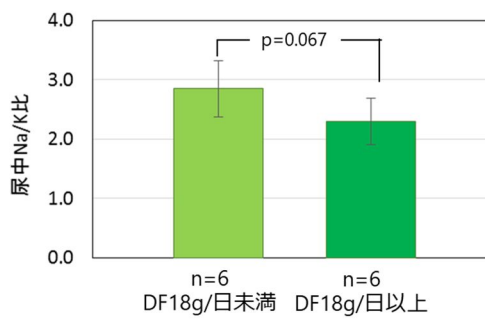


図2. 食物繊維摂取量と尿中Na/K比

食物繊維摂取量が多いほど尿中 Na/K 比が低値を示したことから、尿中 Na/K 比は食物繊維摂取量の指標として有用である可能性が示唆された。今後はサンプル数を増やし、食物繊維摂取量

と食塩摂取量が少ない食事や、食物繊維摂取量と食塩摂取量が多い食事などの尿中 Na/K 比についても検討が必要である。

参考文献

- 1) J Diabetes Sci Technol. 2014, 13;8(2):209-215
- 2) Br J Nutr. 2013; 109: 539-46
- 3) Diabetol Int. 2015 Oct 14;7(3):244-251
- 4) 料理画像認識を用いたモバイル食事記録システム．電子情報通信学会．2012
- 5) 糖尿病患者における食物繊維摂取量の指標としての尿中ナトリウム/カリウム比の有効性、第 59 回日本糖尿病学会年次学術集会
- 6) 2 型糖尿病患者における尿中ナトリウム/カリウム比と塩分摂取量の相関に関する検討、第 59 回日本糖尿病学会年次学術集会

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計4件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 Kyoko Sudo, Kazuhiko Murasaki, Tetsuya Kinebuchi, Shigeko Kimura, Kayo Waki, Kazuhiko Ohe
2. 発表標題 Intuitively estimating the healthiness of meals from their images: image-based meal rating system to encourage self-management of diabetes.
3. 学会等名 CEA@IJCAI 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 木村滋子、脇嘉代、児玉和代、山口聡子、藤生克仁、富澤修子、永友利津子、澁田朋未、高野暁乃、中島亮、豊岡継泰、門脇孝、大江和彦
2. 発表標題 食物繊維摂取量の指標としての尿中ナトリウムカリウム比の有用性～秤量法による検討
3. 学会等名 第61回日本糖尿病学会年次学術集会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 村崎和彦、数藤恭子、杵淵哲也、脇嘉代、木村滋子、児玉和代、大江和彦、門脇孝
2. 発表標題 食事管理支援高度化のための画像による健康度自動認識システムの開発
3. 学会等名 第60回日本糖尿病学会年次学術集会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 池田響、数藤恭子、木村滋子、脇嘉代
2. 発表標題 食事画像を用いたカーボカウントシステム 1型糖尿病患者のための糖質推定
3. 学会等名 電子情報通信学会画像工学研究会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担者	木村 滋子 (Kimura Shigeko) (50382437)	東京大学・医学部附属病院・特任研究員 (12601)	
研究 分担者	脇 嘉代 (Waki Kayo) (70505891)	東京大学・医学部附属病院・准教授 (12601)	