

令和 2 年 6 月 16 日現在

機関番号：26401

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K12907

研究課題名(和文)臨床の場で行われている経腸栄養剤の半固形化法の問題解析と標準化法の提案

研究課題名(英文) Proposal of standardization method and problem analysis of semi-solidification method of enteral nutrients

研究代表者

隅田 有公子 (Sumida, Yukiko)

高知県立大学・健康栄養学部・助教

研究者番号：70781897

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、栄養素組成に特徴のある経腸栄養剤と市販の増粘剤の組み合わせによる半固形化の特性を明らかにするため、統一した測定条件下で物性評価を行った。粘度は、経腸栄養剤に含まれるたんぱく質量、脂質量、ミネラル量等の影響を受けることが明らかとなった。また、増粘剤によってその影響は異なっていた。さらに、粘度は同程度であっても、経腸栄養剤と増粘剤の組み合わせにより、硬さと付着性の値に相違がみられた。増粘剤の特性、経腸栄養剤との組み合わせを考慮し、経腸栄養剤の半固形化を行う必要があること、半固形化経腸栄養剤の物性は粘度だけでなく、他の物性指標も用いて複合的にみることが必要であることが示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

市販の増粘剤を用いた経腸栄養剤の半固形化について、本研究で得られた基礎的知見を基に、半固形化経腸栄養剤の効果的な調製、利用に繋がり、病院、介護施設や在宅での栄養管理に貢献することを期待する。また、半固形化栄養剤が同等の粘度であっても、他の物性指標に相違が認められたことから、市販半固形化経腸栄養剤において、粘度以外の指標の表示も求められる。

研究成果の概要(英文)：In this study, the gel properties were investigated to clarify the characteristics of semi-solidification by the combination of enteral nutrients and commercial thickeners. These properties were evaluated under a unified measurement condition.

It revealed that the viscosities of prepared samples were influenced by the amount of ingredients of enteral nutrients such as proteins, lipids, minerals, and so on. Also, the viscosities were different among the types of thickeners, even the same nutritional agent was used. Furthermore, even if the viscosities of semi-solidified nutrients were similar, the hardness and adhesiveness were different.

It is necessary to consider components of enteral nutrients and the characteristics of the thickeners, when the enteral nutrients were semi-solidified for the elder persons with dysphagia. To understand the gel properties of the semi-solidified nutritional agents, it is needed to consider not only the viscosity but also other physical indexes.

研究分野：臨床栄養

キーワード：半固形化栄養剤 経腸栄養剤 増粘・ゲル化調整食品

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

経口摂取が困難な患者の栄養管理では、消化管が機能している場合には、経腸栄養による栄養管理を行うことが優先される。しかし、従来の液体経腸栄養剤の注入では、胃食道逆流に伴う誤嚥性肺炎、下痢や嘔吐等の消化管症状、瘻孔周囲への漏れによる皮膚症状、過血糖といった耐糖能異常等の内分泌異常、廃用性萎縮や褥瘡等、経腸栄養剤が液体であるが故の合併症が問題となっていた。

それらの対策として、液体経腸栄養剤を増粘もしくは半固形化する試みがなされ、増粘もしくは半固形化によって液体経腸栄養剤でみられる合併症を防ぐことができると報告されている^{1) 5)}。この方法は、健常人が1回で食べる量を健常人が口の中で噛み砕いてできる半固形の食塊にして短時間で摂ることにより、胃の適応性弛緩を誘発し、正常な胃貯留能と胃排出能が得られると考えられている。半固形化経腸栄養剤は粘性摩擦力があり、胃内で滑ることのない十分な粘度、B型回転粘度計で20,000mPa・s(20、3~6rpm条件下)が必要であると報告されている^{1) 2)}。

市販半固形化栄養剤の表示粘度は各企業間で測定条件が統一されていないため、表記された物性値での製品間の比較評価は困難である。また、増粘・ゲル化調整食品(以下、増粘剤)を用いて液体経腸栄養剤を半固形化する方法は慣れれば短時間で簡単にできる方法であり、現状では病態別経腸栄養剤を用いる場合にはこの方法に限られている。増粘剤と経腸栄養剤は多数存在し、その組み合わせにより粘性が決定するため、取り扱いには注意を要する。しかしながら、臨床の場では、使用している経腸栄養剤に採用している増粘剤を添加し、使用者が感覚を頼りに調整しているのが現状であり、これまでに経腸栄養剤と各増粘剤による物性変化の特徴や適した増粘・ゲル化調整食品の検討、さらに、増粘・ゲル化調整食品を付加した場合の経腸栄養剤の消化・吸収への影響の検討は十分されていない。

