

## 午後の学習姿勢改善のための昼食の提案 —低侵襲的グルコース値測定機器を用いて—

Lunch suggestion for improving learning attitude in the afternoon  
—Using a minimally invasive glucose measuring device—

尾形奈津季\*      正木恭介\*  
Natsuki OGATA    Kyosuke MASAKI

[Objectives] The reason why students cannot concentrate on classes due to sleepiness in the lecture after lunch may be the content of lunch that is likely to raise blood sugar. Prior to this study, we investigated the actual state of dozing of university students and found that many students dozed in the 3rd class of the day, which was the first class after the lunch. Therefore, this study aimed to clarify the difference in the glucose levels in the class of students who frequently doze and students who hardly fall asleep during classes.

[Methods] Nineteen female college students were asked to wear “FreeStyle Libre” (ABBOTT JAPAN), which can measure glucose level minimally invasively and conveniently for two weeks to record dozing and meal contents during wearing. High glycemic index (GI) rise-based meals and low GI pasta-based meals were designated twice each for lunches of four days when the glucose levels were observed.

[Results] Area under the curve (AUC, unit: mg\*min/dL) of the glucose levels was compared. When the students were classified based on the self-declaration of dozing frequency, the AUC of the glucose levels at the 3rd class of the day was  $3678 \pm 1635$  mg\*min/dL when having a rise-based meal and  $2242 \pm 1553$  mg\*min/dL when having a pasta-based meal in “students who fell asleep”, and  $2918 \pm 1042$  mg\*min/dL when having a rise-based meal and  $2242 \pm 1553$  mg\*min/dL when having a pasta-based meal in “students who did not fall asleep”. No significant difference in the AUC was observed between the students groups ( $P$  value=0.203). However, when the “students who fell asleep” were defined as students who fell asleep at a rate of 30% or more of the class and the “students who did not fall asleep” were defined as students who fell asleep at a rate of 30% or less based on the self-declaration of the dozing frequency, the analysis showed that the AUC of the glucose levels at the 3rd class of the day was  $3831 \pm 1378$  mg\*min/dL when having a rise-based meal and  $2872 \pm 1469$  mg\*min/dL when having a pasta-based meal in “students who fell asleep”, and  $2834 \pm 944$  mg\*min/dL when having a rise-based meal and  $2072 \pm 1522$  mg\*min/dL when having a pasta-based meal in “students who did not fall asleep”. These values were significantly high in the “students who fell asleep” compared to the “students who did not fall asleep” ( $P < 0.05$ ).

[Conclusion] There was a relationship between the dozing frequency of the student and the fluctuation of the glucose level during a class, and it was suggested that having lunch with lower GI than pasta is effective in improving the afternoon learning attitude.

**Keywords:** Doze, Glucose, Glycemic Index, Free Style Libre  
居眠り, グルコース値, Glycemic Index, Free Style リブレ

### I 緒言

食後高血糖は糖尿病の発症や循環器疾患発症のリスクファクターであることが報告されており、国際糖尿病連合 (IDF/2007) でも食後血糖値の管理に関してその重要性が強調されている<sup>1)</sup>。しかし、血糖値の経時的な観察には通常複数回の採血を伴い、より安全で負担の少ない方法が求められている。

「FreeStyle リブレ (ABBOTT JAPAN CO., LTD.)」は、上腕にセンサーを装着することで14日間1分ごとに間質液中のグルコース値の記録が可能となった製品である。米国で開発されたこの製品は、2014年に欧州で、2016年に米国で販売が開始された。間質液中のグルコース値 (以下、グルコース値) は血糖値の信頼できる指標であり<sup>2)</sup>、この製品では14日間にわたり正確かつ安定で一貫したグ

\*宮城学院女子大学大学院健康栄養学研究科

ルコース値測定ができることが臨床的に確認されている<sup>3)</sup>。わが国でも2016年5月に販売が認可され、さらに2017年9月からはインスリン使用患者への保険適用も開始されている。読み取り専用の機器を二の腕のセンサーにかざして約1秒で、現在のグルコース値を読み取ることが可能であり、グルコース値の日内パターンや変動パターンも記録されている。採血を必要とせず、低侵襲かつその簡便さから、糖尿病患者の新たな血糖管理ツールとして期待が寄せられている。

食品の食後血糖上昇の程度を表す指標として、1981年に Jenkins らにより Glycemic Index (GI) が提唱され<sup>4)</sup>、GI の活用は血糖コントロールにも有用であるとされている。この指標を用いて、健常者を対象とした食後血糖値に関する研究はこれまでも多く実施されているが、血糖値の測定には採血を必要とすることから日常生活とは異なる環境下で測定されている場合がほとんどである。

