

血中グルコース濃度の認知機能および 心血管系応答への影響について

名井 幸香, 遠藤 加菜, 日隈 真理子, 松川 寛二*

キーワード (Key words) : 1. 血糖値 (Plasma glucose level) 2. 認知機能 (Cognitive function)
3. 心血管系応答 (Cardiovascular response)

血中グルコースは脳細胞に供給される唯一のエネルギー源であり, 血中グルコース濃度の増減は認知機能に影響を及ぼすと思われる。そこで, 本研究は血中グルコース濃度の変化が認知機能に及ぼす可能性を, 前頭葉機能を評価できるストループ認知課題を用いて, 実験的に調べた。さらにストループ認知課題は精神的ストレス課題としても知られているため, 血糖値の変化がストループ認知課題中の心血管系応答に影響を及ぼすか否かを調べた。9名の健康成人(23±2.0才)を19±0.9時間絶食させた後に300mlの水または20%グルコース溶液を経口摂取させ, 低血糖(82±2mg/dl)あるいは高血糖(176±5mg/dl)の状態を作成した。対照コントロールとして, 普段通りの食生活をさせた場合の血糖値を正常血糖(106±6mg/dl)とした。これら3つの条件下において200問から成るストループ認知課題を実施し, 課題遂行における所要時間や誤答数ならびに脈拍数, 平均動脈血圧を測定した。その結果, ストループ認知課題遂行における所要時間は低血糖において有意に延長したが, 誤答数に関しては有意な相違はみられなかった。またストループ認知課題は脈拍数および平均動脈血圧を増加させたが, 血糖レベルの違いはこれら心血管系応答に有意な影響を与えなかった。以上の実験結果は, 血中グルコース濃度の低下はストループ認知課題に対する反応速度を低下させるが, 心血管系応答には影響を及ぼさないことを示唆した。

はじめに

血中グルコースは脳に供給される唯一のエネルギー源であり, 血中グルコース濃度は食事に伴うグルコースや炭水化物などの糖質摂取で上昇し長時間の絶食で減少する。それゆえ血中グルコース濃度の変化は脳エネルギー代謝や脳活動を変化させ, 記憶・認知・判断等の高次脳機能に大きな影響を及ぼすと予想される。実際に, 血中グルコース濃度の増加に伴って記憶力, 計算力は向上し認知課題の所要時間も短縮することが報告された^{1,2)}。一方, 炭水化物食の制限状態では, 記憶力や反応処理速度は低下することが報告された^{3,4)}。しかし, 血中グルコース濃度の変化によって認知機能が向上するか否かについて実験的に精査した研究はなく, 血中グルコース濃度と認知機能の関連性については残された問題であった。

ストループ認知課題⁵⁾は選択的注意, 処理速度などの前頭葉機能に関連した遂行機能を評価できるものとして臨床や基礎研究で使用されており, 比較的慣れや学習の

影響が少ないテストである^{6,7)}。一方, この課題は精神的ストレス課題としても知られており, 自律神経系を介して心拍数, 動脈血圧ならびに血中カテコラミンを増加させる⁸⁾。もし認知機能とストレス反応が関連していれば, 血中グルコース濃度の増減が認知機能を変化させた場合にストループ認知課題に対する心血管系応答も同様に变化する可能性がある。逆に, 一義的な関連がない場合には心血管系応答が認知機能の変化とは無関係に生じるだろう。本研究では, 血中グルコース濃度の変化と認知機能およびストレスに対する心血管系応答の関連性について以下のような仮説を考えた。第1に血中グルコース濃度の上昇によってストループ認知課題の所要時間および誤答数は減少すること, そして第2にストループ認知課題の成績向上に関連して心血管系応答が増強することである。これらの仮説を検証するために, 本研究では異なる血糖値の状態を実験的に作成し, ストループ認知課題の遂行における所要時間や誤答数を用いて認知機能を定量的に評価した。同時に, ストループ認知課題における心血管系応答を計測した。

・ The influences of plasma glucose level on cognitive function and cardiovascular responses