2. 研究の目的

本研究では、栄養素組成に特徴のある経腸栄養剤と市販の増粘剤の組み合わせによる半固形化の特性を明らかにするため、統一した測定条件下で粘度、硬さ、凝集性、付着性の物性評価を行い、半固形化時のゲル特性を検討した。

3. 研究の方法

(1) 試料(経腸栄養剤と増粘剤)

試料として、耐糖能異常用栄養剤や腎機能障害用栄養剤、肝機能障害用栄養剤、免疫調整栄養剤等を含む経腸栄養剤17種類(エンシュア・リキッド[®](アボット ジャパン(株))、オキシーパ[®](アボット ジャパン(株))、プルモケア[®]-Ex(アボット ジャパン(株))、インスロー[®](株) 明治)、リソース[®] グルコバル(ネスレ日本(株))、グルセルナ[®]-REX(アボット ジャパン(株))、リーナレン[®]LP((株) 明治)、レナウェル[®]3(テルモ(株))、レナジーbit((株) クリニコ)、インパクト。(ネスレ日本(株))、プロシユア。(アボット ジャパン(株))、ヘパス((株) クリニコ)、アミノレバン[®].EN(大塚製薬(株))、ペプタメン[®]スタンダード(ネスレ日本(株))、ツインライン[®].NF 配合経腸用液(大塚製薬(株))、ペプチャーノ。(テルモ(株))、エレンタール[®](EA ファーマ(株)))を用いた。アミノレバン[®].EN とエレンタール[®]は、ミネラルウォーター奥大山の天然水(サントリーフーズ(株))を用いて1kcal/mLに調製した。併せて、市販の増粘剤6種類(デンブン系増粘剤1種: ムースアップ((株) フードケア)、グァーガム系増粘剤1種: ハイトロミール((株) フードケア)、キサンタンガム系増粘剤3種: ソフティア1SOL(ニュートリー(株))・ソフティアS(ニュートリー(株))・ソフティアSUPER S(ニュートリー(株))、カラギナン混合キサンタンガム系増粘剤1種: つるりんこ牛乳・流動食用((株) クリニコ))を用いた。各組み合わせに対して3回測定を行った。

(2) 経腸栄養剤のpH測定

経腸栄養剤のpHは、コンパクトpHメータ(LAQUAtwin、アズワン株式会社)を用いて測定した。

(3) 半固形化経腸栄養剤の調製

直径44mmの円筒プラスチック容器に各種経腸栄養剤100mLに各種増粘剤5gを添加しながら、スパーテルで3回/秒の速さで2分間攪拌し、30分静置したものを半固形化経腸栄養剤として用いた。なお、カラギナン混合キサンタンガム系増粘剤は製品の使用方法に準じ、攪拌静置後、再び同様の速さで30秒間再攪拌したものを使用した。試料の調製、静置、測定は恒温槽を用いて20℃で行った。

(4) B型回転粘度計による粘度測定

粘度は「高齢者用食品の表示許可の取扱いについて」⁶⁾の試験方法に従い、B型回転粘度計(TVB-10M形粘度計、東機産業株式会社)を用いて、12rpm、2分間回転後の示度を測定した。また、市販半固形化経腸栄養剤の測定で用いられている6rpmでも測定を行った。併せてTI(Thixotropic index)値を求めるために60rpmにおいて測定を行った。測定にはロータNo.23を使用した。

(5) テクスチャー試験

クリープメータ(RE2-33005B、株式会社山電)でテクスチャー試験を行い、硬さ、凝集性、付着性を求めた。測定は「えん下困難者用食品の基準」⁷⁾に従い、試料を直径40mm、厚さ15mmの容器に充填し、直径20mmのプランジャーを用いて、圧縮速度10mm/秒、クリアランス5mmで行った。

