

食物繊維に関連した研究

全般 General

2013

Slavin J. Fiber and prebiotics: mechanisms and health benefits. *Nutrients*. 2013 Apr 22;5(4):1417-35. doi: 10.3390/nu5041417.

- 食物繊維の健康利益が長期にわたり高く評価されてきた。食物繊維の高摂取は心血管疾患の減少と関連を示し、また、食物繊維は実際に食物繊維供給源から単離された多くの有効な緩下剤として腸の健康に役割を果たしている。食物繊維の高摂取には、体重低下との関連も認められている。
- 当初は多糖類のみが食物繊維に含まれていたが、最近の定義ではオリゴ糖類も食物繊維に含めている。これは公認の全食物繊維（TDF）法によって食物繊維とする化学的測定結果ではなく、それらの生理作用に基づいている。
- イヌリン、フルクトオリゴ糖及び他のオリゴ糖は、米国の食品表示で食物繊維に含まれている。加えて、オリゴ糖は最も有名な「プレバイオティクス」とされている。プレバイオティクスは、宿主の健康とその充足された状態に恩恵をもたらす腸内微生物叢の組成または活性、あるいはそれら両方に特定の変化を引き起こすために選択的に発酵される成分のことである。
- 今日まで既知のプレバイオティクスはすべて炭水化物で、ヒト小腸内の消化に耐え、腸内微生物叢により発酵される結腸まで到達することが知られているオリゴ糖が主である。
- イヌリン、オリゴフルクトース（OF）、ラクチュロースおよび難消化性デンプン（RS）は、有益な細菌属であるビフィドバクテリウム属の刺激をはじめとする定義の全ての面を満たしている。
- ガラクトオリゴ糖（GOS）、トランスガラクトオリゴ糖（TOS）、ポリデキストロース、小麦デキストリン、アカシアガム、オオバコ、バナナ、全粒小麦および全粒トウモロコシを含む他の単離した炭水化物と炭水化物含有食品もまた、プレバイオティク効果のあることが明らかにされている。^f

キーワード：心血管疾患、緩下剤、体重低下、腸内微生物叢、プレバイオティクス

2012

Kaczmarczyk MM, Miller MJ, Freund GG. The health benefits of dietary fiber: beyond the usual suspects of type 2 diabetes mellitus, cardiovascular disease and colon cancer. *Metabolism*. 2012 Aug;61(8):1058-66. doi: 10.1016/j.metabol.2012.01.017.

- 食物繊維（DF）は、健全な食物摂取において鍵となる成分であると考えられている。DF とは、消化管を未利用又は無傷で通過する静的な非消化性植物原料の集合体ではなく、むしろ吸収を阻止するために、その可能性のある栄養素及び前駆物質と結合する広範な糖ベースの錯体分子のことである。
- 何種類かの DF は発酵性であり、消化管の異化作用により種々の生物活性物質の発生をもたらされる。例えば、消化管のバイオマスを顕著に増大させ、腸内菌叢の組成に変化をもたらす短鎖脂肪酸（SCFA）がそうである。
- DF がもたらす健康利益には、2 型糖尿病、心血管疾患及び結腸癌の予防・軽減が含まれる。食物の摂取、消化、吸収及び代謝を調節することにより DF は高脂血症、高コレステロール血症及び高血糖症のリスクを低下させる。
- 新たな研究が免疫調節に果たす DF の役割を調査するために開始されている。立証されれば、DF が感染症予防、気分・記憶の改善を含む多くの生物学的過程を促進するかもしれない。
- 本総説では、DF について認められている生理機能を説明し、それらの潜在的な免疫ベースの新たな作用について探索を行いたい。^f

キーワード：短鎖脂肪酸、健康利益、免疫調節、感染症、気分、記憶

Clemens R, Kranz S, Mobley AR, Nicklas TA, Raimondi MP, Rodriguez JC, Slavin JL, Warshaw H. Filling America's fiber intake gap: summary of a roundtable to probe realistic solutions with a focus on grain-based foods. *J Nutr*. 2012 Jul;142(7):1390S-401S. doi: 10.3945/jn.112.160176.

