

咀嚼による血糖値の調節効果は朝と夜で異なることを発見

～肥満や2型糖尿病の予防と改善を目的とした食事指導への応用に期待～

ポイント

- ・食後の血糖値調節に対する咀嚼の効果は朝と夜で異なることを発見。
- ・朝食時の咀嚼運動の強化は血糖調節ホルモンであるインスリンの初期分泌を促進することを発見。
- ・肥満や2型糖尿病といった食習慣を原因とする疾患の予防を目的とした栄養食事指導への応用に期待。

概要

北海道大学大学院教育学研究院の山仲勇二郎准教授と札幌国際大学スポーツ指導学科の大塚吉則教授らの研究グループは、健常成人男性を対象に、異なる咀嚼回数（1口あたり10回あるいは40回）で食事をした際に食後の血糖値及び血糖値の調節を担う膵ホルモン・インスリンの分泌が朝と夜で異なるかを比較しました。その結果、食後の血糖値は、朝に40回咀嚼を行った条件で最も低くなり、食後30分のインスリン分泌量の上昇に関与することを発見しました。現在までに、よく噛むことが、満腹感が早期に得られ食事量が抑えられること、食欲に関わるホルモン分泌に影響すること、食後のエネルギー消費量を増加させることで肥満の予防につながることを科学的に実証されてきました。今回の研究では咀嚼運動の強化（よく噛むこと）による血糖値の調節作用が1日の中で異なることを初めて明らかにしました。従来の肥満や糖尿病を予防・改善するための栄養食事指導は、特定の栄養素を1日の中で栄養を摂取する量を調節することに重点が置かれていますが、本研究では1日の中で「よく噛んで食事をする」時間帯を変えることによる栄養食事指導法を提言する際の科学的根拠を提供するものです。

本研究の結果は、「よく噛んで食事をする」という日本の一般家庭でも古くから実践されてきた食習慣に新たな科学的知見を提供するものであり、肥満や2型糖尿病といった疾患の予防・改善を目的とした栄養食事指導への応用が期待されます。

なお、本研究成果は、2019年11月23日（土）公開の The Tohoku Journal of Experimental Medicine 誌に掲載されました。

【背景】

食事により血糖値が上昇すると血糖調整ホルモンであるインスリンの分泌が促進され、健康な人では食事により上昇した血糖値は食後 2-3 時間で食事前の数値にまで低下します。「よく噛んで食べる」ことはわが国において、家庭内でも簡単に実行できる健康法として知られています。よく噛むこと、つまり咀嚼には、摂食調節に関わる様々な健康効果があることが科学的に明らかになってきています。咀嚼運動の強化は、摂食量、食欲のコントロール、食後のエネルギー代謝量の増加、糖代謝能に影響することが報告されています。また、インスリンによる血糖値の調節作用には 1 日の中で異なり、朝に比べ夜間にはインスリンによる血糖値の低下作用が低下することが報告されています。しかし、咀嚼運動による糖代謝能の改善に時刻による違いがあるかについては不明でした。

そこで、本研究では、咀嚼運動が食後の血糖値及びインスリン濃度に与える影響を朝と夜で比較する実験を行い、咀嚼運動が糖代謝能に与える影響に概日リズムが存在するか否かを検証しました。

【研究手法】

本研究では、健康な成人男性 9 名を対象に実験を行いました。

まず、被験者には、実験参加に先立ち規則正しい生活（23-0 時就寝、7-8 時起床）を 1-2 週間送るよう指示しました。その後、以下の 3 つの実験を実施しました。

実験 1：75g グルコース溶液を用いた経口糖負荷試験^{*1}

実験 2：試験食(白米 200g)を 1 口当たり 10 回咀嚼する試験

実験 3：試験食(白米 200g)を 1 口当たり 40 回咀嚼する試験

各試験は、1 週間の間隔をおいて実施し、咀嚼回数の違いを調べる実験 2 及び 3 は、ランダムに実験順序を決定しました。経口糖負荷試験、試験食の摂取実験は、1 日 2 回（朝 8 時と夜 20 時）行いました。

