

糖の種類によるマウスの血糖量変化の違い

1 はじめに

血糖値の変化は私たちの健康と密接な関わり合いを持っている。例えば、低血糖は、目眩や昏睡などを引き起こす。また、糖の過剰摂取による慢性的な高血糖によって、現在社会問題となっている糖尿病が引き起こされる。そこで私たちは、血糖値の変化に注目し、摂取する糖の種類によって血糖値の変化の違いが見られるのかどうかを調べた。

多くの食品に含まれ、私たちの摂取する機会が多いグルコース(ブドウ糖)、フルクトース(果糖)、スクロース(ショ糖)、マルトース(麦芽糖)の4種類の糖の水溶液をハツカネズミに皮下注射し、その後20分ごと2時間にわたって血糖値の測定をした。その結果、グルコースとマルトースは山型のグラフになった。グルコースは開始40分後に最高値をとり、グルコースが2つ結合したマルトースは少し遅れて最高値をとった。それに対してフルクトースはいくつかの比較的小さな山が連続するグラフになった。また、グルコースとフルクトースが結合したスクロースは、両方の特徴をもつグラフであった。

この結果から、同じ単糖類のグルコースとフルクトースの違いに注目した。フルクトースのひとつひとつの山は、グルコースと類似していることから、この2つに何らかの関係があると考えた。調べたところ、体内に入ったフルクトースは、肝臓でグルコースに変化することがわかった。肝臓までの経路はいくつかあり、その長さによって吸収までの時間が異なる。その結果としてこのようないくつかの小さな山が連続するグラフとなると考えることができた。

また、糖尿病のひとつの原因として、血糖値を下げる働きを持つインスリンの分泌が一度にたくさん行われなことが挙げられる。しかし、フルクトースは血糖値の上昇が緩やかなため、糖尿病患者でも安心して摂取することができるのではないかと考えた。

2 仮説

フルクトース、グルコースは単糖類に属しているのですがすぐに吸収される。すなわち、急激に血糖値が上がり、その後、急激に下がるだろう。それに対し、マルトース、スクロースは二糖類なので、体内で単糖類に分解されるため、吸収されるのに時間がかかるが、血糖値の最高点はかわらないだろう。

3 研究方法

(1) 実験動物

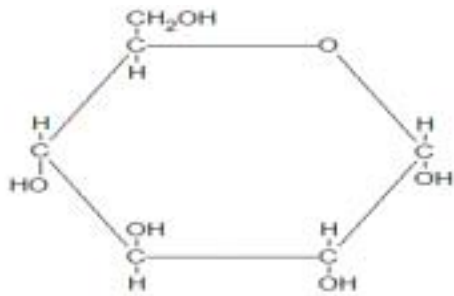
- ・ 生後2ヶ月のハツカネズミ *Mus musculus*(日本 SLC 株式会社) (おす30~35g, めす25~30g)
…人間と同じ哺乳類で小型のため実験に用いやすい。

また飼育が容易なので多く飼うことができ、データがたくさん得られる。

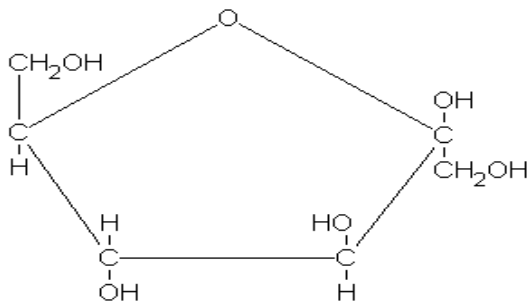
(2) 実験道具

- ・ 血糖計、血糖試験測定チップ(テルモ株式会社)
…血中のグルコース濃度(mg/dl)を測定する機器。測定には1.2 μ lの血液が必要
- ・ 注射器(テルモ株式会社) 予防注射用・最大容量1ml
…皮下注射に使用した。
- ・ その他
メス、フラスコ、ビーカー
- ・ 糖(グルコース、スクロース、マルトース、フルクトース)
…多くの食品に含まれている代表的な単糖類と二糖類