- 現在の食物繊維摂取量は憂慮すべきほど低く、冠状動脈性心疾患、脳卒中、高血圧、特定の消化管障害、肥満、及び糖尿病前症・2 型糖尿病を含む一連の代謝機能障害と関連した公衆衛生への長期的影響を伴っている。
- 一定の食物繊維に富む摂食パターンは、糖尿病前症・2 型糖尿病のあるヒトにおける LDL コレステロール、血圧、血糖及びインスリン抵抗性を低減し、減量と体重維持両方の一助となり、便通と消化管の健康状態を改善することが知られている。
- 1 日の食物繊維推奨量を満たしていない成人・子供が 90%を超えたことを受け、アメリカ人のための食生活指針 2010 年版（the 2010 Dietary Guidelines for Americans）で食物繊維が再び危惧される栄養素として分類された。
- 野菜・果物及び穀物から十分な食物繊維摂取を推進する過去 10 年間の努力にもかかわらず、食物繊維の消費は、1 日推奨量の半分程度で低調に推移している。
- 不十分な食物繊維摂取がもたらす公衆衛生上の意義から、円卓会議「米国における食物繊維ギャップの解消：現実的な解決策の精査（Filling America's Fiber Gap: Probing Realistic Solutions）」が開かれ、現在の食物繊維ギャップを埋める手助けをするための目標、機会及び現実的解決策を確認するために、栄養学研究者、教育者及びコミュニケーターが招集された。
- 討論会では、1 日のエネルギー摂取目標の範囲内で食物繊維摂取量を増やす戦略の一つとして、添加繊維で強化された穀物ベースの食品の受け入れと組み入れを改善するために、消費者と専門家両方の教育の必要性が浮き彫りにされた。^f

キーワード：食物繊維摂取量、食物繊維推奨量、アメリカ人のための食生活指針、添加繊維

2011

Park Y, Subar AF, Hollenbeck A, Schatzkin A. Dietary fiber intake and mortality in the NIH-AARP diet and health study. *Arch Intern Med*. 2011 Jun 27;171(12):1061-8. doi: 10.1001/archinternmed.2011.18.

- 食物繊維は冠状動脈性心疾患、糖尿病及び何種類かの癌のリスクを低下させるという仮説が立てられている。しかしながら、食物繊維摂取が総死亡率及び原因別死亡率に及ぼす影響については殆ど知られていない。
- 我々は、前向きコホート研究の米国国立衛生研究所-AARP 食事健康調査（NIH-AARP Diet and Health Study）における総死亡率と原因別死亡率との関係から食物繊維の摂取量の調査を行った。

- 食事内容は、ベースライン時に実施した食物摂取頻度調査の結果を用いて評価した。死亡原因は、National Death Index Plus を用いて特定した。相対危険度と両側 95%信頼区間 (CI) は、Cox 比例ハザードモデルを用いて推定した。
- 平均 9 年の追跡期間中、男性で 20,126 人、女性で 11,330 人の死亡が特定された。食物繊維の摂取は、男女両方における総死亡率低下と有意な関連を示した [最高五分位を最低五分位と比較した多変量調整相対危険度：男性 0.78 (95% CI : 0.73~0.82 ; p<0.001) 、女性 0.78 (95% CI : 0.73~0.85 ; p<0.001)] 。
- 食物繊維摂取はまた、心血管疾患、感染症及び呼吸器疾患による死亡のリスクを男性で 24%~56%、女性で 34%~59%低下させることが明らかになった。
- 食物繊維摂取と癌による死亡との間の逆の関連は男性で認められ、女性では認められなかった。食物繊維の供給源の中で穀類に男女両方における総死亡率及び原因別死亡率との有意な逆の関連が認められた。
- 食物繊維には心血管疾患、感染症及び呼吸器疾患による死亡のリスクを低減する可能性がある。食物繊維に富む食品をこれまで以上に頻繁に選択するが重要な健康利益をもたらすと結論付けられる。^f

キーワード：総死亡率、原因別死亡率、心血管疾患、感染症、呼吸器疾患、癌、穀類

Raninen K, Lappi J, Mykkänen H, Poutanen K. Dietary fiber type reflects physiological functionality: comparison of grain fiber, inulin, and polydextrose. Nutr Rev. 2011 Jan;69(1):9-21. doi: 10.1111/j.1753-4887.2010.00358.x.