・ 保健学研究科心身機能生活制御科学講座生理機能情報科学

・ *連絡先: 松川寛二 〒734-8551 広島市南区霞1-2-3

広島大学大学院保健学研究科心身生活制御科学講座生理機能情報科学研究室

TEL: 082-257-5435 FAX: 082-257-5439 E-mail: matsuk@hiroshima-u.ac.jp

・ 広島大学保健学ジャーナル Vol.9(2): 31~37, 2011

対象と方法

本研究を実施するに当たり広島大学大学院保健学研究科心身機能生活制御科学講座研究倫理委員会の承認を得た(承認番号:0644)。また、各被験者には研究内容ならびに実験プロトコールについてよく説明し書面による同意を得た上で、研究を実施した。

1. 対象者および計測

年齢 23 ± 2.0 才, 身長 161 ± 10 cm, 体重 54 ± 5.4 kg, BMI 21 ± 1.3 kg/m² の健康な大学生 9 名 (男子 2 名, 女子 7 名) を対象とした。室温 23 ± 3.2 °C, 湿度 41 ± 8.4 % に保たれた防音シールド室内で実験を行った。対象者は机の上に設置したパソコン画面に向かって座り, 対象者の右側にマウスを設置し, 右後方の台の上にビデオカメラを設置した。動脈血圧および脈拍数を測定するため, 机の上に置いたクッションの上に左前腕を置き, 左上腕部に血圧測定用のカフを巻いた。また, 自己式血糖測定器 (ACCU-CHEK AVIVA, ロシュ・ダイアグノスティックス) を使用して血糖値を測定した。

2. 絶食およびグルコース摂取

対象者は実験前日 19:00-20:00 から実験当日 13:00-14:00 まで平均 19 ± 0.9 時間 (18 時間~21 時間) の絶食を行った。絶食中には水以外の食物を摂取せずに, 通常通りの生活を行った。絶食後に, 水 300 ml または水 300 ml にグルコース 75 g (D-glucose, シグマ アルドリッチ ジャパン) を溶解させた 20% グルコース溶液を経口摂取させた。通常の食生活を行い血糖値が正常値である場合を「対照コントロール」とし, 昼食後 4~5 時間後に実験を実施した。

3. ストループ認知課題

選択的注意, 処理速度などの前頭葉機能に関連した認知機能を評価できるものとして, 臨床や基礎研究で使用されているストループ認知課題⁵⁾ を選択した。課題遂行における所要時間や誤答数ならびに脈拍数や平均動脈血圧の応答を比較した。被験者は, パソコン画面上に表示されたひらがなの色 (単語の意味と異なる色のついた色名単語の色) を回答した。被験者にはできるだけ速くかつ正確に画面上の色名単語の色を答えた後に, 右手指でマウスボタンをクリックして次の問題画面へ進むように指示した。総計 200 問の問題を回答し終るまでの時間をストップウォッチで計測し, これをストループ認知課題遂行に要した所要時間とした。所要時間は課題遂行の反応速度に相当する。ビデオテープに記録した回答状況を確認し, 言い間違えた数や言い換えた数の総和を誤答数とした。これは課題遂行の正確さを反映する。

4. 実験プロトコール

9 名の同一被験者に対して, 3 条件下 (「絶食+水経口摂取」, 「絶食+グルコース経口摂取」および「対照コントロール」) で実験を行った。ストループ認知課題への慣れの効果や絶食の心身への影響を防ぐため, 各条件は 3~7 日の間隔を置き, その実験順序は, 1) 水摂取→グルコース摂取→対照コントロールまたは 2) 対照コントロール→グルコース摂取→水摂取として被験者毎にランダムに変更した。

水摂取およびグルコース摂取の場合には, 平均 19 時間の絶食後に血糖値 (1 回目) を測定した。座位で 5 分間安静にさせた後, 動脈血圧および脈拍数を記録し水または 20% グルコース溶液を摂取させた。40 分間の休憩後に再び血糖値 (2 回目) を測定した。座位で 5 分間安静にさせた後, 動脈血圧および脈拍数を記録した。「スタート」の合図でマウスボタンをクリックしてストループ認知課題を 200 問実施し, 所要時間および誤答数を記録した。動脈血圧および脈拍数を課題中 (開始 1 分後), 課題終了直後および終了 3 分後に計測した。課題が終了して動脈血圧および脈拍数が安静値に戻った時から, 5 分後に血糖値 (3 回目) を測定した。