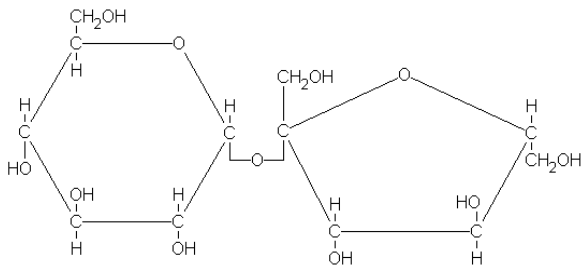
グルコース 二糖類や単糖類を構成する主要な糖。体内でこの形で消費される。



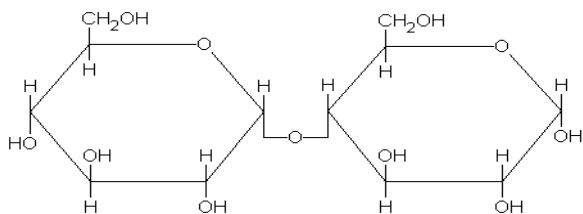
フルクトース 糖類で最も甘い。果汁、蜂蜜などに存在する。



スクロース グルコースとフルクトースが結合した糖。サトウキビなど植物中に広く存在する。



マルトース グルコースが二分子結合した糖。水あめの主成分。発芽中の種子などに含まれる。



(3) 飼育方法

おす、めす 16 匹ずつ飼育した。プラスチック製の容器にシュレッターにかけた紙をしきつめて容器 1 個につき 4 匹のマウスを飼った。えさは市販の固形飼料 (lab diet) を与えた。水も与えた。

水、飼料ともに絶やさないようにした。週 2 回掃除した。

(4) 予備実験

目的 ・大まかな血糖値の推移を把握する。
 ・糖濃度の確認。(人間点滴用のグルコース濃度は 5% だがマウスも同じ濃度でよいのか調べる。)

方法 マウスを 4 時間絶食させグルコースを体重 1 kg につき 1g 皮下注射し血糖値変化を 20 分ごと測定した。計測は尾静脈に注射器の針を刺し血液を流出させて計測した。



結果

5% で血糖値が上昇し、その後 2 時間で血糖値が元に戻った。その後生命活動に支障は出なかった。よって 5% は適切であった。予備実験の結果をふまえて以下のように実験方法を設定した。

(5) 実験方法

- ①各糖に 8 匹のマウスを使用した。(おす、めす 4 匹ずつ)
- ②4 時間絶食させた後、初期値を測る。
- ③各マウスの体重を測る。
- ④体重 1 kg につき 1g の糖を 5% 溶液にして皮下注射する。つまりこの場合、体重 1 g につき 0.02 ml 溶液を注射するのである。
- ⑤糖を注入してから 20 分おきにマウスの血糖値を計 6 回測定する。測定には予備実験と同じ方法を用いた。
- ⑥ネズミに注射をしたダメージ緩和のため数日おきに、各糖おすめす 4 匹ずつ計 3 回の計測を行

った。(各糖24回)