前述のように、食後高血糖は慢性疾患の背景となるため、その管理の重要性が指摘されているが、一方、糖類の摂取過剰を起因とする食後の反応性低血糖も解決しなければならぬ健康課題である。低血糖状態では、衰弱、あるいは疲労感を訴えるとされている<sup>5)</sup>。昼食後の授業で強い眠気に襲われ、授業に集中することが困難な学生が多いと指摘されている<sup>6)</sup>。これには、昼食の内容、とりわけ、血糖上昇が高まりやすい食事内容が背景となり、食後の反応性低血糖が引き起こされている可能性が考えられる。しかし、朝食摂取の有無が学習姿勢や記憶能力に影響する<sup>7)</sup>などの報告はあるものの、昼食摂取後のそれらに関する研究は少なく、生体指標の観察から考察しているものはない。中学生においては、授業中に居眠りをしていないグループは、居眠りをしていたグループよりも学業成績が良好である<sup>9)</sup>との報告もあり、午後の授業における居眠りの一因が、昼食内容であることが分かれば、学生の学習姿勢

の改善の一助となることが期待できる。

## II 居眠りをする学生の実態調査

### 1. 目的

午前の授業に比べて、午後の授業で居眠りをしている学生が多いかどうかを把握する。また、午後の授業開始前に摂取した昼食内容と、その授業における居眠りの有無の関連性を調査する。

### 2. 方法

#### 1) 対象者

宮城学院女子大学食品栄養学科に所属する1年生、2年生を対象とした。

#### 2) 調査時期

2018年6月15日から2018年6月25日の期間に実施した。

#### 3) 調査方法

調査対象授業(表1)終了後にアンケート調査を実施した。調査は各クラス2回(午前の授業1回、午後の授業1回)とし、授業内容の調査結果への影響を考慮して、学年ごと担当教員は同じになるよう設定した。また、実験や実習など身体を動かしたり話をしたりするような形態ではなく、講義形式の授業に限定した。授業開始前に研究の目的を説明し、アンケート用紙を配布した。

#### 4) 調査項目

アンケート項目は、その授業において「居眠りをした」「居眠りをしていない」の二択と、日常的に授業で居眠りをする頻度について「1日2回以上」「1日1回程度」「週に2,3回程度」「まったくしない」の選択肢を設けた。居眠りの頻度は、授業への興味関心が低い学生や、居眠りをすることに対して仕方ないと思っている学生ほど高い<sup>10)</sup>との報告があることから、「居眠りを仕方ないと思うかどうか」についても調査した。

調査が午前の授業の場合は、当日朝に摂取した「朝食内

表1 調査対象授業と実施年月日

	月曜日	火曜日	水曜日	木曜日	金曜日
1校時 (8:50 ~10:20)	<b>2018/6/25</b> 食品化学 (1B: 54名)				
	<b>2018/6/18</b> 公衆栄養学 (2A: 52名)				
2校時 (10:30 ~12:00)		<b>2018/6/19</b> 生化学 (1A: 51名)			
		<b>2018/6/19</b> 給食経営管理論 (2B: 49名)			
3校時 (13:00 ~14:30)	<b>2018/6/11</b> 生化学 (1B: 60名)		<b>2018/6/17</b> 公衆栄養学 (2B: 53名)		<b>2018/6/15</b> 給食経営管理論 (2A: 50名)
	<b>2018/6/25</b> 食品化学 (1A: 53名)				

表2 午前と午後の居眠りの状況

	午前	午後	P値 <sup>†</sup>
居眠り有り	69	127	0.000
居眠りなし	137	89	

† $\chi^2$ 検定, n=422

表3 居眠りの有無別にみた睡眠時間

	平均睡眠時間(分)	P値 <sup>†</sup>
午前 居眠り有り	341±88	0.021
午前 居眠りなし	371±94	
午後 居眠り有り	361±88	0.009
午後 居眠りなし	404±98	

†t検定, n=422

容」, 午後の授業の場合は当日の「朝食内容」と「昼食内容」について, 主食の種類と, 飲料の種類を調査した。また, 午後の授業におけるアンケート用紙の裏面には, 食後の反応性低血糖症が引き起こされていないかどうかを調査するために, 『低血糖症に関する問診表』を設けた。この合計点数が15点以上である場合に, 低血糖症の可能性が高いと判定した。

なお, 居眠りについては「机や椅子にもたれてうとうとするなど, 眠るつもりはないのについ眠ってしまったこと」と定義して用いることとした。

#### 5) 統計処理

午前と午後の授業別でみた居眠りの有無, 学年別でみた居眠りの有無は $\chi^2$ 検定を, クラス別, 講義科目別にみた居眠りの有無は $m \times n$ 分割表での検定を行った。平均睡眠時間と居眠りの有無についてはt検定を行った。居眠りの有無別にみた低血糖問診表の結果については, 問診表の回答に未記入の不備があった学生を解析対象から除き,  $\chi^2$ 検定を行った。居眠りの有無別にみた昼食の摂取内容については, 昼食に主食を摂取していない学生を解析対象から除いた。また, 主食を2種類摂取していた場合には2種類のGIの平均値を使用し,  $\chi^2$ 検定を行った。

### 3. 結果

#### 1) 授業中の居眠りの実態

表2に, 居眠りの状況について示した。午前の講義に出席していた206名のうち, 〈居眠り有り〉の学生は69名, 〈居眠りなし〉の学生が137名であった。同様に午後の講義では216名のうち, 〈居眠りあり〉が127名, 〈居眠りなし〉が89名であった。〈居眠り有り〉の人数は, 午前の講義に比べて午後の講義で有意に多かった。