5. 統計分析

絶食時の血中グルコース濃度について対応のある T テストを用いて検定した。ストループ認知課題前後でみられた血糖値, ストループ認知課題遂行に要した所要時間・誤答数ならびに平均動脈血圧や脈拍数のピーク応答について, 「絶食+水摂取」と「絶食+グルコース摂取」そして「対照コントロール」という 3 条件間で繰り返しのある一元配置分散分析を用いて比較した。ストループ認知課題中の平均動脈血圧および脈拍数の経時変化についても繰り返しのある一元配置分散分析を用いて検定した。一元配置分散分析で有意差が得られた場合には, 有意差が観察された時間や摂取条件による違いを Bonferroni テストで分析した。統計的な有意水準を $p < 0.05$ とした。全てのデータを平均±標準誤差 (mean ± SEM) で表す。

結 果

1. 安静時データの比較

安静時にみられた血糖値, 脈拍数および平均動脈血圧のデータを表 1 にまとめる。血糖値は通常食の場合には 106 ± 6 mg/dl であり絶食により有意に低下した ($84 \sim 86$ mg/dl)。一方, 脈拍数および平均動脈血圧については, 通常食時, 絶食時そして水またはグルコース摂取時という何れの場合においても差がみられなかった。

2. 血糖値について

通常食時に実施したストループ認知課題前後の血糖値, 絶食後に行った水またはグルコース摂取にともなう血糖値, そして引き続き実施したストループ認知課題後の血糖値を図1に示す。血糖値は水摂取後も 82 ± 2 mg/dlであり低いままであった。他方, グルコース摂取後には血糖値は 176 ± 5 mg/dlへと有意に上昇した。通常食時, 水摂取およびグルコース摂取時の全ての条件下において, ストループ認知課題前後における血糖値の有意な変化はみられなかった。

3. ストループ認知課題に要した所要時間および誤答数について

通常食時, 水摂取時およびグルコース摂取時において実施したストループ認知課題の所要時間および誤答数を図2に示す。通常食時におけるストループ認知課題に要した所要時間は 133 ± 8.7 秒であり, 誤答数は 7.7 ± 1.4 個であった。絶食後に水を摂取した場合の所要時間(145 ± 7.5 秒)は, 通常食時よりも有意に延長した。一方, グルコースを摂取した場合の所要時間(137 ± 8.0 秒)は通常食時の場合と差がなかった。誤答数に関しては, 3条件間 [通常食時, グルコース摂取時 (6.8 ± 1.0 個)および水摂取時 (8.5 ± 1.6 個)]で有意差はみられなかった。

4. 心血管系応答

ストループ認知課題中の平均動脈血圧および脈拍数の変化を図3に示す。全ての条件下において, 平均動脈血圧ならびに脈拍数はストループ認知課題中に有意に増加した。脈拍数は通常食時 (14 ± 3 beats/min), 絶食後水摂取時 (15 ± 3 beats/min)あるいはグルコース摂取時 (13 ± 2 beats/min)の3条件間において有意な差異は観察されなかった。平均動脈血圧の増加量は, 通常食時 (12 ± 3 mmHg)に高い傾向がみられたが, 3条件間で有意差はみられなかった。

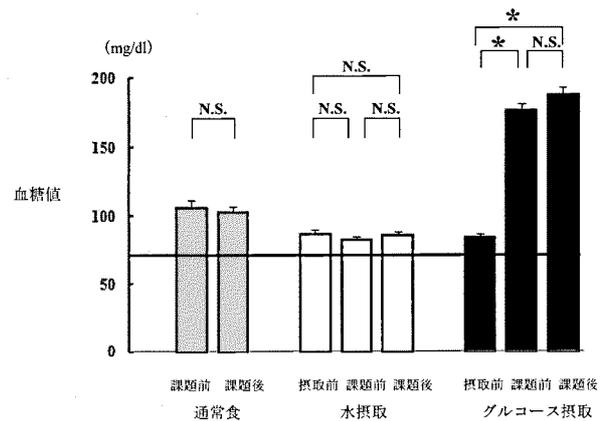


図1. 絶食後安静時の血糖値ならびに水またはグルコース摂取後および通常食時に実施したストループ認知課題前後にみられた血糖値を表す
* : 各条件間の有意な相違 ($p < 0.05$)
N.S. : 有意差なし