4. 研究成果

(1) 各種増粘剤で調製した半固形化栄養剤の物性比較

6rpm で測定した粘度と 12rpm で測定した粘度の間に有意な正の相関がみられた ($r=0.993$, $P<0.001$)。後述では、6rpm で測定した粘度の結果を用いた。

二元配置分散分析の結果より、経腸栄養剤の種類および増粘剤の種類によって、粘度、TI 値、硬さ、凝集性、付着性に有意な差がみられた。また、これらの値に対して、経腸栄養剤と増粘剤の間に相互作用がみられた。

各種増粘剤で半固形化を行った際の半固形化経腸栄養剤の粘度、TI 値、硬さ、凝集性、付着性の結果を示す (図 1)。粘度は、ハイトロミールによる半固形化で他の増粘剤と比較し、有意に高かった (図 1a)。増粘多糖類単独の場合、グァーガムは同量のキサンタンガム添加よりも高い粘度が得られることが報告されており⁹⁾、本試験で複数の栄養素が含まれる経腸栄養剤においても同様の結果が得られた。TI 値は、つるりんこ牛乳・流動食用で他の増粘剤と比較し、有意に高かった (図 1b)。硬さは、ムースアップによる半固形化で、ハイトロミール、ソフティア SUPER S、つるりんこ牛乳・流動食用と比較して有意に低く、ハイトロミールによる半固形化で、ソフティア SUPER S 以外の増粘剤と比較して有意に高かった (図 1c)。凝集性は、ムースアップにおいて、ハイトロミール以外の増粘剤と比較して有意に高かった。また、ハイトロミールの凝集性は、つるりんこ牛乳・流動食用と比較して有意に高かった (図 1d)。付着性は、ムースアップによる半固形化で、ハイトロミールとソフティア SUPER S と比較して有意に低かった。また、ハイトロミールの付着性は、他の増粘剤と比較して有意に高く、ソフティア SUPER S の付着性は、つるりんこ牛乳・流動食用と比較して有意に高かった (図 1e)。

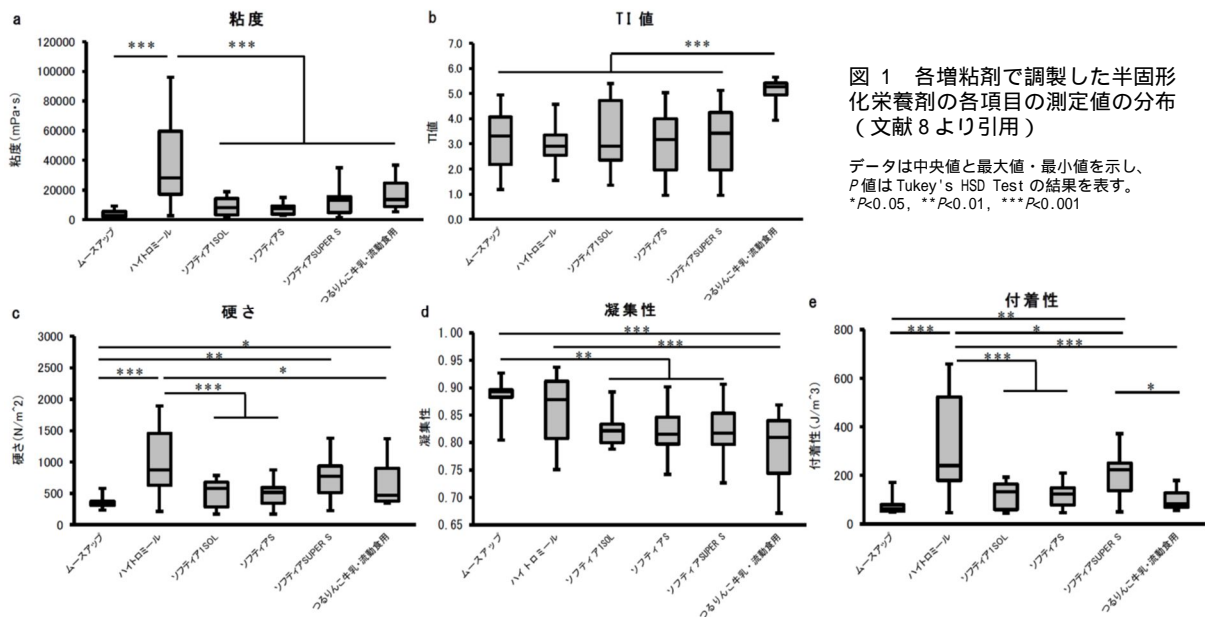
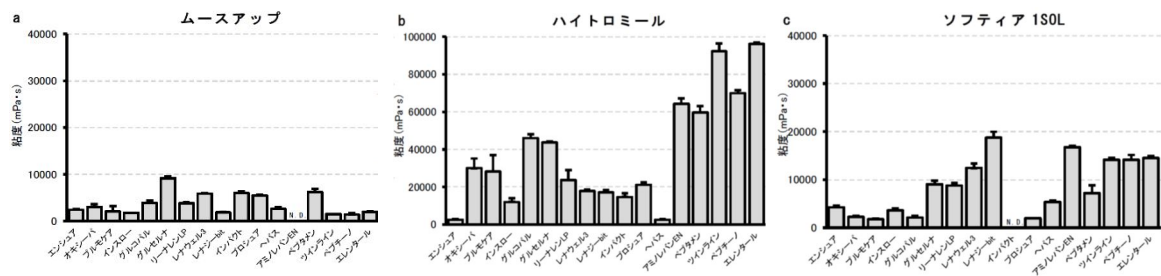