#### 2) 睡眠時間と居眠りの関係

表3に, 居眠りの有無別にみた平均睡眠時間を示した。午前の講義, 午後の講義のいずれも〈居眠り有り〉の学生は〈居眠りなし〉の学生に比べて有意に睡眠時間が長かった。

#### 3) 居眠りの有無別にみた低血糖症の実態

表4に, 居眠りの有無別にみた低血糖症に関する問診

表4 居眠りの有無別にみた低血糖問診表の点数

	15点以上	15点未満	P値 <sup>†</sup>
居眠り有り	24	101	0.422
居眠りなし	13	74	

† $\chi^2$ 検定, n=212

表5 居眠りの有無別にみた昼食の摂取状況

	GI70以上	GI70未満	P値 <sup>†</sup>
居眠り有り	96	15	0.045
居眠りなし	57	19	

† $\chi^2$ 検定, n=187

表の結果を示した。午後の講義において〈居眠り有り〉の学生のうち, 低血糖症の可能性が高いと判定された学生は24名, 低血糖症でないと判定された学生は101名であった。〈居眠りなし〉の学生では, 低血糖症の可能性が高い学生が13名, 低血糖症でない学生が74名であった。これらに有意な差はみられなかった。

#### 4) 居眠りの有無別にみた昼食における主食の摂取状況

表5に, 居眠りの有無別にみた昼食の摂取状況を, 主食のGIで分けて示した。分類に用いた主食のGI値は表6に示した。〈居眠り有り〉の学生のうち, 96名がGI70以上の主食を摂取し, 15名がGI70未満の主食を摂取していた。〈居眠りなし〉の学生では, 57名がGI70以上の主食を, 19名がGI70未満の主食を摂取していた。昼食にGIの高い主食を摂取している学生のほうが, 午後の授業において居眠りをする頻度が有意に高かった。

### III 授業中の居眠りと授業中の間質液中のグルコース値

#### 1. 目的

授業中頻繁に居眠りをする学生と, 居眠りをしない学生では, 授業中のグルコース値の変化に違いがあるかどうかを調査する。居眠りをする学生に, 反応性低血糖がみられるかどうか調査する。

#### 2. 方法

##### 1) 対象者

実態調査で得たアンケート結果をもとに対象者を選抜した。普段の授業で居眠りをする頻度が「1日2回以上」「1日1回程度」と回答した, 居眠り頻度が多いと自覚する学生(以下「居眠りをする学生」と記す)11名(1Aクラス5名, 1Bクラス6名)と, 「週に2,3回程度」「まったくしない」と回答した, 居眠り頻度が少ないと自覚する学生(以下, 「居眠りをしない学生」と記す)9名(1Aクラス2名, 1Bクラス7名)を対象とした。全員が食品栄養学科の1年生であり, 18歳もしくは19歳だった。「居眠りをする学生」は, 実家暮らし8名, 一人暮らし3名であり, 「居眠りをしない学生」は, 実家暮らし4名, 一人暮らし5名であった。

なお, 調査開始直後に「居眠りをしない学生」1名が,

表 6 GI 値一覧

食品	参考 (シドニー大学GIデータベースより)	GI値
白米	Japonica, short-grain white rice	76
白パン	White bread, wheat flour	75
うどん	Udon noodles, instant, with sauce and fried bean curd (Nishin Shokuhin, Japan)	48
そば	Soba noodles, instant, reheated in hot water, served with soup	46
スパゲッティ	Spaghetti, white, boiled	42
グラノーラ	Granola Clusters breakfast cereal, Original, low fat, President's Choice® Blue Menu™	63
全粒粉パン	Wholemeal (whole wheat) bread	74
玄米	Japonica, short-grain brown rice	62
ラーメン	Instant noodles, all flavors (Woolworths Limited, Australia)	52

表 7 調査期間中の対象者時間割

	月曜日	火曜日	水曜日	木曜日	金曜日	
A ク ラ ス	1校時	基礎栄養学	食品学実験Ⅱ	栄養教育論 <sup>†</sup> 基礎実習	英語Ⅱ	
	2校時	食品衛生学 <sup>†</sup>				
	3校時	解剖生理学 <sup>†</sup>	調理学実習Ⅱ	食品化学Ⅱ <sup>†</sup>		
	4校時	教養講義A			栄養情報 処理実習	
	5校時					
	月曜日	火曜日	水曜日	木曜日	金曜日	
B ク ラ ス	1校時	食品衛生学	栄養情報 処理実習	栄養教育論 <sup>†</sup> 基礎実習	社会福祉論	英語Ⅱ
	2校時	食品学実験Ⅱ		解剖生理学Ⅰ <sup>†</sup>	調理学実習Ⅱ	食品化学Ⅱ <sup>†</sup>
	3校時					教育制度論 <sup>†</sup>
	4校時	教養講義A	基礎栄養学		教職概論	
	5校時				栄養基礎化学	