- 食物繊維は、生理機能ではなく、明確な化学・物理学的特性に基づいた栄養概念の一つである。食物繊維についての最近の定義では、内在する植物細胞壁に関連した食物繊維と分離又は合成の食物繊維を区別している。後者に定義付けられている食物繊維については、緩下効果、発酵性、血中コレステロールレベルや食後血糖反応の低下といった有益な生理作用が実証されている。
- 穀物由来食物繊維は世界的に主要な食物繊維供給源である一方、イヌリン（チコリより単離した可溶性難消化性フルクトースポリマー）及びポリデキストロース（合成の難消化性グルコースポリマー）はそれより単純な構造を有している。
- イヌリンとポリデキストロースは、穀物由来食物繊維同様、大腸内で発酵性、ビフィズ菌生成、緩下をはじめとする多くの機能性を示すことが明らかにされている。食後血糖及び空腹時コレステロール値について報告されている作用は中等度であるが、穀物由来食物繊維についても、その作用に変動が認められている。
- 特定の食物繊維の生理機能を長期的健康利益と関連付ける新たなバイオマーカが必要とされる。

キーワード：穀物由来食物繊維、イヌリン、ポリデキストロース、バイオマーカ

2010

Howlett JF, Betteridge VA, Champ M, Craig SA, Meheust A, Jones JM. The definition of dietary fiber - discussions at the Ninth Vahouny Fiber Symposium: building scientific agreement. Food Nutr Res. 2010 Nov 1;54. doi: 10.3402/fnr.v54i0.5750.

- 食物繊維の定義は、2009 年 6 月にコーデックス委員会 (Codex Alimentarius Commission) により採択された。これは、2008 年 11 月のコーデックス栄養・特殊用途食品部会 (CCNFUDU : Codex Committee on Nutrition and Foods for Special Dietary Uses) の推薦に対する勧告を踏まえたものである。
- 定義には、ヒト小腸の内在酵素により加水分解を受けない炭水化物重合体について、3 種類の範ちゅうが示されている。しかしながら、定義には重合度 (DP) が 3 から 9 の炭水化物の国内当局との一体性、及び未定義の「健康に有益な生理効果」が残されている。
- ILSI ヨーロッパ支部と ILSI 北米支部の食事性炭水化物に関する委員会は 2010 年の第 9 回 Vahouny Fiber Symposium でフォーラムを開催し、それらの解決方法に関する科学的合意の構築を目的に実現問題の協議を行った。
- 同分科会から得られた結果は有望なものであり、科学界が次の点について同意していることを明らかにした。すなわち、DP が 3 以上の難消化性炭水化物を食物繊維として組み入れることに関する世界的規模の合意の維持、及び食物繊維が有する有益な生理効果について中核となる非網羅的リストについてである。これらの結果は、以前得られた世界的規模の合意事項と一致をみせている。^f

キーワード：食物繊維、重合度、生理学的効果、Vahouny Symposium、Codex Alimentarius

2009

Anderson JW, Baird P, Davis RH Jr, Ferreri S, Knudtson M, Koraym A, Waters V, Williams CL. Health benefits of dietary fiber. Nutr Rev. 2009 Apr;67(4):188-205. doi: 10.1111/j.1753-4887.2009.00189.x.

- 食物繊維の摂取により、多数の健康利益がもたらされることが明らかにされている。しかしながら、米国における小児及び成人の平均食物繊維摂取量は推奨レベルの半分に満たない。
- 食物繊維の摂取量が多いヒトでは、冠状動脈性心疾患、脳卒中、高血圧、糖尿病、肥満、及び特定の胃腸疾患のリスクが有意に低下すると考えられている。
- 食物繊維の摂取量増加により、血圧及び血清コレステロール値の低下がもたらされる。水溶性食物繊維の摂取量増加により、糖尿病のヒトとそうでないヒトにおける血糖値とインスリン感受性の改善がもたらされる。
- 肥満症のヒトへの食物繊維補給により、減量効果が有意に増進される。食物摂取の摂取量増加により、胃食道逆流疾患、十二指腸潰瘍、憩室炎、便秘及び痔疾を含む多数の消化管障害に利益がもたらされる。プレバイオティック繊維は免疫機能を高めると考えられている。食物繊維の摂取は成人同様、小児にも等しく利益をもたらす。
- 小児及び成人について推奨される食物繊維摂取量は 14 g/1,000 kcal である。食品又はサプリメントから食物繊維の摂取量を増大するために、有効なコミュニケーションと消費者への啓蒙が必要とされる。