図 1 各種増粘剤で調製した半固形化栄養剤の各項目の測定値の分布 (文献 8 より引用)

データは中央値と最大値・最小値を示し、 P 値は Tukey's HSD Test の結果を表す。
* $P<0.05$, ** $P<0.01$, *** $P<0.001$

(2) 半固形化栄養剤の粘度と経腸栄養剤に含まれる栄養素量等との関係

各種増粘剤で半固形化を行った際の半固形化経腸栄養剤の粘度を示す (図 2)。ムースアップによる半固形化では、粘度は他の増粘・ゲル化調整食品と比較し低かった。一方、ハイトロミールによる半固形化では、特に成分栄養剤、消化態栄養剤との組み合わせで粘度は高かった。キサンタンガム系のソフティア 3 種は、各種経腸栄養剤との組み合わせによる粘度の高低の傾向は同様で、特にソフティア SUPER S で粘度が高い傾向にあった。キサンタンガムにカリウムやカルシウムといったミネラルを添加すると粘度が増加することが知られている⁹⁾¹⁰⁾。ソフティア SUPER S には塩化カリウムが添加されているため、粘度が高くなったと考えられる。つるりんこ牛乳・流動食用による半固形化では、成分栄養剤、消化態栄養剤との組み合わせで、粘度は低い傾向にあった。半消化態栄養剤ではたんぱく質含量の少ない腎機能障害用栄養剤において、粘度は低い傾向にあった。