<sup>†</sup>グルコース値比較対象授業

FreeStyle リブレセンサー装着部位の痒みにより研究を辞退した。「居眠りをする学生」2名は、装着時の器具の不調により1週遅れて調査した。

2) 調査時期

2018年10月19日から、2018年11月1日の期間に実施した。

※「居眠りをする学生」2名は2018/10/26から2018/11/7に実施した。

3) 調査方法

調査開始日に対象者を集め、対象者自身で『FreeStyle リブレ』のセンサーを上腕に装着した。このセンサーは、最長8時間にわたってグルコース値を収集できるが、調査期間中の全てのデータを得るためには別の機器(リーダー)で1日数回の読み取りをする必要があった。リーダーとその充電器も学生に配布した。また、生活調査票も配布した。

調査期間中、観察対象日を4日間設定し、その日の昼食は試験食として主食の内容を指定した。試験食以外の食事は全て自由とした。観察対象日の設定条件は、対象者の起床時刻のばらつきが少ない(1校時開始授業がある)こと、且つ(3校時の授業が座学の講義)で、居眠りの有無を調査するにあたって適切である曜日とし、Aクラスは月曜日と木曜日、Bクラスは水曜日と金曜日とした(表7)。

4) 試験食

4回ある試験食のうち、2回を低GI食、2回を高GI食として、摂取する主食を指示した。低GI食は、食事の総炭水化物量のうち50%以上が低GI食品(グルコース値基準としてGIが55以下)から摂取していること<sup>11)</sup>と定義し、同様に高GI食は、食事の総炭水化物量のうち50%以上が高GI食品から摂取していることとした。低GI食では、主食をパスタに指定し、学内カフェメニューを利用するよう指示した。高GI食では主食をめしに指定し、学

内食堂のライス S を指示した。

5) 調査項目

『FreeStyle リブレ』を用いて、調査期間中のグルコース値を調査した。読み取ったデータは全てグラフ化された状態（PDF）で表示され、各ポイントの数値は読み取ることができなかった。したがって、Acrobat Reader DC（Adobe Systems）の「ものさし機能」を用いて、グラフ上にある各ポイントと0との間の距離を測り、グルコース値を求めた。

生活調査票では、実態調査で居眠りの有無に影響を及ぼすことが明らかとなった睡眠時間を調査するために、起床時刻、就寝時刻の記入欄を設けた。対象者の時間割は調査前に把握できていたが、授業形態は変更も予想されることから、対象者が受けた授業全ての授業形態（講義/実験実習/テスト/欠席休校）を調査した。また、その全てにおいて居眠りがあったかどうかを調査した。グルコース値の変化に影響を与える食事（間食を含む）内容と食事時刻についても調査した。

6) 統計処理

実施したすべての試験食において、指定した日に指定した試験食を摂取できていたかを確認し、試験食を誤っていた場合のグルコース値のデータは解析対象から除外した。

観察対象日の居眠りの有無については、対象者は19名、観察回数を4回としたため、2校時と3校時のいずれも計76人回を解析対象とした。同様に、「居眠りをする学生」11名の居眠り状況については計44人回、「居眠りをしない学生」については計32人回とした。これら居眠り人数についての解析は $\chi^2$ 検定で行った。平均睡眠時間の算出は、はじめに各対象者の試験食実施日4日間の平均睡眠時間を代表値として算出し、これを用いて群別に平均値を求め、 $t$ 検定を行った。

経過時間ごとのグルコース値の算出は、対象者は同じ試験食を2回実施しているため、この2回の平均値を算出し対象者の代表値とした。これをもとに群ごとに平均値を算出した。最大値と最小値は、各対象者の試験食実施日2回のうち最も大きい値、最も小さい値を代表値とした。AUC（時間曲線下面積）は、昼食摂取直前に示した最小

グルコース値を空腹時グルコース値として、その日の2校時と3校時の授業開始時刻に当てはめて算出した。AUCがマイナスを示した場合も、その値を用いた。最大値と最小値、AUCについての統計解析は二元配置分散分析を行った。

授業開始時刻を空腹時グルコース値と仮定し、授業中の最大グルコース値に到達するまでの傾きを上昇速度、授業中の最大グルコース値から最小グルコース値に到達するまでの傾きを下降速度として算出した。各対象者の傾きは、同じ試験食を実施した2回の平均値を代表値として扱い、二元配置分散分析により解析した。

装着期間中、5時間以上の絶食後に摂取した食事以降のグルコース値を参考に、「反応性低血糖を示した学生」と、「反応性低血糖を示さなかった学生」に分類した。5時間以上絶食したときの〈食前グルコース値〉よりも、それ以降の〈食後グルコース値〉が下回る状態を反応性低血糖とした。居眠り状況は観察対象日4日間のデータを用いて $\chi^2$ 検定で解析した。なお、食事によるグルコース値の変化が極端に小さく平坦であった学生1名は、無反応性低血糖の疑いがあるとして統計解析からは除外した。

統計解析には、エクセル統計第4版 Statcel4（オーエムエス出版）を使用した。

7) 倫理的配慮

本試験の研究対象候補者には、研究内容および方法について十分に説明を行った。その上で趣旨に賛同し、書面にて同意した者を研究対象者とした。

3. 結果

1) 居眠り頻度の自覚別にみた居眠りの実態と睡眠時間

昼食に試験食を実施した4日間の〈2校時〉〈3校時〉〈2,3校時の合計（全体）〉の居眠り人数について表8に示した。2校時の授業においては、「居眠りをする学生」と「居眠りをしない学生」で居眠り状況に差はみられなかった。3校時の授業においては、「居眠りをする学生」のうち居眠り有り33名、居眠りなし11名だったのに対し、「居眠りをしない学生」では居眠り有り16名、居眠りなし16名で、「居眠りをする学生」のほうが「居眠りをしない学