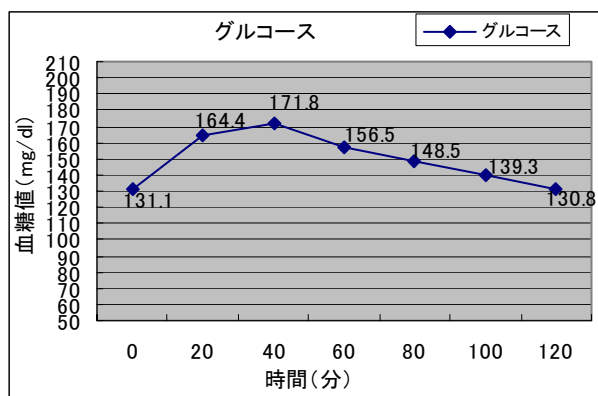
4 結果

各糖の24回分のデータを、平均し、以下の表にした。

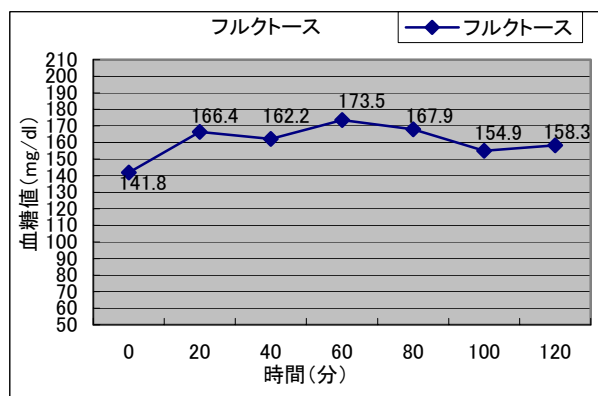
表1 糖投与後20分ごとの血糖値

	0	20	40	60	80	100	120
グルコース	131	164	172	157	149	139	131
フルクトース	142	166	162	174	168	155	158
マルトース	124	161	175	177	164	153	145
スクロース	137	140	152	136	128	129	135

各糖の変化を見やすくするためにグラフにした。



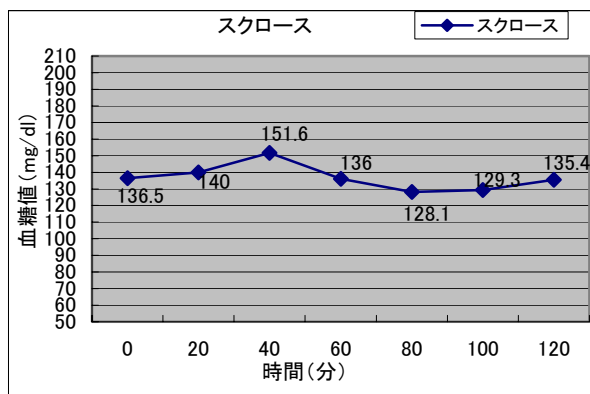
グラフ1. グルコース投与後の時間ごとの血糖値変化
 グラフ1よりグルコースの場合は、40分後に最高値をとる上昇が見られ、0分~20分にかけて大きく上昇する。その後はおだやかな下降を続け、120分後には初期値へと戻る。



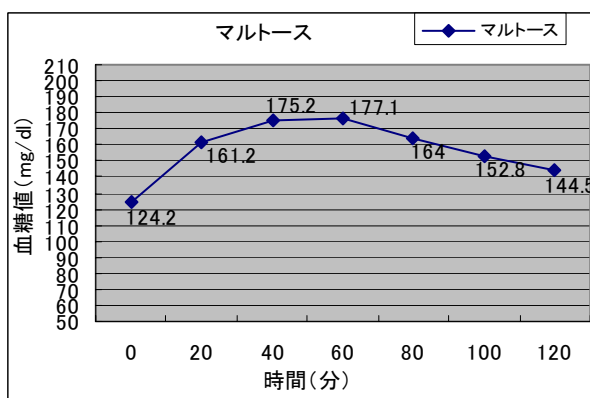
グラフ2. フルクトース投与後の時間ごとの血糖値変化
 グラフ2よりフルクトースの場合は、投与後0分~40分と40分~100分で上昇と下降が見られ、2つの山があることがわかる。(山とは上昇

し下降する一連の流れを言う)

また、60分後に最高値をとる。そしてグルコースと違い、120分で元の値に戻らず、再び上昇した。



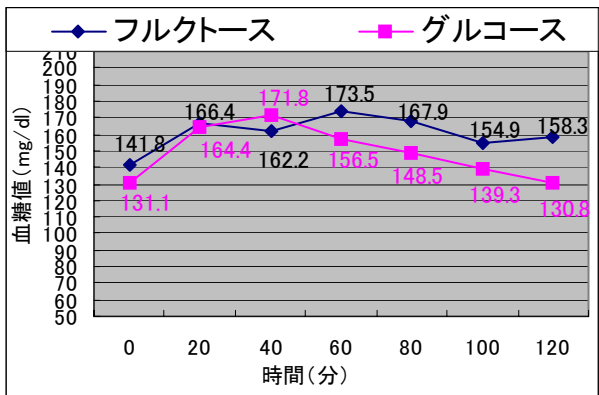
グラフ3. スクロース投与後の時間ごとの血糖値変化
 グラフ3よりスクロースは、40分後に最高値をとる。上昇が見られ、20分~40分にかけて大きく上昇する。その後80分まで下降し、100分~120分で再び上昇した。