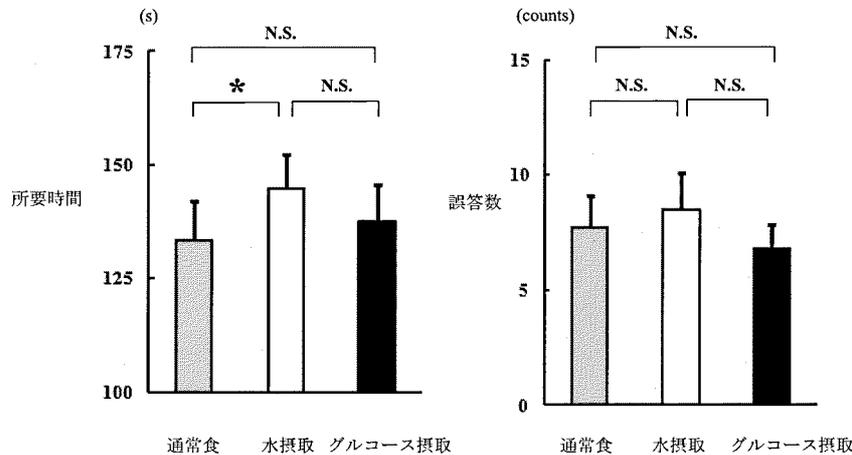


図2. ストループ認知課題の所要時間と誤答数の比較
* : 水摂取および通常食間の有意な相違 ($p < 0.05$) N.S. : 有意差なし

表1. 通常食時および絶食時 (水摂取前後およびグルコース摂取前後) にみられた血糖値, 脈拍数および平均動脈血圧 ($n = 9$)

	通常食時	水摂取		グルコース摂取	
		摂取前	摂取後	摂取前	摂取後
血糖値 (mg/dl)	106 ± 6	$86 \pm 3^*$	$82 \pm 2^*$	$84 \pm 2^*$	$176 \pm 5^*$
脈拍数 (beats/min)	64 ± 1	63 ± 2	61 ± 2	66 ± 4	63 ± 1
平均動脈血圧 (mmHg)	81 ± 3	85 ± 6	84 ± 3	85 ± 6	80 ± 3

* : 通常食時に対する有意な変化 ($p < 0.05$)

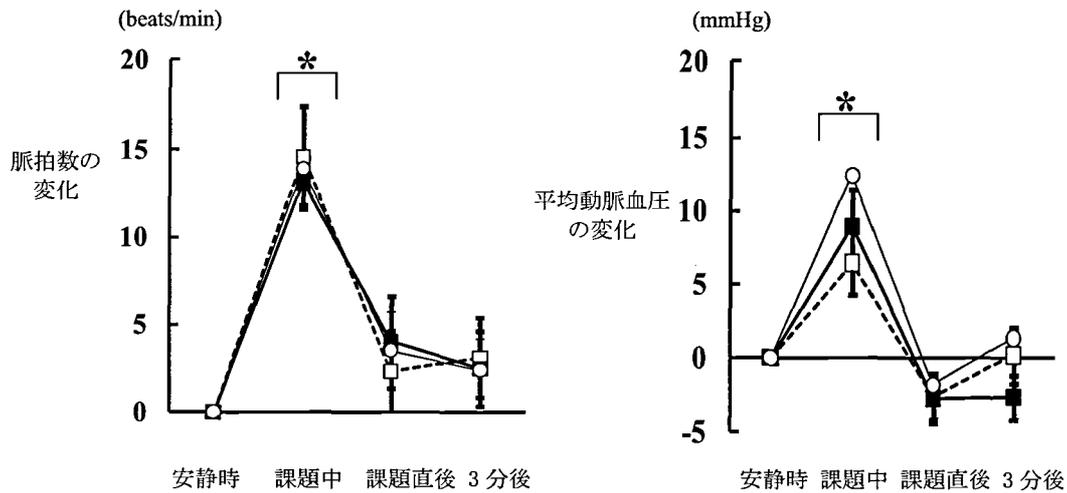


図3. 絶食後に水を摂取した場合 (—□—), 絶食後にグルコースを摂取した場合 (—■—), 通常食の場合 (—○—) におけるストロープ認知課題中の脈拍数および平均動脈血圧の変化
*: 安静値からの有意な変化 ($p < 0.05$, すべての条件において有意差が得られた)

