

<安定同位体を用いた胃内容排出時間の評価方法の確立>

研究年度 令和3年度

研究代表者名 飛奈卓郎

共同研究者名 竹内昌平・富賀理恵

I. はじめに

アスリートに対する消化吸収の研究では飲料を用いることが多く、固形食を用いることが少ない。しかし、実際には飲料の摂取を伴う固形食で栄養補給を行うことが多いことから、混合摂取の条件で研究が行われることが望ましい。胃内容排出速度の評価方法の1つである¹³C呼気試験法で用いられる¹³C-sodium acetateは水溶性であり、固形食と飲料の混合摂取時に先に胃から排出される懸念がある。また、¹³C呼気試験法の評価指標であるTmaxは目視法により決定することが推奨されているが、その判断が難しく、個人差も大きいため、より標準的な算出方法の確立が求められる。

ところで、近年、スポーツ栄養の発展に伴い、アスリートが自分のコンディショニングに関心を持つようになった。自分自身の消化吸収の特性を知ることは、栄養補給を行う上で大切なことだが、従来の胃内容排出速度の評価方法は特殊な設備がなければ簡単に行うことができない。そこで、トレーニング施設に設置されている生体電気インピーダンス法（BIA）を活用できないかと考えた。食物が胃及び小腸に流入すること、食事による代謝亢進で乳酸が生成・代謝され、体水分が増加することで、体幹部の抵抗値に変化がみられるかもしれない。抵抗値を用いた簡易的な胃内容排出速度の評価法が確立できれば、スポーツ栄養の分野のさらなる発展に貢献できる。

以上より、¹³C-sodium acetateを用いた測定における固形食と飲料の混合摂取が胃内容排出速度に与える影響、連続して得られる呼気の¹³CO₂濃度の変化から¹³CO₂/¹²CO₂のピーク到達時間を評価する方法、体幹の生体電気抵抗値の変化から胃内容排出速度の推定が可能かを検討することを目的とした。

II. 方法

1. 対象者

対象者は治療中の消化器系疾患がなく、同意を得られた8名の女性とした。

2. 測定時期

月経周期が胃内容排出速度に影響を与えるという報告があることから、測定は黄体期に行った。

3. 本試験

安静時呼気ガスの採取を行った後、¹³C-sodium acetate 200mgを添加した試験食（水、米飯、米飯と水の混合）を決まった時間で摂取し、試験食摂取後は速やかにフェイスマスクを装着してもらった。その後、生体ガス分析用質量分析装置を用いて、180分間呼気ガスを採取した。得られた呼気ガスデータは5分毎の平均値にし、それを一次微分してグラフ化し、従属変数が最初にマイナスになったプロットと、ひとつ前のプロットで一回帰式を求め、Y=0の際のXの値をTmaxとした（図1）。最初にマイナスになったプロットが明らかに他のものから外れていると判断した場合には、初期段階の変化量から適当なプロットの決定をした。

呼気ガスを採取している間に、特定の時間に血糖値を13回、乳酸を10回、生体電気抵抗値を9

回測定した。耳朶の血液から血糖値は自己検査用グルコース測定器、乳酸はラクテート分析装置を用いて測定した。生体電気抵抗値の測定は生体インピーダンス法を用いた。

Ⅲ. 結果・考察

1. 混合摂取が胃内容排出速度に与える影響

^{13}C -sodium acetate を用いた胃内容排出速度の評価では、固形食と一緒に飲料を摂取することで、 T_{max} が血糖値のピークよりも早く現れることを懸念していた。混合摂取では T_{max} と血糖値のピークタイムに有意差が認められ、飲料の摂取が胃内容排出速度を実際よりも早く評価してしまう恐れがあるとの結果を得た。しかし、混合摂取が米飯のみ摂取したときに比べ、 T_{max} と血糖値のピークタイムのどちらも有意に早くなっていたことから、 ^{13}C -sodium acetate の特性に関係なく、飲料の影響で消化吸収が速やかに行われることが明らかとなった（図2）。

