



公的に利用可能なウェアラブルデータベースを用いた生理学・栄養学的指標の血糖変動への影響の検討

P-174

○宮腰 崇^{1) 2)}、伊藤 陽一^{1) 3)}

北海道大学 大学院医学研究院 社会医学分野 ヘルスデータサイエンス教室¹⁾、
北海道大学病院 医療・ヘルスサイエンス研究開発機構 臨床研究開発センター²⁾、
北海道大学病院 医療・ヘルスサイエンス研究開発機構 データサイエンスセンター³⁾

背景・目的

公的データベースであるPhysioNetから取得したウェアラブルデバイスを使用した臨床研究のデータを用いて実施した。食事、運動、ストレス等、血糖値に影響を与える多くの要因が報告されているが、血糖とこれらの要因の関連性について、リアルワールドにおける評価は定まっていない。従来から広く使用されてきた相関係数や重回帰分析等のシンプルな解析手法を用いて、公的データベースであるPhysioNetからダウンロードしたウェアラブルデバイス (Dexcom G6 CGM、Empatica) を使用した臨床研究のデータを用いて血糖と各生理学的指標及び栄養学的指標 (栄養価) との関連について検討した。

▼図1



方法 解析対象

- 使用したデータベース: Choらデータベース「BIG IDEAs Lab Glycemic Variability and Wearable Device Data (version 1.1.1)」 (PhysioNetからダウンロード)
- 臨床研究の主要な適格性基準: 35~65歳の男女 (女性: 閉経後)、正常高値及び境界域糖尿病の範囲
⇒ 組み入れられた被験者 HbA1c測定値: 5.3~6.4%の患者16例 (男性: 7例、女性: 9例)
- ウェアラブルデバイスでの計測方法、収集されたデータの項目:
Dexcom G6: 5分ごとの間質性グルコース濃度 (血中グルコース)
Empatica E4: 皮膚電気活動 (EDA)、皮膚温度 (TEMP)、心拍数 (HR)、3軸加速度計の加速度 (ACC)、血液量脈拍 (BVP) 及び拍動間隔 (IBI)
⇒ これらのウェアラブルデバイスを同時に使用して8~10日間モニター
- 食事調査からの栄養価の項目:
カロリー (Calorie)、総炭水化物 (Carbon)、食物繊維 (Dietary fiber)、糖質 (Sugar)、タンパク質 (Protein)、総脂肪 (Fat)

方法 解析方法

- ダウンロードしたデータベースで、加速度 (ACC) については、3軸のデータを平均的な動きの指標を計算式を用いて計算 (de Looft et al, 2019)。本研究のデータセットとして、測定間隔が一番広い間隔 (5分間隔) である血中グルコースに合わせて、Empaticaを用いて収集した各生理学的指標も5分間隔でデータを抽出。各栄養価のパラメータは、各時点の値を合算。
- 上記でデータ加工して作成したデータベースにて、以下の3解析を実施。
 - ① 血中グルコースと各生理学的指標の相関
 - ② 血中グルコースの上昇傾き・下降傾きと各生理学的指標及び栄養価の重回帰分析
 - ③ 血中グルコースの上昇傾き・下降傾きと解析②で用いた指標における中央値より高い・中央値以下のグループについての一元配置分散分析

方法 解析方法 詳細

解析方法 (解析①~③) の詳細を以下に示す。

① 血中グルコースと各生理学的指標の相関

- 各生理学的指標の血中グルコースへの影響を確認するため、相関係数を算出し検討
各指標の同一被験者内の5分間隔の計3時点 (計10分間) の平均値及びSDを算出
⇒ それらの相関係数を算出

- 各生理学的指標が、血中グルコースへ与える影響について、血中グルコースのデータを収集した時点よりも以前・以降の生理学的な指標への影響を検討
以前のラグデータ8時点: -120分、-105分、-90分、-75分、-60分、-45分、-30分、-15分
以降のラグデータ8時点: 15分、30分、45分、60分、75分、90分、105分、120分

ラグデータを作成した意図:

- 血中グルコースのデータと生理学的指標との経時的な関係性検討すること

② 血中グルコースの上昇傾き・下降傾きと各生理学的指標及び栄養価の重回帰分析

- 食後の血中グルコースと、生理学的指標、栄養価との関係性について検討するため、重回帰分析 (変数減少法: 有意水準 P = 0.20) を実施。

変数

- 食後血中グルコースのピークまでの上昇傾き (血中グルコースの上昇傾き)
 - 食後血中グルコースのピーク以降から最下降時点までの下降傾き (血中グルコースの下降傾き)
- $$b = \frac{\sum(x-\bar{x})(y-\bar{y})}{\sum(x-\bar{x})^2} \times \text{時間(分)}, y: \text{グルコース(mg/dL)}$$

説明変数

- 栄養価 Carbon, Protein, Calorie, Sugar, Dietary fiber, Fat
- 図2の評価時点の同一被験者内の生理学的指標の平均値・SD
ACC, HR, TEMP, EDA, BVP, IBI

③ 血中グルコースの上昇傾き・下降傾きと各生理学的指標及び栄養価の中央値より高い・低いグループについての一元配置分散分析

- 重回帰分析の補足的解析として、各指標の中央値より高い・以下のグループとの関係性を一元配置分散分析を実施し比較 (比較対照: 中央値以下のグループ)

評価時点: 図2

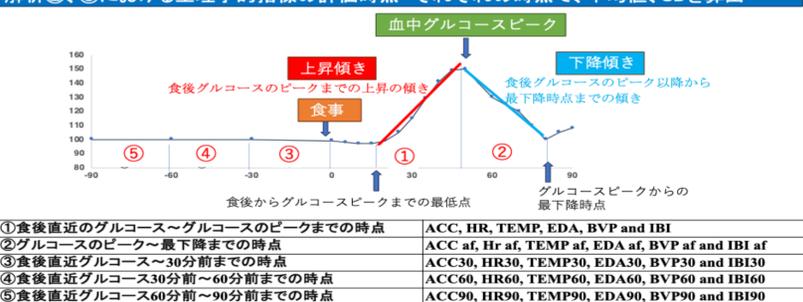
目的変数 血中グルコースの上昇、下降傾き

説明変数 重回帰分析で関連があった指標に注目

- 各指標別に、中央値より高いグループを1、中央値以下のグループ0とし、グループの組み合わせをパターン化。
- 図2の評価時点の生理学的指標の平均値 (ACC, HR, TEMP, EDA)
- 栄養価の計算結果 (Carbon, Protein, Calorie, Sugar, Dietary fiber)
- ※ 欠測が含まれる組み合わせや極端に少ない組み合わせは解析集団に含めなかった
- すべての解析は、JMP Pro 16.10、SAS 9.4 (SAS Institute, Cary, NC)、Microsoft Excel for Mac version 16 (Microsoft) を用いて実施した。

▼図2 解析②、解析③の評価時点

解析②、③における生理学的指標の評価時点 それぞれの時点で、平均値、SDを算出



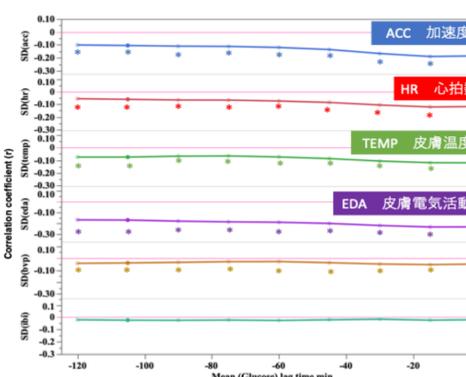
結果

解析結果 (解析①~③) の要約を以下に示す。詳細な結果は、QRコードより投稿論文をダウンロード可能。

Miyakoshi T, Ito YM, Association of Blood Glucose Data With Physiological and Nutritional Data From Dietary Surveys and Wearable Devices: Database Analysis, JMIR Diabetes 2024;9:e62831



① 血中グルコースと各生理学的指標の相関



血中グルコースの平均値 生理学的指標のSD との相関係数の推移

相関の推移が認められた指標

- ACC (加速度) 負の相関で推移ラグデータの-15分値の相関係数 (R = -0.190) がピーク
- HR (心拍数) 負の相関で推移ラグデータの-15分値の相関係数 (R = -0.121) がピーク
- TEMP (皮膚温度) 負の相関で推移0分値の相関係数 (R = -0.121) がピーク
- EDA (皮膚電気活動) 負の相関で推移、ラグデータの-15分値の相関係数 (R = -0.237) がピーク

