

共軸二重円筒形回転粘度計を用いた半固形化栄養剤の粘度の解析

Analysis of the Semisolid Fluid Nutrient with the Coaxial Double Cylinder Rotation Viscometer.

岸 和 廣

Kazuhiro KISHI

【はじめに】

誤嚥性肺炎の防止や胃内滞留時間の延長を目的として、半固形化させた栄養剤を用いる試みが行われている。市販の半固形化栄養剤のメーカーは独自に測定した粘度を公表しているが、粘度の測定条件は同一でなく、製品間の比較は困難である。本研究では、共軸二重円筒形回転粘度計を用いて、市販の半固形化栄養剤の粘度とずり速度との関連を観察し、どのような物性を持つのかを明らかにすることを目的とする。

(本研究は2017年度金城学院大学特別研究助成費の助成対象である)

【方法】

(1) 粘度の測定

本研究では、著者が先に報告した測定条件(岸2017)にて粘度を測定した。粘度計はブルックフィールドB型粘度計に共軸二重円筒形回転部を装着したシステム(以下、共軸二重円筒形回転粘度計:LVDV2T型、及び少量サンプルアダプター、SC4-14型スピンドル、いずれも英弘精機株式会社製)である。分析に用いたサンプル量は2.1mLである。

粘度はサンプル温度によって大きく変動するので、少量サンプルアダプターに循環型恒温槽(FUBER社製、MPC-K6型)を装着

し、サンプル温度を $25.0 \pm 0.1^\circ\text{C}$ にて測定した。

SC1-14スピンドルの回転数は5rpm(本システムにおけるずり速度 2.0S^{-1} に相当)から50rpm(本システムにおけるずり速度 20.0S^{-1} に相当)までとし、粘度測定時のトルク値が10~100%の間で得られた粘度($\text{mPa}\cdot\text{s}$)を有効な数値とした。同一サンプルにて粘度を3回測定し、それらの平均値を解析に用いた。

(2) 試料

本研究で用いた試料は、市販の半固形化栄養剤(濃厚流動食)である。

試料A(ハイネ®ゼリー黒糖風味、濃厚流動食品[ゼリータイプ]、株式会社大塚製薬工場製)、試料B(ハイネゼリーAQUA®, 濃厚流動食品[ゼリータイプ]、株式会社大塚製薬工場製)、試料C(PGソフトEJ、濃厚流動食[半固形タイプ]、テルモ株式会社製)の3種とした。

【結果】

半固形化栄養剤3種の粘度測定における、スピンドル回転数と粘度との関係を図1に、半固形化栄養剤3種のずり速度と粘度との関係を図2(両軸対数グラフ)に示す。

試料Aでは、ずり速度を $2.0\sim 20.0\text{S}^{-1}$ の範

共軸二重円筒形回転粘度計を用いた半固形化栄養剤の粘度の解析（岸 和廣）

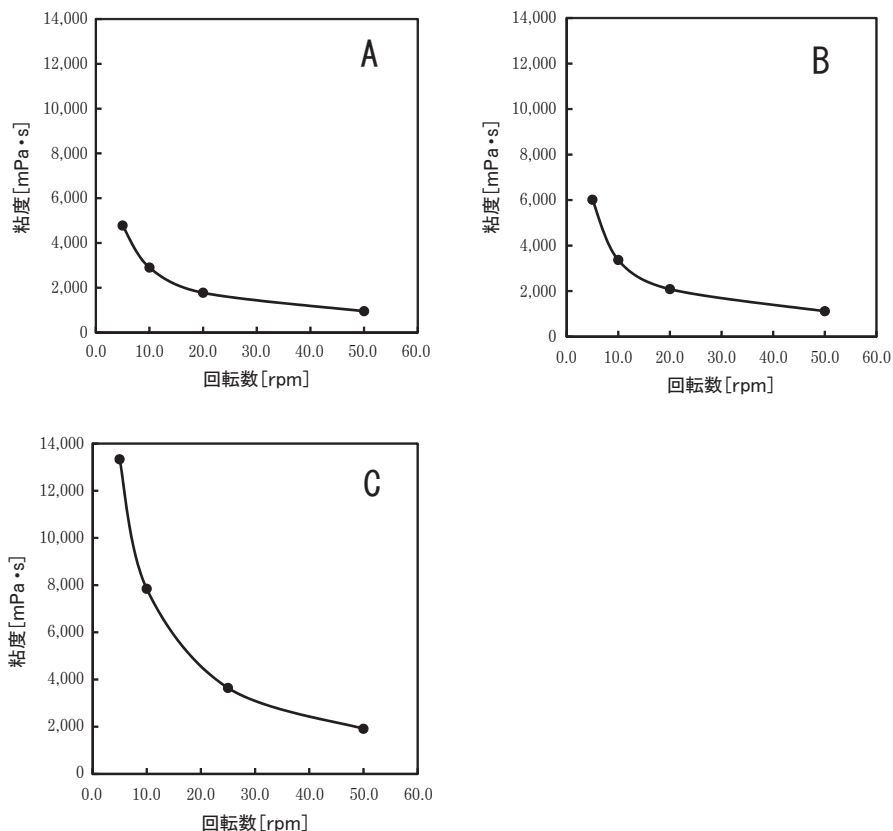


図 1 ローター回転数と粘度との関連

囲で変化させると、粘度は約4,800~1,000 mPa·sへと次第に下がり、x軸とy軸とを漸近線とする曲線状となった（図1 A）。この結果を両軸対数グラフに示すと再プロットすると右肩下がりの直線状となった（図2 A）。