グラフ4. マルトース投与後の時間ごとの血糖値変化
 グラフ4よりマルトースの場合は、60分後に最高値をとる上昇が見られ、0分~20分にかけて大きく上昇する。その後120分後までゆるやかな下降を続け、元の値へと近づいていく。

5 考察

(1) グルコースとフルクトースの比較

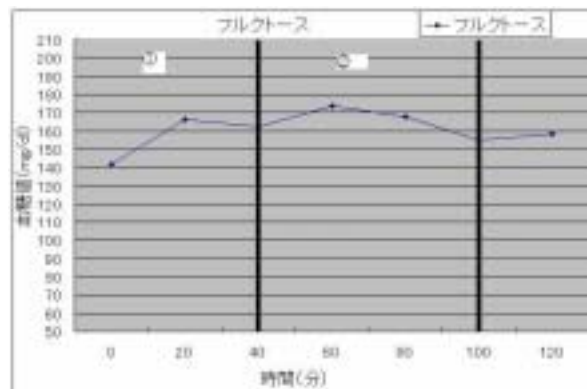
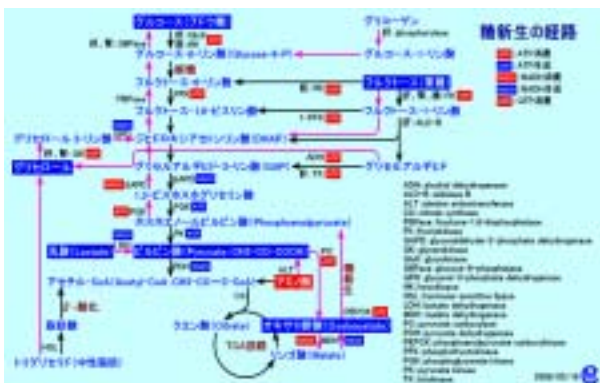


グラフ5. グルコースとフルクトースの血糖値変化

グラフ5よりグルコースとフルクトースは、同じ単糖類の糖であるが、グラフの形は大きく異なることがわかる。

実験に用いた測定器を、グルコースとフルクトースにそれぞれ反応させてみると、グルコースには反応するが、フルクトースには反応しないことがわかった。つまり、フルクトースのグラフの変化はグルコースによるものである。よって、フルクトースは体内でグルコースに変換されることがわかる。

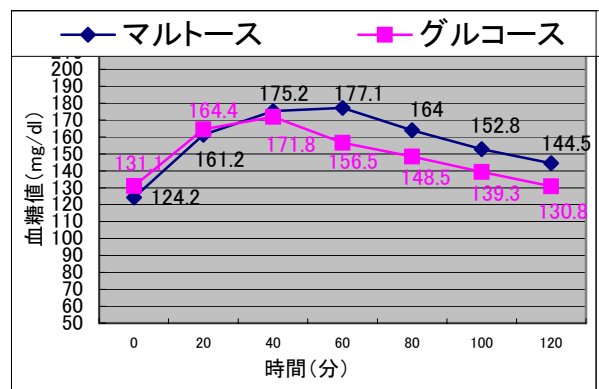
文献で調べた結果、下の図のようにフルクトースが肝臓でグルコースに至るまでの経路が多数存在することがわかった。



グラフ6. 3つの時間帯に区分したフルクトース

グラフ6よりフルクトースのグラフには、結果から①0分～40分、②40分～100分と2つの山が見られる。また、0分～20分、40分～60分、100分～120分と、時間がたつにつれ、上昇の傾きは小さくなっている。それに対し、20分～40分、60分～100分と、下降の傾きは時間がたつにつれて大きくなっている。よって、120分以降のグラフは、いくつかの山を繰り返しながら、元の値へと戻っていくと考えられる。それぞれの山がグルコースのグラフにおいての上昇・下降であると考え、フルクトースのグラフは、グルコースの変化が繰り返されてきたものと考えられる。山ごとに、上昇・下降する時間にズレが生じるのは、フルクトースからグルコースに変換される過程で要する時間の違いがあるからだと考えた。