キーワード：平均食物繊維摂取量、推奨レベル、食品、サプリメント

2008

Slavin JL. Position of the American Dietetic Association: health implications of dietary fiber. J Am Diet Assoc. 2008 Oct;108(10):1716-31.

- アメリカ栄養学会 (The American Dietetic Association) は、国民はさまざまな植物性食品から十分な量の食物繊維を消費するべきであるという立場を取っている。食物繊維の消費量の多い集団では、慢性疾患が少ないことが明らかにされている。さらに、食物繊維の摂取により、何種類かの慢性疾患の発生に関連するリスクファクタにもたらされる有益な作用が認められている。
- 食事摂取基準 (Dietary Reference Intakes) では、心血管疾患に対する保護作用を示す疫学調査の結果に基づいて、1,000 kcal 当り 14 g、又は

成人女性で 25 g、成人男性で 38 g の食物繊維消費が推奨されている。小児、重篤患者及び後期高齢者についての食物繊維の適切な種類と量は不明である。食物繊維の食事摂取基準は、食物繊維を用いた臨床試験ではなく、推奨されるエネルギー摂取量に基づいている。米国における食物繊維の一般的な摂取量は、わずか 15 g/日にすぎない。

- 食物繊維の可溶性が生理作用を決定すると考えられていたが、最近の研究では、発酵や粘度のような食物繊維の他の特性が重要なパラメータである可能性が示唆されている。食物繊維高含有食は、かさをまし、満腹感を高め、体重低下に関連していることが明らかにされている。食物繊維が癌を減ずるとする証拠には一貫性が認められおらず、さらなる研究を要する。
- 健康な小児・成人では、日常の食品パターンにおける多様性を増すことで、食物繊維の適切な摂取量に到達することが可能であろう。全穀粒、豆果類、野菜・果物のような食物繊維高含有食品の消費を増大させるダイエタリーメッセージが食品及び栄養の専門家の間で広範に支持されるべきである。
- 消費者はまた、食物繊維の付加的な供給源として、ファイバーサプリメントや緩下剤にも目を向けている。殆どのファイバーサプリメントは、その生理学的有効性について試験されていないため、食物繊維に富む食品の消費が最善のアドバイスとなろう。食餌療法の実践において機能性食物繊維を選ぶ前に、有効性を検討する生理学的研究に期待したい。

キーワード：アメリカ栄養学会、食事摂取基準、食物繊維高含有食品、機能性食物繊維

2007

Auerbach MH, Craig SA, Howlett JF, Hayes KC. Caloric availability of polydextrose. *Nutr Rev.* 2007 Dec;65(12 Pt 1):544-9.

- ポリデキストロースは、減圧下でグルコースとソルビトールの塊状熔融重合によって得られる、不規則に結合した多糖類の一つである。ポリデキストロースは 20 年以上もの間、世界中の多くの食品で増量・食感改良剤及び水溶性食物繊維の成分として利用されてきた。
- グルコース部分間の非定型的連結機構により、ポリデキストロースは哺乳動物の消化管酵素による消化に対して抵抗性を示す。
- ポリデキストロースは小腸で最小限吸収され、また大腸で部分的に発酵されて揮発性脂肪酸を産生するが、摂取した用量のうち約 50%は未消化のまま排泄される。この点においては、他の多くの難消化性水溶性食物繊維成分と類似している。
- ポリデキストロースのカロリー利用度を調査するために、動物及びヒトを対象にエネルギーバランス及び安定同位体標識を用いた多数の試験が実施された。本報で述べた 14 件の研究から得られた実験的証拠の重みから、ポリデキストロースのカロリー値は約 1 kcal/g であることが分かる。

キーワード：ポリデキストロース、増量・食感改良剤、水溶性食物繊維、抵抗性、揮発性脂肪酸、カロリー値

消化耐性 Digestive tolerance

2012

Housez B, Cazaubiel M, Vergara C, Bard JM, Adam A, Einerhand A, Samuel P. Evaluation of digestive tolerance of a soluble corn fibre. *J Hum Nutr Diet.* 2012 Oct;25(5):488-96. doi: 10.1111/j.1365-277X.2012.01252.x.