② 血中グルコースの上昇傾き・下降傾きと各生理学的指標及び栄養価の重回帰分析

	血中グルコースの上昇傾き	血中グルコースの下降傾き
血中グルコースの傾きと生理学的指標の平均値及び栄養価との重回帰分析結果	TEMP (t値 2.52, P値 0.0120) 栄養価 Calorie (t値 -3.98, P値 <0.0001) Carbon (t値 6.53, P値 <0.0001) Dietary fiber (t値 -2.51, P値 0.0126) Protein (t値 3.82, P値 0.0002)	生理学的指標 ACC (t値 2.67, P値 0.0080) HR_af (t値 3.86, P値 0.0001) HR_90 (t値 2.27, P値 0.0240) 栄養価 Sugar (t値 -3.72, P値 <0.0002)
血中グルコースの傾きと生理学的指標の標準偏差との重回帰分析結果	生理学的指標 ACC (t値 -2.06, P値 0.0402) HR_30 (t値 -2.12, P値 <0.0348) EDA_90 (t値 1.97, P値 0.0493)	-

血中グルコースの上昇傾き・下降傾きと関連性があった指標

- 生理学的指標: TEMP 皮膚温度、ACC 加速度、HR 心拍数、EDA 皮膚電気活動
- 栄養価: Calorie カロリー、Carbon 炭水化物、Dietary fiber 食物繊維、Protein タンパク質、Sugar 糖質

③ 血中グルコースの上昇傾き・下降傾きと各生理学的指標及び栄養価の中央値より高い・低いグループについての一元配置分散分析

グルコースの上昇傾き			
TEMP:ACC:HR:EDA	数	平均	大小
TEMP:ACC:HR:EDA 0000	37	0.803	比較対照
TEMP:ACC:HR:EDA 0001	25	0.920	やや大きい
TEMP:ACC:HR:EDA 0010	31	0.940	やや大きい
TEMP:ACC:HR:EDA 0011	19	0.946	やや大きい
TEMP:ACC:HR:EDA 0111	41	0.971	やや大きい
TEMP:ACC:HR:EDA 1001	40	0.916	やや大きい
TEMP:ACC:HR:EDA 1010	15	0.975	やや大きい
TEMP:ACC:HR:EDA 1100	24	0.969	やや大きい
TEMP:ACC:HR:EDA 1111	41	0.922	やや大きい
TEMP:ACC:HR:EDA 0101	14	1.110	大きい
TEMP:ACC:HR:EDA 1000	35	1.140	大きい
TEMP:ACC:HR:EDA 1011	27	1.048	大きい
TEMP:ACC:HR:EDA 1101	24	1.303	大きい

生理学的指標

- 血中グルコースの傾きと正の関連性があった指標
TEMP 皮膚温度、EDA 皮膚電気活動
- 負の関連性があった指標
HR 心拍数、ACC 加速度

栄養価

- 正の関連性 Carbon 炭水化物、Sugar 糖質、Calorie カロリー
- 負の関連性 Dietary fiber 食物繊維

考察 血糖と関連性のある指標として、生理学的指標としては、皮膚温度、身体活動、心拍数及び皮膚電気活動であり、栄養学的指標としては、炭水化物、食物繊維及び糖質であった。これらの結果は、既報とも一致していた。

本研究で使用したデータベース (BIG IDEAs Lab Blood Glycemic Variability and Wearable Device Data) は、2つの先行研究で使用されている (Bentet al, 2021)。これらの研究は、機械学習を用いた血糖関連指標の予測モデルを確立するために実施され、解析方法としてランダムフォレスト回帰モデルを用いていた。この解析は、特定の臨床的な文脈で解釈することが困難な場合がある。これに対して、本研究では相関解析や重回帰分析などのシンプルな解析方法を使用して、血糖値と各生理学的・栄養学的指標との関係を調査した。解析方法の違いにもかかわらず、本研究の血糖値と関連指標の結果は以前の研究の結果と一致しており、本研究の結果を補強している。さらに、ランダムフォレストモデルと比較して、これらのシンプルな分析により、血糖値と各生理学的・栄養学的指標の関係についてより詳細が明らかになった。

データシェアリングによりウェアラブルデバイスのデータのオープンデータセット化が進み、容易にデータアクセスができ、そのデータを利用した様々な角度からの統計学的解析のアプローチが可能となっており、既存データを利用した研究が今後活発化することが考えられる。