運動後 30 分以内に飲料を用いて糖質補給することが筋グリコーゲンの回復を早めるとの報告があり、国際スポーツ栄養学会でも運動後 30 分以内の糖質補給が推奨されているが、回復に必要な糖質を飲料のみで摂取することは困難であり、固形物を用いるほうが少ない摂取量で糖質を補給できる。本研究では、混合摂取が米飯のみより消化吸収が早くなっていたことに加え、水のみと混合摂取の T_{max} に有意差が認められなかった。混合摂取を行うことで、より楽に 30 分以内の糖質補給できるかもしれない。さらに糖質とタンパク質と一緒に摂取することは筋グリコーゲンの貯蔵をより効果的にするという報告があることから、糖質、タンパク質、水を混合摂取したときの消化吸収はどのようになるか検討することが今後の課題である。

2. $^{13}\text{CO}_2/^{12}\text{CO}_2$ のピーク到達時間の評価方法

これまで標準案として提示されていた T_{max} の算出方法では、 T_{max} の決定が困難であることや、胃内容排出速度の評価としての精度に不安が残ることがあった。本研究では、検討した方法で算出した T_{max} を血糖値のピークタイムと比較し、その妥当性について評価した。混合摂取では有意差を認め、有意な相関は見られなかった。上述したように ^{13}C -sodium acetate が水と一緒に流れたためとかもしれない。しかし、米飯のみでは T_{max} とピークタイムに有意差は認められず、有意な相関を認めた。今後更に検討を重ねることで、 $^{13}\text{CO}_2/^{12}\text{CO}_2$ の変化量からピークを算出する方法を、固形物の T_{max} を求める新たな算出法として提案できるかもしれない。

3. BIA を用いた胃内容排出速度の評価方法

これまで、測定前に飲料を含む食事の摂取は生体電気抵抗値を正確に測定できない要因とされ、ガイドラインにも、測定の4時間前から絶飲食するように記載されていた。本研究では、その食事によって変化する抵抗値に注目し、消化吸収が評価できるのではないかと着想した。経時的変化が見やすいものが 250kHz の抵抗値であり、消化吸収を評価できるかどうかを検討するために、今回は 250kHz の体幹の抵抗値を使用した（図3）。抵抗値の変化だけではピークを見つけることができなかったため、 T_{max} に近い時間の抵抗値と安静時の抵抗値を比較した。すると、水のみと混合摂取で T_{max} に近い時間の抵抗値と安静時の抵抗値の間に有意差が認められた。飲料を含む食事の摂取により、胃及び小腸へ食物が流入したこと、乳酸が生成・代謝され体水分が増加したこと、消化

器系への血流分配が優先されたことで、体幹の抵抗値が低下したと考えられる。

今回の結果では生体電気抵抗値から胃内容排出速度を評価する方法を提案することはできなかった。今後、体幹のみの抵抗値に注目すること、他の周波数の抵抗値を用いた式を考えることで消化吸収を評価できるようになるかもしれない。