表8 居眠り頻度の自覚別にみた実際の居眠りの有無

	居眠りをする学生	居眠りをしない学生	P値 <sup>†</sup>
2校時			
居眠り有り	8	4	0.502
居眠りなし	36	28	
3校時			
居眠り有り	33	16	0.024
居眠りなし	11	16	
全体			
居眠り有り	41	20	0.056
居眠りなし	47	44	

<sup>†</sup> $\chi^2$ 検定

対象者は19名（居眠りをする学生11名、居眠りをしない学生8）とし、観察回数は4回とした。2校時、3校時いずれも計76人回を解析対象とした。全体は2校時と3校時を合計し、計152人回を解析対象とした。

表 9-1 「居眠りをする学生」実施日別の居眠り状況

		昼食時 高GI食割り当て日	昼食時 低GI食割り当て日 <sup>‡</sup>	P値 <sup>†</sup>
2 校 時	居眠り有り	1	7	0.019
	居眠りなし	21	15	
3 校 時	居眠り有り	16	17	0.727
	居眠りなし	6	5	
全 体	居眠り有り	17	24	0.134
	居眠りなし	27	20	

<sup>†</sup>χ<sup>2</sup>検定

対象者は11名とし、観察回数は「昼食時高GI食割り当て日」が2回、「昼食時低GI食割り当て日」が2回とした。2校時、3校時いずれも計44人回を解析対象とした。全体は2校時と3校時を合計し、計88人回を解析対象とした。

<sup>‡</sup>学生のうち2名が、1回の試験食で指示とは異なる食事をしていった。

表 9-2 「居眠りをしない学生」実施日別の居眠り状況

		昼食時 高GI食割り当て日	昼食時 低GI食割り当て日 <sup>‡</sup>	P値 <sup>†</sup>
2 校 時	居眠り有り	2	2	1.000
	居眠りなし	14	14	
3 校 時	居眠り有り	9	7	0.479
	居眠りなし	7	9	
全 体	居眠り有り	11	9	0.589
	居眠りなし	21	23	

<sup>†</sup>χ<sup>2</sup>検定

対象者は8名とし、観察回数は「昼食時高GI食割り当て日」が2回、「昼食時低GI食割り当て日」が2回とした。2校時、3校時いずれも計32人回を解析対象とした。全体は2校時と3校時を合計し、計64人回を解析対象とした。

生」に比べて居眠りをしていた。2校時と3校時の合計では、「居眠りをする学生」のうち居眠り有り41名、居眠りなし47名であったのに対して、「居眠りをしない学生」では居眠り有り20名、居眠りなし44名だった。

これらの結果を、試験食の実施日別に表9に示した。「居眠りをする学生」の2校時にのみ有意な差がみられ、高GI食の試験食割り当て日に比べて低GI食の試験食割り当て日のほうが居眠りをする学生が多かった。

表10に、居眠り頻度の自覚別にみた睡眠時間を示した。「居眠りをする学生」と「居眠りをしない学生」には差がなかった。

2) 授業中に居眠りをすると自覚する者の授業中のグルコース値

表11-1に、試験食実施日2校時の授業中のグルコース値と、グルコース値から求めたAUCを示した。グルコース値の最小値は、実施日後半のほうが実施日前半よりも高い値を示した。表11-2より、3校時においてはグルコース値の最小値は「居眠りをする学生」よりも、「居眠りを

表10 居眠り頻度の自覚別にみた睡眠時間

	平均睡眠時間 (分)	P値 <sup>†</sup>
居眠りをする学生	352±53	0.882
居眠りをしない学生	348±63	

<sup>†</sup>t検定

対象者は19名（居眠りをする学生11名、居眠りをしない学生8）とした。観察対象日4日間の平均睡眠時間を算出し、解析対象とした。

しない学生」のほうが低い値を示し、試験食が高GI食のときよりも低GI食のときで高い値を示した。3校時のAUCは、授業開始直後の30分間において、低GI食のときよりも高GI食のときで有意に高値であった。

表12には、試験食実施日における授業中のグルコース値の上昇速度と下降速度を、傾きで示した。3校時の上昇程度について、低GI食実施日より、高GI食実施日で有意に大きい差がみられた。