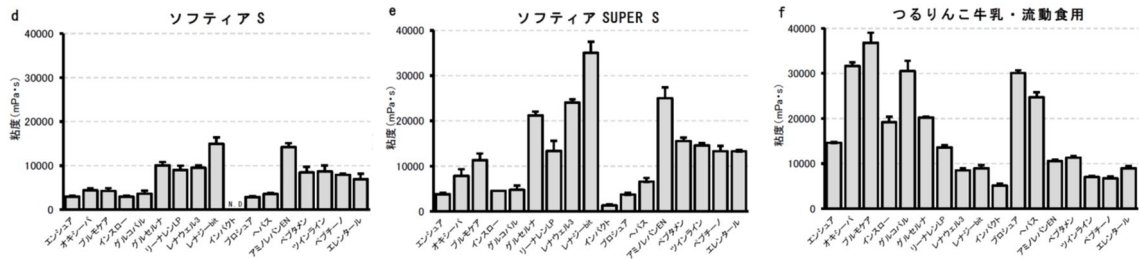


図2 各増粘剤による半固形化時の粘度（文献8より引用）

データは平均値±標準偏差を示し、N.D.はnot detectedを表す。

各種増粘剤で半固形化を行った際の半固形化経腸栄養剤の粘度と経腸栄養剤含有エネルギーおよび栄養素量、経腸栄養剤のpHとの相関を解析した。ムースアップによる半固形化で、粘度と栄養素量、pHに相関はみられなかった。ハイトロミールによる半固形化で、粘度と食物繊維量に負の相関がみられた。キサンタンガム系増粘剤3種による半固形化で、粘度は経腸栄養剤に含まれるたんぱく質量、Na量、K量、Ca量、Mg量、P量、経腸栄養剤のpHと負の相関がみられた。経腸栄養剤に含まれるミネラル量と粘度の逆相関性について、本試験では市販の増粘・ゲル化調整食品と経腸栄養剤を使用したため、様々な含有成分が相互作用し、先行研究の増粘多糖類単独で行った試験と異なる結果になったと考えられる。詳細については、今後検討が必要である。つるりんこ牛乳・流動食用による半固形化で、粘度は経腸栄養剤に含まれる脂質量、K量、Ca量、Mg量、P量と正の相関がみられた。カラギナン混合キサンタンガム系増粘剤は、キサンタンガム系増粘剤とは異なり、粘度とミネラル量に正の相関がみられ、これは、カラギナンの硫酸基がマイナスの電荷をもつため、プラスの電荷を持つミネラルを添加すると、これらが硫酸基と引きつけ合い、より強固な編目構造となる¹¹⁾¹²⁾ことによるものと考えられる。また、カラギナンはたんぱく質と相互作用し、粘度が高くなる¹¹⁾¹²⁾。本試験では、経腸栄養剤に含まれるたんぱく質量と粘度に有意な相関はみられなかったが、たんぱく質含有量の少ない腎機能障害用栄養剤の粘度は低い傾向を示した。また、本試験で使用した経腸栄養剤は、たんぱく質源が主にたんぱく質である半消化態栄養剤だけでなく、たんぱく質源がペプチドやアミノ酸まで分解された消化態栄養剤や成分栄養剤を用いた。消化態栄養剤、成分栄養剤との組み合わせでは粘度が低い傾向があり、たんぱく質の構成によって粘度が影響されることが示唆された。

本試験から、粘度は経腸栄養剤に含まれるたんぱく質量、脂質量、食物繊維量、ミネラル量による影響を受けることが明らかとなった。また、使用する増粘剤によってその影響も異なっていた。これらのことから、増粘剤の特性、経腸栄養剤との組み合わせを考慮し、経腸栄養剤の半固形化を行う必要があると考えられる。

(3)各物性指標の相互関係

粘度とテクスチャー試験の指標（硬さ、凝集性、付着性）の相関を解析した。粘度は硬さと付着性の間に有意な正の相関がみられた（図3）。しかし、粘度は同程度であっても、経腸栄養剤と増粘剤の組み合わせにより、硬さと付着性の値に相違がみられた。一方、粘度は凝集性とは相関はなかった。全ての半固形化経腸栄養剤の凝集性は0.67~0.93であり、カラギナン混合キサンタンガム系増粘剤であるデンブンス系増粘剤のムースアップ、グァーガム系増粘剤のハイトロミール、キサンタンガム系増粘剤3種、つるりんこ牛乳・流動食用の順に値は高かった。また、TI値とテクスチャー試験の3指標の相関を解析すると、TI値と硬さ、TI値と凝集性の間には、それぞれ有意な正の相関（ $r=0.471$ $P<0.001$ ）、負の相関がみられた（ $r=-0.429$ $P<0.001$ ）。TI値は付着性とは相関はなかった。