考 察

血中グルコース濃度の増減は認知機能に影響を及ぼすか否か, そして認知機能の変化にともなって心血管系応答には変化が見られるかどうかを調べるために, 絶食後に水または20%グルコース溶液を経口摂取させ血糖値を減少あるいは増加させた。その後, 血中グルコース濃度の増減が認知機能に及ぼす可能性についてストロープ認知課題を用いて定量的に調べた。同時に, 課題中の脈拍数および平均動脈血圧を計測することによって認知機能と心血管系応答の関連性について調べた。その結果, ストロープ認知課題遂行における所要時間は正常血糖レベルより低血糖レベルにおいて有意に延長したが, 心血管系応答は血糖値レベルに関わらず等しかった。それゆえ, 血糖値の変化は認知課題の反応速度に影響を及ぼすが, 心血管系応答には影響を及ぼさないことが示唆された。

血糖値と認知機能について

本実験で使用したストロープ認知課題は視覚的な情報処理や選択的注意と関係する前頭葉機能を評価するものとして広く使用されている。血糖値は絶食によって有意に低下し, その後のグルコース摂取によって明らかに上昇した (表1および図1)。通常食時と比較して水摂取後に実施したストロープ認知課題では課題遂行における所要時間が有意に延長したので (図2), 血糖値レベルは認知課題に対する反応速度に影響を及ぼすことが示唆された。一方, 誤答数には差がみられなかったため, 血糖値レベルは認知課題に対する応答の正確度には影響を与えなかったと思われる。対照コントロールである通常食時の血糖値は $106 \pm 6 \text{ mg/dl}$ であり, 所要時間は 133 ± 8.7 秒であった。この通常食時の場合と絶食後グル

コース摂取時 (血糖値, $176 \pm 5 \text{ mg/dl}$) の場合を比較すると, ストロープ認知課題遂行における所要時間は両者の間で差がみられなかった。一方, 通常食時と絶食後水摂取時 (血糖値, $82 \pm 2 \text{ mg/dl}$) を比較すると, ストロープ認知課題遂行における所要時間は通常食時よりも水摂取時の方が有意に延長した。以上の結果を考慮すると, 健康な成人では長時間の絶食による低血糖は認知機能を低下させるが, 急激な糖分摂取により高血糖状態をもたらしたとしても必ずしも認知機能が向上する訳ではないと思われる。本研究の血糖値は少なくとも18時間の絶食によって $84 \sim 86 \text{ mg/dl}$ まで低下したが, この値は特定健康診査における空腹時血糖値の正常範囲内 ($70 \sim 109 \text{ mg/dl}$) にあった。この所見は, 血糖値が正常範囲内であったとしても, 血糖値の低下が認知機能に悪影響を与えることを示している。特に, 炭水化物摂取量を制限するダイエット^{3,4)} や糖尿病患者における過度なインスリン投与に伴う低血糖^{9,10)} では認知機能の低下が問題となるだろう。

グルコースの脳内輸送

グルコースは血液脳関門や細胞膜を受動的に透過できないので, 脳内にはグルコース輸送蛋白質 (GLUT) が存在し, グルコースを血中から脳神経細胞へ輸送する役割を担っている。7種類ある GLUT 1-7 の中で, 特に血液脳関門の血管内皮細胞に存在する GLUT 1 は毛細血管から間質へ, そしてニューロンに存在する GLUT 3 は間質から細胞内へとグルコースを輸送する¹¹⁻¹⁴⁾。マウスにおける免疫組織化学的分析によって前頭葉皮質に GLUT 1 が多数存在することが報告された¹³⁾。また GLUT 3 は脳内ニューロンの樹状突起や軸索に存在しシナプス伝達に重要な役割を果たすことも示唆された¹⁴⁾。血糖値と脳組織における細胞外グルコース濃度は平行