試料Bでは、ずり速度を2.0~20.0 S⁻¹の範囲で変化させると、粘度は約6,000~1,100 mPa·sへと次第に下がり、x軸とy軸とを漸近線とする曲線状となった（図1 B）。この結果を両軸対数グラフに示すと再プロットすると右肩下がりの直線状となった（図2 B）。

試料Cでは、ずり速度を2.0~20.0 S⁻¹の範囲で変化させると、粘度は約13,000~2,000 mPa·sへと次第に下がり、x軸とy軸とを漸近線とする曲線状となった（図1 C）。こ

の結果を両軸対数グラフに示すと再プロットすると右肩下がりの直線状となった（図2 C）。

3種の試料を比較すると、最も高い粘度を示したのは試料Cであった。

【考察】

今回の半固形化栄養剤3種は、同一温度（25℃）において、ずり速度の上昇に伴う粘度の低下が見られ（図1）、ずり速度と粘度との関係を両軸対数グラフ上にプロットすると右下がりの直線状になった（図2）。この結果から、本研究で用いた半固形化栄養剤は非ニュートン流体の物性を有していることが考えられる。

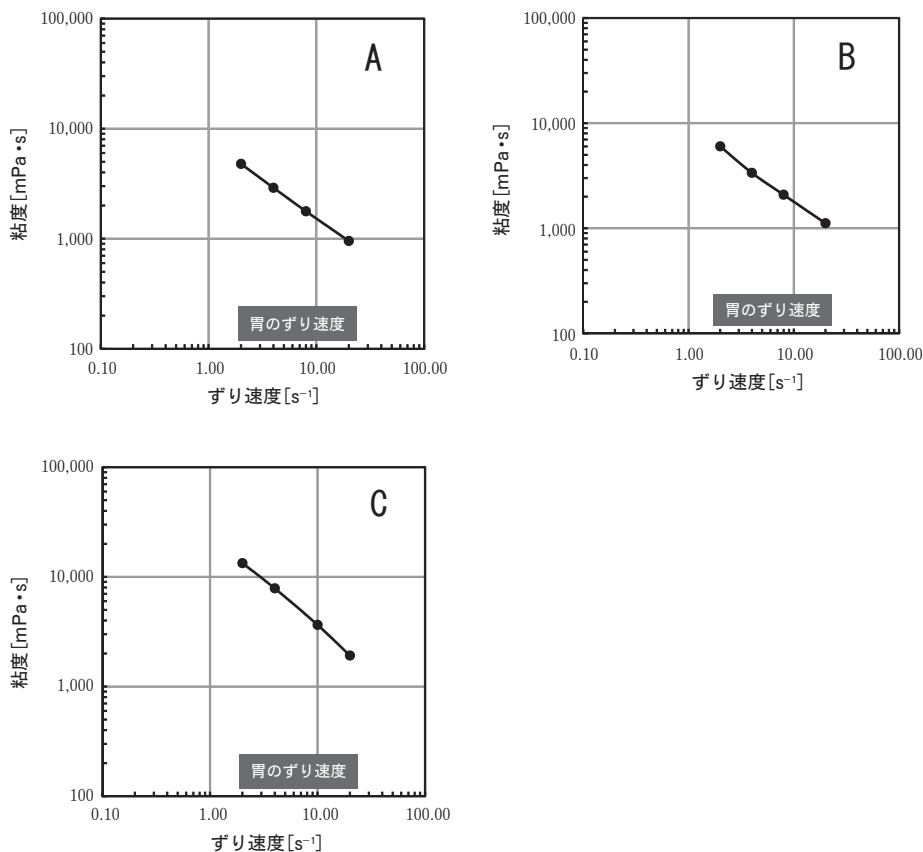


図2 ローター回転数とずり速度との関連（両軸対数グラフ）

また、本研究の結果は、山賀らが報告したコンプレート型回転粘度計（E型粘度計）及びスピンドル型回転粘度計（B型粘度計）による同一試料を分析した結果（山賀ら2011）と類似しており、共軸二重円筒形回転粘度計を用いて半固形化栄養剤を解析することが可能であることが明らかとなった。この報告では、E型粘度計とB型粘度計を用いて、9種の半固形化経腸栄養剤（本研究で用いた半固形化栄養剤3種を含む）の粘度測定を行っているばかりでなく、E型及びB型それぞれの粘度計の長所と短所について詳細に検討しており、半固形化栄養剤の粘度測定法についてはさらなる研究が求められると考察している。E型粘度計とB型粘度計の長所を兼ね備えて