実験前日、被験者には夜 21 時までに実験者側が用意した夕食をとり、夕食摂取後は水以外の摂取を控えるよう指示しました。実験当日に、被験者は朝 8 時に北海道大学大学院教育学研究院内の実験室に来室し、上腕静脈に採血のための留置カテーテルを挿入し、糖負荷前の採血を行った後、75g グルコース溶液あるいは試験食を摂取させ、摂取後 30 分間隔で 120 分まで採血を行いました。朝の試験終了時に、実験者側で用意した軽食を摂取させた後、夜の試験開始まで水以外の摂取は控え、安静に過ごすよう指示しました。被験者は、夜 20 時に再び実験室に来室し、朝の試験と同様の手順で実験を行いました。

本研究では、血糖値、血漿インスリン濃度、血漿アミラーゼ活性、血漿 GLP1 濃度を測定し、咀嚼回数の違いが時刻により異なるかを比較しました。また、血糖値とインスリン値の上昇曲線下面積 (incremental area under the curve: iAUC)^{*2}、試験食摂取後 30 分の血中インスリン増加量を血糖値の増加量で除した値を食後のインスリン追加分泌の初期分泌能の指標である Insulinogenic Index^{*3} も実験条件間で比較しました。

【研究成果】

75g 経口糖負荷試験を行った際の血糖値は、過去に報告されているように、朝(8 時)と夜(20 時)では異なり、血糖値は 75g グルコース溶液を摂取した 60 分後以降は夜の試験では朝の試験に比較して高い値、血漿インスリン濃度は朝の 30 分後の値が夜の試験時に比べて有意に増加していました。

白米を 1 口あたり 10 回咀嚼する条件と 40 回咀嚼する条件で試験食を朝と夜に摂取させた 4 条件(朝 10 回、朝 40 回、夜 10 回、夜 40 回)間で血糖値と血漿インスリン濃度を比較したところ、朝に 40 回咀嚼した条件では他の 3 条件に比べ食後 60 分、90 分及び食後の総血糖値(図 1A, 1B)は有意に低い値と

なり、食後 30 分の血漿インスリン濃度が他の条件に比べて増加していました (図 1C)。Insulinogenic Index においても朝 40 回咀嚼した条件では他の 3 条件に比べ有意に高い値を示していました(図 1D)。今回の研究では、高炭水化物摂取後の糖代謝能は朝方の咀嚼運動の強化によって、インスリンの初期分泌能が上昇することで食後の血糖値を速やかに低下させると結論づけました。

【今後への期待】

肥満者や 2 型糖尿病患者(糖尿病予備軍含)では、インスリンの初期分泌が低下、遅延することが知られています。今回の研究で明らかとなった朝食時の咀嚼運動の強化は、食後の糖代謝能を改善させ、肥満や 2 型糖尿病の発症・症状の改善を目的とした栄養食事指導法への応用が期待されます。

【謝辞】

本研究は、北海道大学大学院教育学研究院生活健康学研究室で行われたものであり、北海道大学教育学部学生の佐藤有沙 (現 旭川医科大学学生)、札幌国際大学スポーツ指導学科の大塚吉則教授との共同研究の成果です。また、文部科学省科学研究費補助金、秋山生命科学振興財団、日立北大ラボの支援のもとで行われました。

論文情報

論文名	Morning Mastication Enhances Postprandial Glucose Metabolism in Healthy Young Subjects (朝の咀嚼運動は高炭水化食摂取後のインスリン初期分泌を促進する)
著者名	佐藤有沙 ^{1,2} , 大塚吉則 ³ , 山仲勇二郎 ^{4,5} (1北海道大学教育学部, 2旭川医科大学医学部, 3札幌国際大学スポーツ指導学科, 4北海道大学大学院教育学研究院生活健康学研究室, 5北海道大学脳科学研究教育センター)
雑誌名	The Tohoku Journal of Experimental Medicine (英文総合医学雑誌)
DOI	10.1620/tjem.249.193.
公表日	2019年11月23日(土)(オンライン公開)