- 新しい食物繊維に対する消費者の受容性を査定する際、摂取後の消化耐性を評価することは必須事項である。本研究の目的は、Promitor™ Soluble Gluco Fibre (SGF; Tate&Lyle, Hoffman Estates, IL, USA) の投与量を食物繊維として 70 g/日まで増加したときの耐性について、胃腸管に関する有効な合成スコア (composite score) を用いて評価することにある。
- 消化器症状、排便回数及び便硬度を統合した胃腸管耐性に関する合成スコアを適用した。この合成スコアを統計的に確認するために、イヌリン (10 g 対 20 g、それぞれ食物繊維として 9 g、18 g 含有) の胃腸管耐性について 18 人の健康志願者を対象に無作為化二重盲検プラセボ対照クロスオーバー試験で評価した。次に、20 人の健康志願者を対象とした二重盲検プラセボ対照クロスオーバー試験で、急性及び「1日を通して」の両方の消費条件で SGF の胃腸管耐性を評価した。
- 10 g の場合とは対照的に、20 g のイヌリンはプラセボと比較して合成スコアに有意差のあることが実証された [$p < 0.001$ 、合成スコアのプラセボとの差 = 7.6、95%信頼区間(CI) = 3.8~11.3]。これらの数値は、次の試験における参考値とした。
- 急性の消費条件では、SGF 食物繊維 40 g が検査した用量で最も高く (閾値)、消化耐性基準 digestive tolerance criteria を示している (差 < 7.6、95% CI の上限 < 11.3)。これは、イヌリンについて耐性を示した量の 2 倍である。「1日を通して」の条件では、SGF 食物繊維 65 g が閾値量であった ($p < 0.001$ 、差 = 6.5、95% CI = 3.4~9.5)。
- 本研究で得られた結果から、単回用量で消費した 40 g の SGF 食物繊維、及び 1 日を通して多回用量で消費した 65 g の SGF 食物繊維は、健康志願者において良好な耐性のあることが明らかになった。

キーワード：Promitor™ Soluble Gluco Fibre、イヌリン、合成スコア、閾値

2011

Boler BM, Seroo MC, Bauer LL, Staeger MA, Boileau TW, Swanson KS, Fahey GC Jr. Digestive physiological outcomes related to polydextrose and soluble maize fibre consumption by healthy adult men. *Br J Nutr.* 2011 Dec;106(12):1864-71. doi: 10.1017/S0007114511002388.

- 本研究の目的は、健康成人男性が摂取を受けた機能性食物繊維によって引き起される消化生理的転帰を評価することにある。
- 合計 21 人の健康成人男性がクロスオーバーデザインによる試験に参加した。各被験者は、ポリデキストロース (PDX) 若しくは水溶性コーンファイバー (SCF) を補充したスナックバー (21 g/日)、又は食物繊維を補充しない (NFC) スナックバーの摂取を受けた。試験期間は 21 日で、各期間の最後の 5 日間に糞便を採取した。
- 食物繊維摂取を含む食物摂取量は、処理群間で差異は認められなかった。鼓脹及び膨張は、被験者が PDX 又は SCF を消費したときに最大を示した (それぞれ、 $p = 0.001$ 、 0.07)。逆流は、NFC と比較して SCF を消費した被験者で増大した ($p = 0.04$)。耐性スコアは全てにおいて低く (2.5 未満)、わずかな不快感だけが認められた。
- 糞便中のアンモニア、4-メチルフェノール、インドール及び分岐鎖脂肪酸の濃度は、NFC と比較して機能性食物繊維の供給源を消費した被験者で低下した ($p < 0.01$)。糞便中の酢酸、プロピオン酸及び酪酸の濃度は、SCF 及び NFC と比較して PDX を消費した被験者で低下した ($p < 0.05$)。便の pH は、NFC と比較して SCF を消費した被験者で低く ($p = 0.01$)、PDX はその中間であった。
- 便湿重量は、NFC と比較して SCF を消費した被験者で増大した ($p = 0.03$)。便乾燥重量は、NFC と比較して PDX を消費した被験者で増大する傾向を示した ($p = 0.07$)。機能性食物繊維は、補充した食物繊維の摂取 1 g あたりの糞便乾燥質量の増加を引き起こした (PDX で 1.4 g、SCF で 0.9 g)。Bifidobacterium spp. の濃度は、NFC と比較して SCF を消費した被験者で上昇した ($p < 0.05$)。
- これらの機能性食物繊維は腸の健康に有益のようであり、さらに、引き起こされる消化器不調は最小限であることが明らかになった。