3) 反応性低血糖症の疑いがある学生の居眠り状況  
装着期間中、「反応性低血糖を示した学生」が8名、

表11-1 グルコース値<sup>§</sup>の変化（2校時）

時刻	時間 (分)	居眠りをする学生(n=11)				居眠りをしない学生(n=8)				P値 <sup>†</sup>		
		実施日 2018/ 10/19,22,24,25		実施日 2018/ 10/26,29,31,11/1		実施日 2018/ 10/19,22,24,25		実施日 2018/ 10/26,29,31,11/1		学生	昼食条件	学生× 昼食条件
10:30	0	87 ± 12	91 ± 11	84 ± 6	94 ± 9							
10:40	10	87 ± 12	91 ± 11	83 ± 9	93 ± 11							
10:50	20	87 ± 13	91 ± 10	83 ± 12	95 ± 12							
11:00	30	88 ± 13	90 ± 10	83 ± 14	94 ± 11							
11:10	40	88 ± 14	89 ± 9	82 ± 13	94 ± 10							
11:20	50	87 ± 15	88 ± 9	82 ± 13	93 ± 9							
11:30	60	86 ± 15	88 ± 10	80 ± 13	94 ± 12							
11:40	70	85 ± 14	88 ± 10	79 ± 13	95 ± 15							
11:50	80	84 ± 13	89 ± 10	77 ± 11	95 ± 15							
12:00	90	84 ± 13	88 ± 11	75 ± 10	93 ± 16							
最大値		96 ± 12	100 ± 11	96 ± 10	105 ± 14	0.514	0.111	0.515				
最小値		76 ± 17	81 ± 10	60 ± 14	84 ± 6	0.142	0.004	0.023				
AUC <sup>§</sup>	00-30	211 ± 172	150 ± 104	311 ± 235	258 ± 186	0.077	0.317	0.945				
	30-60	211 ± 125	88 ± 114	278 ± 306	237 ± 206	0.094	0.163	0.516				
	60-90	137 ± 131	70 ± 170	158 ± 225	265 ± 267	0.104	0.919	0.170				
	00-90	558 ± 380	308 ± 300	747 ± 735	761 ± 553	0.056	0.390	0.423				

† 二元配置分散分析

‡ 値は、各対象者が実施日中に計測できた値の平均値（計測回数が1回の場合は代表値）を用いて、平均値±標準偏差で示した。単位はmg/dLで表した。

§ 実施日の昼食前に計測されたグルコース値の最小値を空腹時グルコース値として、AUC算出に用いた。単位は、min・mg/dLで表した。

表11-2 グルコース値<sup>§</sup>の変化（3校時）

時刻	時間 (分)	居眠りをする学生(n=11)				居眠りをしない学生(n=8)				P値 <sup>†</sup>		
		実施日 2018/ 10/19,22,24,25		実施日 2018/ 10/26,29,31,11/1		実施日 2018/ 10/19,22,24,25		実施日 2018/ 10/26,29,31,11/1		学生	昼食条件	学生× 昼食条件
13:00	0	115 ± 33	113 ± 18	105 ± 17	103 ± 15							
13:10	10	121 ± 32	114 ± 20	108 ± 14	103 ± 18							
13:20	20	127 ± 31	115 ± 21	110 ± 14	106 ± 19							
13:30	30	128 ± 31	118 ± 21	109 ± 13	112 ± 16							
13:40	40	123 ± 29	117 ± 19	106 ± 15	113 ± 13							
13:50	50	120 ± 28	117 ± 17	102 ± 17	113 ± 14							
14:00	60	116 ± 28	116 ± 16	99 ± 17	111 ± 15							
14:10	70	113 ± 27	115 ± 15	99 ± 15	112 ± 16							
14:20	80	111 ± 27	113 ± 15	97 ± 13	113 ± 17							
14:30	90	107 ± 24	110 ± 13	93 ± 12	112 ± 17							
最大値		142 ± 35	128 ± 20	135 ± 16	124 ± 18	0.473	0.126	0.839				
最小値		94 ± 26	99 ± 11	71 ± 14	93 ± 10	0.019	0.049	0.130				
AUC <sup>§</sup>	00-30	1357 ± 512	881 ± 588	1118 ± 292	611 ± 594	0.144	0.006	0.930				
	30-60	1306 ± 502	946 ± 535	997 ± 454	816 ± 502	0.194	0.091	0.592				
	60-90	1014 ± 526	846 ± 439	802 ± 406	813 ± 521	0.441	0.554	0.573				
	00-90	3678 ± 1365	2675 ± 1523	2918 ± 1042	2242 ± 1553	0.203	0.064	0.724				

† 二元配置分散分析

‡ 値は、各対象者が実施日中に計測できた値の平均値（計測回数が1回の場合は代表値）を用いて、平均値±標準偏差で示した。単位はmg/dLで表した。

§ 実施日の昼食前に計測されたグルコース値の最小値を空腹時グルコース値として、AUC算出に用いた。単位は、min・mg/dLで表した。

表12 授業中のグルコース値上昇速度/下降速度

	居眠りをする学生(n=11)				居眠りをしない学生(n=8)				P値 <sup>†</sup>		
	実施日 2018/ 10/19,22,24,25		実施日 2018/ 10/26,29,31,11/1		実施日 2018/ 10/19,22,24,25		実施日 2018/ 10/26,29,31,11/1		学生	昼食条件	学生× 昼食条件
2校時/上昇速度	0.368 ± 0.453	0.348 ± 0.259	0.336 ± 0.369	0.311 ± 0.212	0.787	0.857	0.983				
3校時/上昇速度	2.599 ± 1.722	1.717 ± 1.443	2.587 ± 1.312	0.999 ± 1.228	0.287	0.007	0.682				
2校時/下降速度	-0.205 ± 0.075	-0.263 ± 0.115	-0.254 ± 0.081	-0.287 ± 0.115	0.249	0.164	0.729				
3校時/下降速度	-0.516 ± 0.190	-0.481 ± 0.254	-0.526 ± 0.106	-0.335 ± 0.156	0.346	0.135	0.238				