して変化することがヒトおよびラットで報告された^{15,16)}。Gruetter ら¹⁵⁾ は核磁気共鳴法を用いてヒト脳組織のグルコース濃度を定量化し、血糖値が 72 ~ 540mg/dl の範囲において血糖値と脳組織グルコース量は比例関係にあることを報告した。Silver と Erecińska¹⁶⁾ が微小電極を用いてラット脳組織から細胞外グルコース量を直接計測したところ、正常血糖値 (137mg/dl) において細胞外グルコース濃度は 43mg/dl であり、グルコースの腹腔内投与により血糖値を増加させた場合 (274mg/dl) には細胞外グルコース濃度は 82mg/dl であった。ヒトの場合と同様に、正常から高血糖状態において脳組織間のグルコース量は血糖値と比例しておりその濃度は血糖値の約 30% に相当した。他方、インスリン投与により血糖値を大きく減少させた場合 (50mg/dl) には脳組織の細胞外グルコース濃度は 3mg/dl であった¹⁶⁾。脳領域におけるグルコース利用と GLUT 1 の密度は比例関係にあり¹⁴⁾、前頭葉機能の活性化と GLUT 1 の働きには関連があると考えられるので、著しい低血糖では毛細血管から組織間へのグルコース輸送、すなわち GLUT 1 の働きが阻害されるのかもしれない。しかし、本研究の血糖値は約 82 ~ 176mg/dl であり脳組織間のグルコース量は血糖値と比例範囲にあった。血糖値が高い状態では脳内グルコース濃度も増加しグルコースの利用が増えるが、逆に血糖値の低い状態では脳におけるグルコース利用が減ると推測される。

ストループ認知課題と心血管系応答について

ストループ認知課題は精神的ストレス課題としても知られており、自律神経系を介して脈拍数、動脈血圧ならびに血中カテコラミンの再現可能な増加を引き起こす⁸⁾。そのため心血管系への影響による二次的な変化として、例えば脳血流量の増加が起これば認知機能も変化する可能性が考えられる。このような可能性を吟味するため、本実験は血糖値がストループ認知課題に与える影響と心血管系応答に与える影響を同時に調べた。絶食にともなう血糖値の低下あるいはその後のグルコース摂取による血糖値の上昇は、いずれも通常食時と比較して、脈拍数や平均動脈血圧の安静値に影響を与えなかった (表 1)。さらに、正常血糖、低血糖および高血糖にかかわらず、脈拍数および平均動脈血圧はストループ認知課題中に増加し、その応答の大きさや時間経過には差がみられなかった (図 3)。それゆえ、本研究における血糖値レベルはストループ認知課題遂行における所要時間には影響したが心血管系応答には影響を及ぼさないことが判明した。すなわち血中グルコース濃度変化にともなう認知機能の応答性と心血管系機能の応答性には乖離が存在することが示唆された。

結 語

血中グルコース濃度が認知機能および心血管系応答にどのような影響を与えるかという問題を検討するために、ストループ認知課題の遂行に要する所要時間や誤答数ならびに課題中の脈拍数・動脈血圧の変化を正常血糖状態、絶食後水摂取による低血糖状態およびグルコース摂取による高血糖状態で比較した。その結果、血糖レベルに関わらず誤答数や脈拍数・動脈血圧応答は一定であったが、ストループ認知課題遂行に要する所要時間が低血糖状態で有意に延長した。それゆえ、血中グルコース濃度の減少は視覚的な情報処理や選択的注意を担う認知機能の反応速度を低下させることが示唆された。

文 献

1. Benton, D. and Parker, P.Y. : Breakfast, blood glucose, and cognition. *Am. J. Clin. Nutr.*, 67 : 772S-778S, 1998
2. Scholey, A.B., Harper, S. and Kennedy, D.O. : Cognitive demand and blood glucose. *Physiol. Behav.*, 73 : 585-592, 2001
3. D'Anci, K.E., Watts, K.L. and Kanarek, R.B. et al. : Low-carbohydrate weight-loss diets. Effects on cognition and mood. *Appetite*, 52 : 96-103, 2009
4. Halyburton, A.K., Brinkworth, G.D. and Wilson, C.J. et al. : Low- and high-carbohydrate weight-loss diets have similar effects on mood but not cognitive performance. *Am. J. Clin. Nutr.*, 86 : 580-587, 2007
5. Stroop, J.R. : Studies of interference in serial verbal reactions. *J. Exp. Psychol.*, 18 : 643-662, 1935
6. 中塚千絵 : 運動が認知機能に及ぼす影響について。広島大学医学部保健学科作業療法学専攻卒業論文, 2005 年度
7. 遠藤加菜 : 動的運動による認知機能向上は前頭前野オキシヘモグロビン濃度の増加と関連する。広島大学大学院保健学研究科修士論文, 2008 年度
8. Hoshikawa, Y. and Yamamoto, Y. : Effects of Stroop color-word conflict test on the autonomic nervous system responses. *Am. J. Physiol.*, 272 : H1113-H1121, 1997
9. Hvidberg, A., Fanelli, C.G. and Hershey, T. et al. : Impact of recent antecedent hypoglycemia on hypoglycemic cognitive dysfunction in nondiabetic humans. *Diabetes*, 45 : 1030-1036, 1996
10. Strachan, M.W., Deary, I.J. and Ewing, F.M. et al. : Recovery of cognitive function and mood after severe hypoglycemia in adults with insulin-treated diabetes. *Diabetes Care*, 23 : 305-312, 2000
11. Vannucci, S.J., Maher, F. and Simpson, I.A. : Glucose transporter proteins in brain : delivery of glucose to neurons and glia. *Glia*, 21 : 2-21, 1997