キーワード：消化生理的転帰、クロスオーバー、ポリデキストロース、水溶性コーンファイバー、消化器不調

2010

Stewart ML, Nikhanj SD, Timm DA, Thomas W, Slavin JL. Evaluation of the effect of four fibers on laxation, gastrointestinal tolerance and serum markers in healthy humans. Ann Nutr Metab. 2010;56(2):91-8. doi: 10.1159/000275962.

- 米国における食物繊維の平均摂取量は、推奨量の約半分程度とされている。新規の製品が食物繊維の摂取量を増加するために導入されており、そのような食物繊維製品の生理作用を評価することは極めて重要である。
- 本研究では、トウモロコシ又はタピオカに由来する 4 種類の食物繊維が糞便中の化学的性質、消化器 (GI) 症状及び慢性疾患の血清マーカーに及ぼす影響について検討を行った。
- 20 人の健康被験者が単盲検クロスオーバー試験を終了した。試験では 12 g/日の食物繊維製品 (ブルーラン、プロミター難消化性デンプン、可溶性繊維デキストリン、若しくはプロミター水溶性コーンファイバー) 又はプラセボ (マルトデキストリン) が 14 日間消費され、続いて 21 日間のウォッシュアウトが設けられた。GI 症状調査 (3 日目と 14 日目)、糞便採取 (11~14 日目)、食事記録調査 (12~14 日目)、及び空腹時採血 (15 日目) が行われた。
- 試験した 4 種類の食物繊維は良好な耐容性を示し、軽度から中等度の GI 症状を伴った。総短鎖脂肪酸 (SCFA) 濃度は、群間で相違が認められなかった。糞便の pH 及び個々の SCFA は、何種類かの処置の影響を受けたことが明らかになった。便重量及び慢性疾患の血清マーカーでは、これらの処置による変化は認められなかった。
- 12 g/日までの食物繊維摂取量増加には良好な耐容性があり、発酵による大腸の健康に正の影響を及ぼす可能性がある結論付けられた。^f

キーワード：難消化性デンプン、可溶性繊維デキストリン、水溶性コーンファイバー、消化器症状、耐容性

2009

Vester Boler BM, Hernot DC, Boileau TW, Bauer LL, Middelbos IS, Murphy MR, Swanson KS, Fahey GC Jr. Carbohydrates blended with polydextrose lower gas production and short-chain fatty acid production in an in vitro system. Nutr Res. 2009 Sep;29(9):631-9. doi: 10.1016/j.nutres.2009.09.003.