† 二元配置分散分析

「反応性低血糖を示さなかった学生」が10名であった。この分類における観察対象日4日間の居眠り人数を表13に示した。3校時の授業において、「反応性低血糖を示した学生」は、「反応性低血糖を示さなかった学生」に比べて

居眠りをした人数が有意に多く、2校時と3校時を合わせても有意に居眠りをしていた。

表13 反応性低血糖の有無と居眠り状況

		反応性低血糖を示した学生	反応性低血糖を示さなかった学生	P値 <sup>†</sup>
午前	居眠り有り	7	5	0.288
	居眠りなし	25	35	
午後	居眠り有り	27	22	0.008
	居眠りなし	5	18	
全体	居眠り有り	34	27	0.019
	居眠りなし	30	53	

† $\chi^2$ 検定

対象者は18名(反応性低血糖を示した学生8名, 示さなかった学生10名)とし, 観察回数は4回とした。2校時, 3校時いずれも計72人回を解析対象とした。全体は2校時と3校時を合計し, 計144人回を解析対象とした。

表14 実際の居眠り頻度別にみたグルコース値<sup>\*</sup>の変化 (3校時)

時刻	時間 (分)	居眠りした学生(n=11)				居眠りしなかった学生(n=8)				P値 <sup>†</sup>		
		実施日 2018/ 10/19,22,24,25 昼食条件: めし		実施日 2018/ 10/26,29,31,11/1 昼食条件: パスタ		実施日 2018/ 10/19,22,24,25 昼食条件: めし		実施日 2018/ 10/26,29,31,11/1 昼食条件: パスタ		学生	昼食条件	学生× 昼食条件
13:00	0	118 ± 33	113 ± 18	102 ± 17	104 ± 16							
13:10	10	124 ± 32	117 ± 19	106 ± 15	101 ± 18							
13:20	20	130 ± 30	119 ± 20	108 ± 14	103 ± 20							
13:30	30	132 ± 29	121 ± 20	107 ± 14	109 ± 16							
13:40	40	127 ± 28	120 ± 18	103 ± 14	111 ± 14							
13:50	50	123 ± 28	119 ± 17	100 ± 15	111 ± 13							
14:00	60	120 ± 28	117 ± 16	98 ± 15	110 ± 15							
14:10	70	117 ± 27	116 ± 15	97 ± 13	111 ± 16							
14:20	80	114 ± 26	114 ± 15	95 ± 12	112 ± 17							
14:30	90	110 ± 24	111 ± 13	91 ± 11	110 ± 16							
最大値		147 ± 34	131 ± 19	130 ± 17	122 ± 19	0.096	0.116	0.609				
最小値		98 ± 26	100 ± 10	71 ± 14	93 ± 11	0.002	0.039	0.066				
AUC <sup>§</sup>	00-30	1399 ± 514	962 ± 557	1099 ± 292	553 ± 580	0.036	0.005	0.740				
	30-60	1369 ± 509	1017 ± 517	961 ± 401	753 ± 497	0.041	0.081	0.654				
	60-90	1062 ± 545	893 ± 434	774 ± 367	766 ± 508	0.182	0.547	0.602				
	00-90	3831 ± 1378	2872 ± 1469	2834 ± 944	2072 ± 1522	0.048	0.057	0.825				

†二元配置分散分析

‡値は, 各対象者が実施日中に計測できた値の平均値(計測回数が1回の場合は代表値)を用いて, 平均値±標準偏差で示した。単位はmg/dLで表した。

§実施日の昼食前に計測されたグルコース値の最小値を空腹時グルコース値として, AUC算出に用いた。単位は, min・mg/dLで表した。

#### IV 考察

##### 1. グルコース値と居眠りの関連性

今回の研究では, 先行研究にて学生が自己申告した居眠り頻度をもとに, 「居眠りをする学生」と, 「居眠りをしない学生」に分類した。両群で睡眠時間に差はなく, 履修科目の違いはあるものの対象者の条件は揃えることができたと考えられる。

「居眠りをする学生」と「居眠りをしない学生」では, 授業中のグルコース値の変化に有意な差は認められなかった。しかし, 調査期間中の実際の居眠り状況から, 居眠りをした授業が30%未満の学生を「居眠りをしなかった学生」, 30%以上の学生を「居眠りをした学生」として分類すると, 試験食実施日3校時のAUCに差がみられ, 「居眠りをした学生」は「居眠りをしなかった学生」に比べて有意に高いAUCを示した(表14)。主食の内容が同じでも, 「居眠りをした学生」は「居眠りをしなかった学生」

に比べて食後のグルコース値の変動が激しいことから, 頻繁に居眠りをする学生はグルコース値が上昇しやすい体質であると考えられる。また, 昼食後のグルコース値の変動を抑えることができれば, 3校時の眠気を抑えることができると考えられる。