12. Simpson, I.A., Carruthers, A. and Vannucci, S.J. : Supply and demand in cerebral energy metabolism : the role of nutrient transporters. *J. Cereb. Blood Flow Metab.*, 27 : 1766-1791, 2007
13. Choeiri, C., Staines, W. and Messier, C. : Immunohistochemical localization and quantification of glucose transporters in the mouse brain. *Neurosci.*, 111 : 19-34, 2002
14. Zeller, K., Rahner-Welsch, S. and Kuschinsky, W. : Distribution of Glut1 glucose transporters in different brain structures compared to glucose utilization and capillary density of adult rat brains. *J. Cereb. Blood Flow Metab.*, 17 : 204-209, 1997
15. Gruetter, R., Ugurbil, K. and Seaquist, E.R. : Steady-state cerebral glucose concentrations and transport in the human brain. *J. Neurochem.*, 70 : 397-408, 1998
16. Silver, I.A. and Erecińska, M. : Extracellular glucose concentration in mammalian brain : continuous monitoring of changes during increased neuronal activity and upon limitation in oxygen supply in normo-, hypo-, and hyperglycemic animals. *J. Neurosci.*, 14 : 5068-5076, 1994
17. Kirschbaum, C., Gonzalez Bono E. and Rohlender, N. et al. : Effects of fasting and glucose load on free cortisol responses to stress and nicotine. *J. Clin. Endocrinol. Metab.*, 82 : 1101-1104, 1997
18. Kennedy, D.O. and Scholey, A.B. : Glucose administration, heart rate and cognitive performance : effect of increasing mental effort. *Psychopharmacology*, 149 : 63-71, 2000

The influences of plasma glucose level on cognitive function and cardiovascular responses

Sachika Myoi, Kana Endo, Mariko Higuma and Kanji Matsukawa

Department of Physiology, Graduate School of Health Sciences, Hiroshima University

Key words : 1. Plasma glucose level 2. Cognitive function 3. Cardiovascular response

Plasma glucose is the sole energy source for the brain. It is likely that a decrease or increase in plasma glucose concentration may affect brain cognitive function in daily life. The purpose of this study was to quantitatively examine, using a Stroop color-word test, whether or not an alteration in plasma glucose level could affect brain cognitive function in humans. To change the plasma glucose level, nine healthy subjects (age, 23 ± 2.0 yr) fasted for 19 ± 0.9 hr prior to the experiments and then orally ingested either 300 ml water or 20% glucose water solution with the same volume of 300 ml. The level of plasma glucose became 82 ± 2 mg/dl with water intake and 176 ± 5 mg/dl with 20% glucose intake, respectively. On the other hand, the plasma glucose level was 106 ± 6 mg/dl when taking a regular diet without fasting (control condition). In each condition, brain cognitive function was assessed using the Stroop color word test with 200 questions by measuring the total time period required for the test and the number of errors. The total time period for the Stroop test was significantly longer for the lowered plasma glucose level compared to the normal plasma glucose level (145 ± 8 s vs. 133 ± 9 s), whereas the number of errors was not significantly different among the three conditions. In contrast, although the heart rate (HR) and mean arterial blood pressure (MAP) significantly increased during the Stroop test, the increases were not statistically different among the three conditions. Thus the reduction in plasma glucose level lowered the response speed for the Stroop color word test but did not affect cardiovascular responses during the test. It is concluded that the plasma glucose level influences brain cognitive function, especially response speed, but not cardiovascular function.