- ネガティブな副作用を制限しながらプレバイオティクスの健康利益を最大化することは、食品業界にとって重要事項となっている。本研究では、数種類のオリゴ糖及びそれらのブレンドについて、*in vitro* の発酵モデルを用いて検討を行った。
- 基質には、中鎖・長鎖フルクトオリゴ糖 (FOS)、オリゴフルクトース強化イヌリン、ガラクトオリゴ糖、ポリデキストロース (POL)、及び 50 : 50 の基質ブレンドを含んだ。基質及び基質ブレンドをヒト糞便接種材料にて発酵させ、発酵特性を 0、4、8、12 時間後に定量化した。
- 我々は、短鎖オリゴ糖と長鎖オリゴ糖の混合物は短鎖オリゴ糖よりも発生するガスの量が少なく、また、腸内微生物叢を長鎖オリゴ糖より広い範囲で調節するのではないかと仮説を立てた。
- POL とブレンドした炭水化物は、単独の炭水化物と比較して、発酵後 4、8 及び 12 時間に産生される総ガス量と H₂ を減少させた ($p < 0.01$)。2 種類のオリゴフルクトース強化イヌリン製品の混合は、産生されるガスの量の減少 ($p < 0.05$) と産生速度の低下 ($p < 0.05$) をもたらした。
- 本研究で試験した全ての炭水化物に POL を混合すると、単独の炭水化物の場合と比較して *in vitro* 発酵後 12 時間に産生される総短鎖脂肪酸 ($p < 0.04$) と酪酸塩 ($p < 0.001$) が減少した。
- *in vitro* 発酵後 12 時間の中鎖 FOS とオリゴフルクトース強化イヌリンのピフィズ菌生成効果は、POL と混合すると低下した ($p < 0.05$)。純粋な炭水化物とガラクトオリゴ糖との混合は、中鎖 FOS と混合した場合を除き、*in vitro* 発酵後 12 時間に測定したピフィズ菌数を増加させた ($p < 0.05$)。
- 概して、POL と混合した全ての炭水化物は、ガス産生、ガス産生速度、酪酸塩及び総短鎖脂肪酸の産生、並びにピフィズ菌数が 12 時間単独で発酵させた場合より減少することが明らかになった。

キーワード：オリゴ糖、ポリデキストロース、ブレンド、ガス産生、短鎖脂肪酸、ピフィズ菌数

2000

Jie Z, Bang-Yao L, Ming-Jie X, Hai-Wei L, Zu-Kang Z, Ting-Song W, Craig SA. Studies on the effects of polydextrose intake on physiologic functions in Chinese people. Am J Clin Nutr. 2000 Dec;72(6):1503-9.

- ポリデキストロースには食物繊維と同様の生理学的効果のあることが以前の研究で明らかにされている。本試験の目的は、中国人の被験者を対象に 1 日 4 g、8 g 又は 12 g のポリデキストロースの摂取がもたらす生理学的効果を評価することにある。
- プラセボ対照無作為化二重盲検比較試験において、臨床上的生化学指標、糖化ヘモグロビン、糖耐性、血糖指数、腸機能、便の重量と pH、短鎖脂肪酸産生、糞便菌叢、及び盲腸粘膜における細胞増殖にポリデキストロースの摂取が及ぼす影響について評価を行った。
- ポリデキストロースは血液の生化学的指標に有意な効果を及ぼさなかった。12 g のポリデキストロースに 50 g のグルコースを加えて摂取した場合、(50 g のグルコース摂取後の血糖指数 100%と比較して) 血糖指数は 89%という結果になった。
- 腸機能 (排便の回数と容易性) が有意に改善した。また、腹部膨満、腹部仙痛、下痢又は低血糖症についての報告はなかった。ポリデキストロースの摂取量に比例して、糞便重量 (湿重量と乾重量) は上昇し、pH は低下した。
- 短鎖脂肪酸のなかでもとりわけ、酪酸塩、イソ酪酸塩及び酢酸塩の産生がポリデキストロースの摂取にともなって増加した。
- ポリデキストロース摂取後の糞便嫌気性菌に大きな変化が認められた。すなわち、*Bacteroides* 種 (*B. fragilis*, *B. vulgatus*, *B. intermedius*) が減少した一方、*Lactobacillus* 種及び *Bifidobacterium* 種が増加した。
- 盲腸粘膜陰窩の標識指標は、結腸細胞の増殖に伴って上昇した。これは主として、結腸内で酪酸塩の産生が間接的に確認される塩基性コンパートメントで生じている。
- ポリデキストロースの摂取は、緩下に関する問題を伴わずに、有意な食物繊維様の効果をもたらすと結論付けられる。^f

キーワード：ポリデキストロース、腸機能、糞便重量、酪酸塩、酢酸塩、糞便菌叢、盲腸粘膜

短鎖脂肪酸 Short-chain fatty acids

2014

Röytiö H, Ouwehand AC. The fermentation of polydextrose in the large intestine and its beneficial effects. Benef Microbes. 2014