##### 2. 反応性低血糖と居眠り

調査期間中「反応性低血糖を示した学生」のほうが, 「反応性低血糖を示さなかった学生」に比べて観察対象日の居眠り人数が多く, 食後にグルコース値が低下しすぎる傾向にある学生は, 居眠りをする頻度が多いことが示唆された。ただし, 今回の調査で反応性低血糖を示した回数は1人あたり2~4回と少なかった。また, 反応性低血糖症の診断は10時間以上の絶食と耐糖負荷試験によって通常行うため, 今回の研究では反応性低血糖症と診断することはできなかった。

また, 食後のグルコース値の変化が極端に小さかった学

生の居眠りは、調査期間中1回のみであった。

### 3. Free Style リブレによる測定結果

『Free Style リブレ』装着直後のデータで、複数の対象者で低すぎるグルコース値を示している場合があった。例えば2校時のグルコース値の最小値において、試験食実施日前半に得られた値よりも後半の日程で得られた値のほうが高い値を示したが、対象者のなかには装着直後のグルコース値が40前後を示している場合もみられた。また、3校時のグルコース値の最小値が「居眠りをする学生」に比べて「居眠りをしない学生」で有意に低い結果になったが、装着初日に「居眠りをしない学生」の8名中2名で、昼食摂取直後にも関わらずグルコース値が50前後を示していた。これらのデータが結果に影響していると考えられる。一方で、3校時のAUCは、授業開始直後の30分間において低GI食よりも高GI食で有意に高い値を示し、上昇程度においても低GI食よりも高GI食で有意に大きい差がみられたことから、対象者が摂取した食事の内容がグルコース値の読み取り結果に反映されている。しかしながら、対象者からは『センサーがはがれかけた日のグルコース値は低く出た』との報告もあり、個人内のグルコース値変動についてはある程度正確性が認められるものの、装着具合によって正確ではない値がでることも考えられた。

### 4. 今後の課題

試験食として高GI食でめしを、低GI食でパスタを指定したが、低GI食を食べた後の授業でも居眠り人数は減らなかった。したがって、パスタよりもさらにGI値の低い主食を用いて研究を試みる必要があると思われる。また、今回居眠り状況は自己申告による居眠りの有無のみを記録したが、授業中のどのタイミングで眠気が襲ってきたのか、眠気の度合いなどは把握できていなかった。今後は、グルコース値と同時に居眠りや眠気の細かいデータを収集し、検討していく必要がある。

本研究は、午後の授業で居眠りをしてしまう大学生の学習姿勢改善に着目し検討したが、低GI食の摂取で居眠りをする人数が減ることが明らかになれば、大学生の学習姿勢の改善に加え、工場の作業工程におけるミスや、自動車運転事故を減らすことができるかもしれない。また、集中して取り組みたいイベントの前に摂取すべき昼食内容も提案できると考える。

## V 結論

本研究では、女子大生を対象として授業中の居眠りとグルコース値の変化を調査した。居眠り頻度と授業中のグルコース値の変動には関連性が見られ、居眠り頻度が多い学生のグルコース値は激しく変動していた。パスタよりもさらにGIの低い昼食を摂取することが午後の学習姿勢改善に有効であることが示唆された。

### 参考・引用文献

- 1) International Diabetes Federation: Guideline for management of postmeal glucose. (2007).
- 2) Rebrin K, Sheppard NF Jr, Steil GM. Use of subcutaneous interstitial fluid glucose to estimate blood glucose: revisiting delay and sensor offset. *J Diabetes Sci Technol.* 4(5): 1087-1098. (2010).
- 3) Data on File, Abbott Diabetes Care Inc, Clinical Report: Evaluation of the Accuracy of the Abbott Sensor-Based Interstitial Glucose Monitoring System 2014.
- 4) Jenkins, DJ, Wolever TM, Taylor RH, et al. Glycemic index of foods: a physiological basis for carbohydrate exchange. *Am. J. Clin. Nutr.*, 34, 362-366 (1981).
- 5) 大沢博：栄養と行動に関する研究—とくに機能的低血糖症について—。岩手大学教育学部附属教育工学センター教育工学研究 第9号, 29-42, 1987
- 6) 國方功大, 井上文夫：大学生の授業中における居眠りの要因。学校保健研究. 54, 62-71 (2012)
- 7) Benton, D. and Parker, P. Y.: Breakfast, blood glucose, and cognition, *Am. J. Clin. Nutr.*, 67(supple), 772S-752S (1998)
- 8) 文部科学省, 国立教育政策研究所：平成28年度全国学力・学習状況調査【中学校】, 報告書, 2018
- 9) 服部伸一, 野々上敬子, 多田賢代：中学生の授業中の居眠りと学業成績, 自覚症状及び生活時間との関連において。学校保健研究. 52(4), 305-310. (2010)
- 10) 久保田富夫：健常成人が感じる昼間の眠気とその対応について, *バイオメカニズム学会誌* 29: 185-188, 2005
- 11) Miller JC: Importance of glycemic index in diabetes, *Am J Clin Nutr*, 59, 747S-752S (1994)