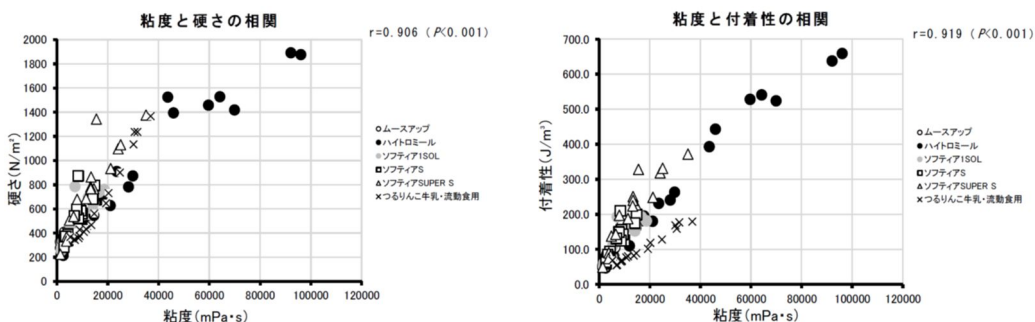


図3 粘度と硬さ、付着性の相関（文献8より引用）

データは各経腸栄養剤と各増粘剤の組み合わせの平均値を示し、相関性はPearsonの相関係数で示した。

粘度は同程度であっても、経腸栄養剤と増粘剤の組み合わせにより、硬さと付着性の値に相違がみられた。半固形化経腸栄養剤の物性は粘度だけでなく、他の物性指標も用いて複合的にみるのが大切であると考えられる。そして、同程度の粘度であっても、凝集性や付着性が異なれば消化管での移行や逆流のしやすさも異なると考えられるため、今後の検討課題としたい。

< 引用文献 >

- 合田文則：胃瘻からの半固形化栄養材をめぐる問題点とその解決法．静脈経腸栄養, 23(2):235-241, 2008
- 合田文則, 名古将太郎, 七座洋一ほか：半固形食品による胃瘻からの短時間注入法の適応に関する検討．静脈経腸栄養, 19:154, 2004
- 金岡俊治：粘度調整食品を用いた経腸栄養の胃食道逆流に伴う誤嚥性肺炎の予防と患者の QOL に対する長期的影響．静脈経腸栄養, 20(1):65-69, 2005
- 合田文則：半固形化栄養剤（食品）による胃ろうからの短時間注入法, 臨床栄養, 106(6):757-762, 2005
- 爲季清和：粘度調整食品 REF-P1 と経腸栄養剤メイバランス 1.5 を用いた胃食道逆流に伴う誤嚥性肺炎の予防効果．静脈経腸栄養, 23(2):263-266, 2008
- 厚生省生活衛生局食品保健課新開発食品保健対策室長通知：高齢者用食品の表示許可の取扱いについて．衛新 15 号, 1994
- 厚生労働省：特別用途食品の表示許可等について．平成 21 年 2 月 12 日食安発第 0212001 号, 2009
- 隅田有公子, 竹井悠一郎：経腸栄養剤と増粘・ゲル化調整食品の組み合わせによる半固形化時のゲル特性比較．日本病態栄養学会誌, 2020 *In Press*
- 山崎ひろみ, 安積正芳, 菊川久夫ほか：半固形化した介護・治療食品の粘弾性挙動．東海大学紀要工学部, 53(1):7-12, 2013
- L. Ma, G.V.Barbosa-Cánovas: Viscoelastic Properties of Xanthan Gels Interaction with Cations. *J Food Sci*, 62(6):1124-1128, 1997
- 浅井以和夫, 大本俊郎, 甲田秀康：多糖類による食品物性形成．応用糖質科学, 43(3):385-392, 1996
- 林良純：カラギナンの特性と利用法．繊維と工業, 65(11):412-421, 2009

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 隅田有公子、竹井悠一郎	4. 巻 -
2. 論文標題 経腸栄養剤と増粘・ゲル化調整食品の組み合わせによる半固化時のゲル特性比較	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本病態栄養学会誌	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 高村泉紀、隅田有公子、新垣翼、見津田貴道、竹井悠一郎
2. 発表標題 市販の増粘・ゲル化調整食品で調製した半固化栄養剤の物性比較
3. 学会等名 第67回日本栄養改善学会学術総会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 隅田有公子、渡邊浩幸
2. 発表標題 経腸栄養剤に使用する各種増粘・ゲル化調整食品の半固化時のゲル特性比較
3. 学会等名 第22回日本病態栄養学会年次学術集会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 隅田有公子、竹井悠一郎、渡邊浩幸
2. 発表標題 経腸栄養剤と増粘・ゲル化調整食品の組み合わせによる半固化の特性比較
3. 学会等名 第5回日本栄養改善学会四国支部学術総会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	渡邊 浩幸 (Watanabe Hiroyuki)		
研究協力者	竹井 悠一郎 (Takei Yuichiro)		