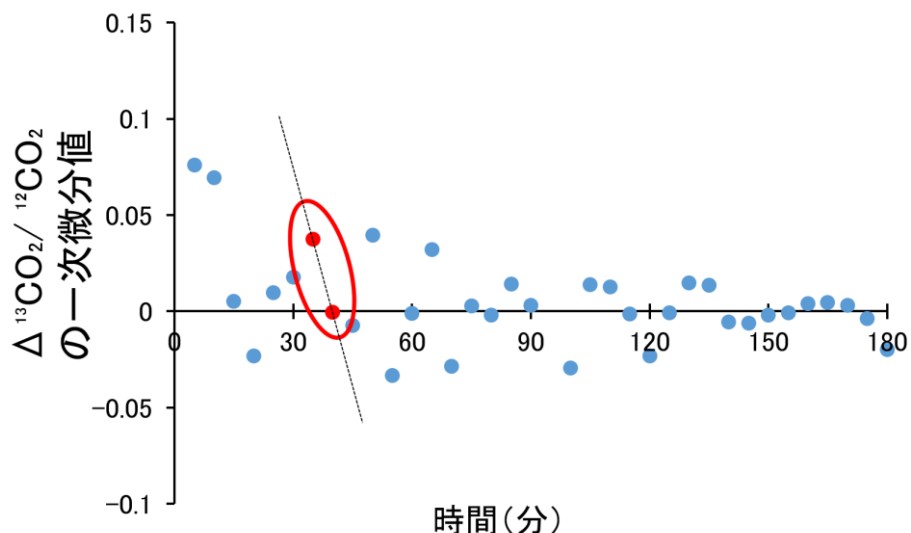


図 1. Tmax の算出方法

連続した呼気ガスデータを5分毎の平均値として、連続した3点以上の増加が認められた場合は除外する。マイナスになった点と直前の点の一次回帰式から $Y=0$ の時間を算出して Tmax とする。

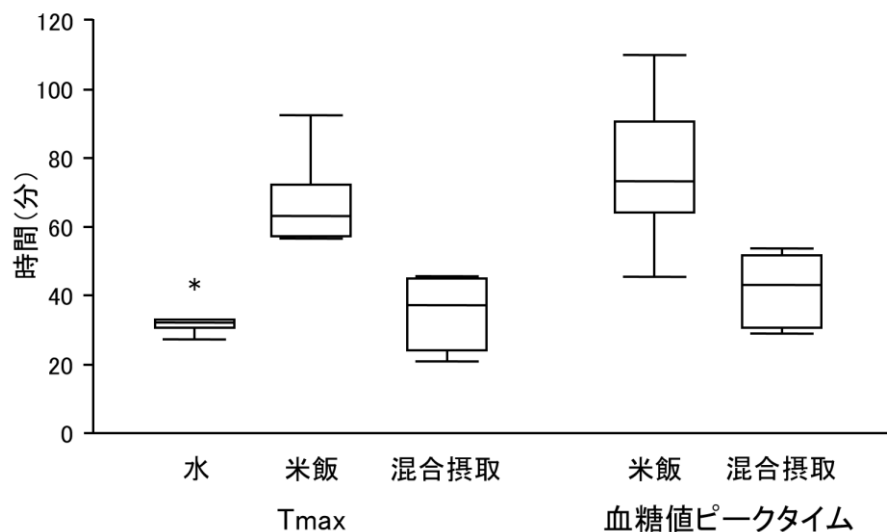


図 2. 混合摂取が胃内容排出速度に与える影響

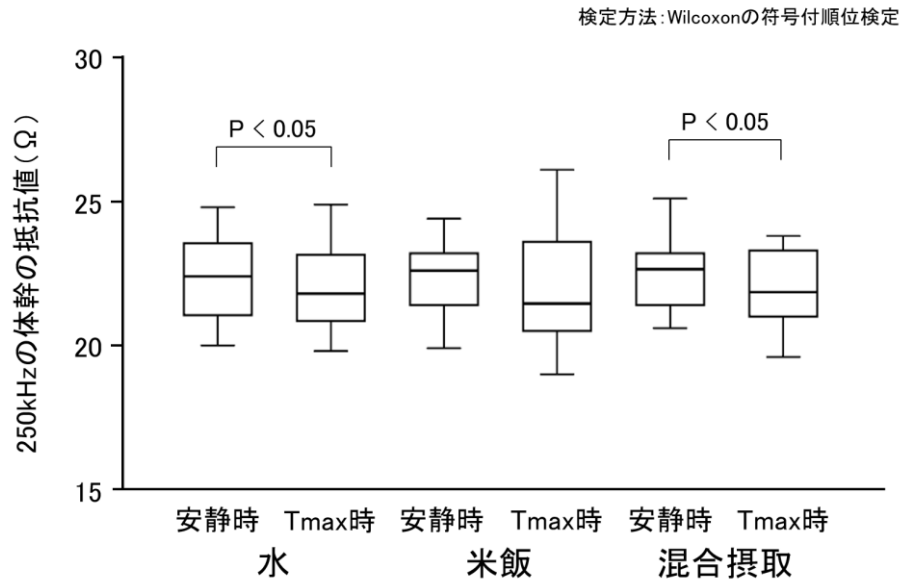


図3. BIA を用いた胃内容排出速度の評価方法