いる共軸二重円筒形回転粘度計は、半固形化栄養剤の粘度測定の標準化に貢献できる可能性がある。

本研究で用いた半固形化栄養剤の組成をみると、増粘剤として試料A、Bでは、コラーゲン加水分解物やグアガム分解物、寒天（ゲル化剤）等が含まれており、試料Cでは、グルコン酸カルシウムやペクチン等が含まれている。著者は、粘度を持つ甘味料4種（水あめ、はちみつ、マルチトール配合シロップ及びレアシュガー配合シロップ）は、同一温度（25℃）において、ずり速度の変化に関わらず、粘度はほぼ一定、即ちニュートン流体であったことを共軸二重円筒形回転粘度計による解析で明らかにした（岸2017）。しかしな

がら、病者への提供を目的としている経腸栄養剤の栄養素組成やエネルギー比を考慮するとき、栄養剤の粘度を高める目的で甘味性の糖質を高濃度に配合することはできない。なぜなら、好ましい甘味を持ち、エネルギー源となるグルコースやスクロースは消化管で速やかに消化・吸収されて血糖を急激に上昇させてしまい、マルチロールのような難消化性の糖類は腹部膨満等の副作用をもたらす可能性があるからである。

本研究では、粘度測定のずり速度範囲を $2.0\sim 20.0\text{ sec}^{-1}$ となるように設定した。この範囲は、人体の胃のずり速度範囲と考えられており（合田2009, 藤谷2016）、半固形化栄養剤の胃内滞留の状態を考察することができるからである。今回用いた3種の半固形化栄養剤は、このずり速度の範囲内では粘度測定時にトルクオーバーを発生することはなかったことから、本研究における測定条件は、半固形化栄養剤の粘度を解析する上で適切であると考えられた。

しかしながら、半固形化栄養剤の粘度を解析した研究で得られた粘度の数値と、半固形化栄養剤のメーカーが公表している粘度の数値には大きな差がある。本研究で用いた試料A及びBでは、誤接続防止タイプのシリンジを通過させた試料をB型粘度計（ 20°C ）で測定した粘度を公表しており、具体的には3 rpmでの粘度は約 $24,000\text{ mPa}\cdot\text{s}$ 、6 rpmでは約 $12,000\text{ mPa}\cdot\text{s}$ 、12 rpmでは約 $6,000\text{ mPa}\cdot\text{s}$ としている。また、試料Cでは、B型粘度計（ 25°C ）で測定した粘度を公表しており、その数値は6 rpmでの粘度は $20,000\text{ mPa}\cdot\text{s}$ である。いずれの数値も本研究の結果で得られた数値よりも大きい（図1）。メーカー毎に粘度測定時の回転数や試料温度が異なるばかりでなく、スピンドルの半径（内筒径）、測定に用いた容器の内径（外筒径）が記され

ておらず、ずり速度も明らかになっていないことから、異なるメーカーによる粘度測定の公表値との間、あるいは本研究結果とを単純に比較することは適切でない。非ニュートン流体の物性を持つ半固形化栄養剤の粘度を評価する際には、さらなる詳細な条件を確立していく必要がある。

本研究では、試料の温度を 25°C にて粘度測定を実施したが、半固形化栄養剤の消化管での物性変化を評価するためには試料温度を 37°C にて粘度測定を実施する必要がある。一般的には、温度の上昇に伴い分子の運動が活発になるので、試料の温度上昇に伴って半固形化栄養剤の粘度は低下することが考えられるが、今後、検証する必要がある。

また、胃内では胃酸によるpHの低下があるので、酸によるたんぱく変成に起因する粘度の上昇が考えられる。現在では、ハイネイゲル®（株式会社大塚製薬工場製）のように、投与時にはチューブを通過するが、胃内に入ると胃酸によりゲル化するように設計した「粘度変化型」の栄養剤も市販され、半固形化栄養剤の摂取後の粘度変化については今後も多角的に検証していく必要がある。

【結語】

本研究で用いた共軸二重円筒形回転粘度計において、流動性をもつ半固形化栄養剤の物性を解析できることが明らかとなった。今後は測定条件の検討を重ね、より多くの種類の栄養剤の粘度特性を分析できるように研究を推進していく。

【文献】

岸和廣, 共軸二重円筒形回転粘度計を用いた流動性食品の粘度の解析, 金城学院大学論集 自然科学編 第14巻, 第1号, 1-6 (2017)
山賀華奈子, 合田文則, 河本彩 他, 半固形化経腸栄養剤の物性測定方法についての検討, 静脈経腸

栄養26, 1247-1253 (2011)

合田文則, 飯島正平, 蟹江治郎 他, 栄養材の形状
と用語の統一, 臨床栄養114, 645-650 (2009)

藤谷順子, 飯島正平, 5つの濃度のニュートン流体
を用いた官能試験による, とろみ液の粘度測定条件
(ずり速度)の検討, リハビリテーション医学
53, 164-171 (2016)