お問い合わせ先

北海道大学大学院教育学研究院 准教授 山仲勇二郎 (やまなかゆうじろう)

T E L 011-706-3077 F A X 011-706-3077 メール y-yu2ro@edu.hokudai.ac.jp

U R L <https://yamanaka-lab.wixsite.com/chronobiology>

札幌国際大学スポーツ指導学科 教授 大塚吉則 (おおつかよしのり)

T E L 011-881-8844 F A X 011-881-8060 メール yoshinori-otsuka@ts.siu.ac.jp

配信元

北海道大学総務企画部広報課 (〒060-0808 札幌市北区北 8 条西 5 丁目)

T E L 011-706-2610 F A X 011-706-2092 メール kouhou@jimu.hokudai.ac.jp

【参考図】

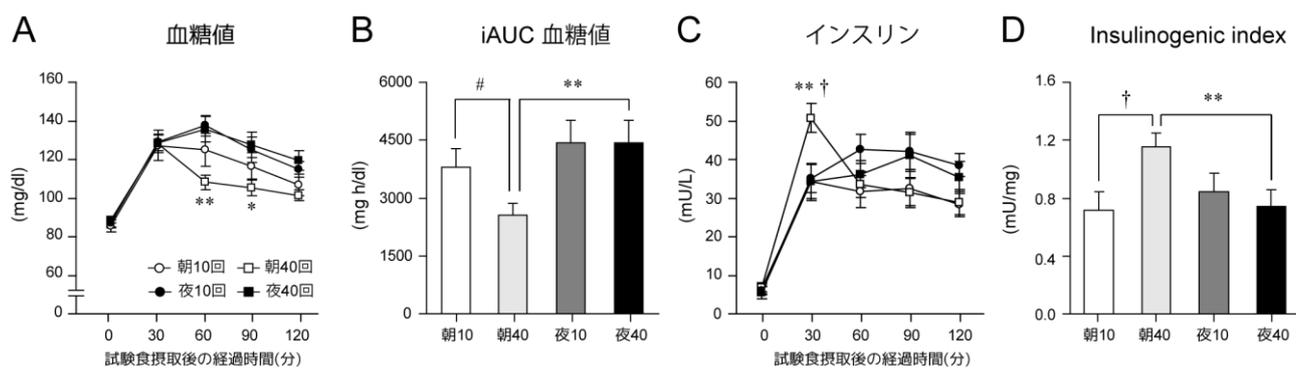


図 1. 咀嚼回数の違いが朝と夜の血糖値，インスリン分泌量に与える影響。

試験食摂取後 2 時間までの血糖値 (A) は，朝 40 回咀嚼条件では，速やかに低下し，総血糖値量 (B) においても他の条件に比べて低い値がみられた。試験摂取後のインスリン分泌量 (C) は，食後 30 分において朝 40 回咀嚼条件で他の条件に比べて高い値がみられ，Insulinogenic Index(D)においても他の条件に比べて高い値がみられた** $p < 0.01$ 朝 40 回 vs.夜 40 回，# $p = 0.06$ 朝 10 回 vs.朝 40 回，† $p < 0.05$ 朝 40 回 vs.朝 10 回は，統計学的有意差を示している。

【用語解説】

- *1 経口糖負荷試験 … 血糖値を正常に保つ働きの有無を調べることに用いられる検査法。
- *2 上昇曲線下面積 (iAUC) … 糖負荷後の時間経過にともなう血糖値やインスリンの増加量の面積であり，血糖値やインスリンの上昇を比較する指標として用いられる。
- *3 Insulinogenic Index … 糖負荷後 30 分の血中インスリン増加量を血糖値の増加量で除した値。食後のインスリン追加分泌の初期分泌能の指標となる。この初期分泌が不良な患者は糖尿病に進展しやすいといわれている。