(2) グルコースとマルトースのグラフの比較

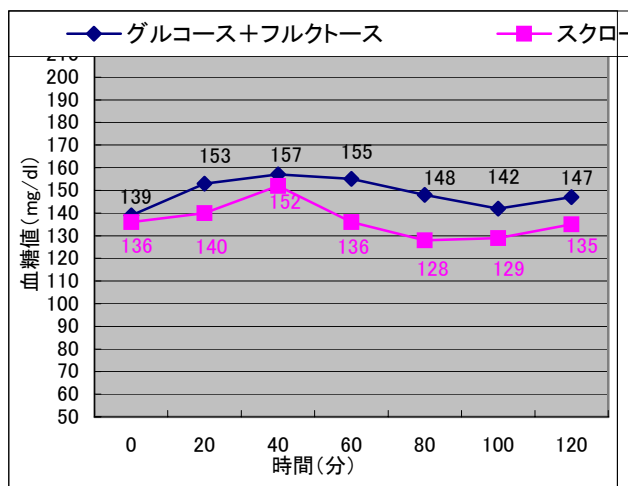


グラフ7. グルコースとマルトースの血糖値変化

グラフ8よりグルコースより血糖値の最高値を示すまでに時間がかかる。測定器はマルトースに反応しないが、血糖値は糖注入後より上昇していることから、マルトースは血中でグルコースに分

解されていると考えられる。また、マルトースは2つのグルコースに分解されるためブドウ糖よりも上昇が緩やかで元の血糖値に戻るのに時間がかかるので持続性があると考えられる。

(3) スクロースと(グルコース+フルクトース)の比較



グラフ 8.

※上の(グルコース+フルクトース)のグラフとはグルコースとフルクトースの値の平均値を出し、グラフ化したものである。

グラフ 8 からグルコースとフルクトースをあわせたグラフは40分で最高値をとり、40分～100分まで下降し、100分～120分で再び上昇という点で、スクロースのグラフに近似している。

合成した結果、変化の仕方が近似していることと、スクロースは血糖値測定器に反応しないことから、スクロースはグルコースとフルクトースに分解し、またグルコースとフルクトースの両方が作用していると考えられる。よって、スクロースはグルコースとフルクトースに分解されて、体内で吸収されると考えられる。

6 まとめ

- ・ フルクトース、グルコースは単糖類に属しているから、急激な血糖値の上昇、下降がみられると考えたが、グルコースは、確かに二糖類のマルトースと比べて、上昇・下降が激しかった。一方フルクトースは予想に反し上昇・下降を繰り返すグラフとなった。
- ・ 各糖の最高点は変わらないと考えたが、表 1

から、スクロースだけ低くなった。このことは、分解されて生じたフルクトースが肝臓で分解するまでの時間の差が原因であることがわかった。

- ・ マルトース、スクロースは実際に血糖値が上がることから、血中でもグルコースに分解されることがわかった。
- ・ グルコースは血糖値を急激に上げるので、低血糖状態に陥った場合など、緊急に血糖値をあげる必要があるときには役に立つ。
- ・ すべての糖は最終的にはグルコースへと分解されることがわかった。
- ・ フルクトースは上昇が緩やかなため、インスリンは一度に大量に出ない。よって糖尿病患者の体にも負担が少なく、安心して摂取されることがわかった。
- ・ マルトースは2つのグルコース分解されるため、最高値となるまでに時間がかかった。

7 感想

はじめは、二糖類が単糖類に分解されると仮説を立てたが、この実験を通してフルクトースから、グルコースへの変換も行われることがわかった。地球上にはたくさんの種類の糖が存在するが、体内に取り入れられると、最終的には、すべてグルコースに変化して吸収されることがわかった。これによってグルコースは生命活動のためには重要な物質であることを改めて感じた。グラフに示したように、グルコースに変化するまでの様子は、糖の種類によって大きく異なるので、糖それぞれの特徴を生かして用いることで、血糖値のコントロールも可能になるのではないかと思った。

8 参考文献

- ・ 実験生物講座 12 ホルモン生物学：江上信夫、石井進（1982）
- ・ 果糖の代謝

http://hobab.fc.2web.com/sub4-Fructose_Metabolism.htm