- ポリデキストロースはランダムに結合したグルコースポリマーで、高度に分岐した複雑な構造を有している。ポリデキストロースは上部消化管で消化抵抗性を示し、大腸内で結腸の微生物により部分発酵することが明らかにされている。
- ポリデキストロースの複雑な構造ゆえに、その異化には多量の微生物を要し、また、その作用はゆっくりと生じる。このようなポリデキストロースの漸進的発酵により、適度の量の発酵産物（例、短鎖脂肪酸、ガス）が生じる。
- これら代謝物の産生は、通常、糖分解の発酵基質が激減すると考えられている結腸遠位部で継続する。ポリデキストロースの発酵は結腸における微生物の組成を修飾し、ヒトの食欲と満腹に影響を及ぼし、消化管機能を改善することが明らかにされている。
- 本小レビューの目的は、大腸におけるポリデキストロースの発酵特性の検討を行った *in vitro*、*in vivo* およびヒトでの試験を要約することにある。^f

キーワード：レビユー、ポリデキストロース、発酵特性

2006

Roy CC, Kien CL, Bouthillier L, Levy E. Short-chain fatty acids: ready for prime time? *Nutr Clin Pract.* 2006 Aug;21(4):351-66.

- 大腸の健康の概念は、プロバイオティクス、プレバイオティクス及びシンバイオティクスのような機能性食品の開発における主要なターゲットとなっている。これらの生理活性物質は、大腸の生理機能に加え、微生物叢の組成に計り知れない影響を及ぼし、明確な健康利益を示すことが明らかにされている。
- 小腸で消化・吸収を免れた食事性炭水化物、およびプレバイオティクスは結腸内で発酵され、短鎖脂肪酸（SCFA）を生じる。結腸の主要なアニオン（陰イオン）及び結腸細胞の主要なエネルギー源として、SCFA は、その大部分が非イオン拡散によって急速に吸収されるが、ナトリウム共役輸送体が介する能動輸送によっても吸収される。その結果、ナトリウムと水の吸収が促進されていく。
- 一般に言われる SCFA の中でもとりわけ酪酸塩は、乳酸菌とビフィズス菌の成長を増進し、結腸の生理機能と代謝に中心的役割を果たすことが明らかにされている。
- 細胞増殖、細胞分化、アポトーシス、ムチン産生、免疫機能、ミネラル吸収、脂質代謝、及び消化管（GI）ペプチドに及ぼすプレバイオティクスの影響について、実験的に十分な説明がなされてきた。これらの作用は概して SCFA によって仲介されているようだが、ヒトでの試験から得られた証拠には一貫性が認められていない。
- 食品業界は、プレバイオティクスを商業化する取り組みへの信頼を大きく増やしつつあり、潜在する健康利益を有効利用している。将来はとりわけ基本的メカニズム及び遺伝子発現をさらに検討するための研究設計にかかっているが、重要なのはヒトでの介入試験であろう。

キーワード：シンバイオティクス、微生物叢、SCFA、酪酸塩

Wong JM, de Souza R, Kendall CW, Emam A, Jenkins DJ. Colonic health: fermentation and short chain fatty acids. *J Clin Gastroenterol.* 2006 Mar;40(3):235-43.

- 大腸及び全身の健康改善を意図したプレバイオティクスとプロバイオティクスの出現に伴い、短鎖脂肪酸（SCFA）への関心が最近再燃している。
- 食事性炭水化物の中でもとりわけ難消化性デンプンと食物繊維は、SCFA（主として酢酸、プロピオン酸、酪酸）を最終産物として生成する発酵の基質とされている。SCFA 産生の速度と量は、大腸内に存在する微生物叢の種類と量、基質の供給源、及び腸管通過時間に依存している。
- SCFA は容易に吸収され、そのうち酪酸は結腸細胞の主要なエネルギー源となる。プロピオン酸は、その大部分が肝臓に取り込まれる。酢酸は末梢循環に入り、末梢組織で代謝される。
- 特定の SCFA には、消化管障害、癌及び心血管疾患の発生リスクを低下させる可能性がある。酢酸は結腸内の主要な SCFA で、吸収後、コレステロール合成を増加させることが明らかにされている。しかしながら、糖新生に関与しているプロピオン酸は、コレステロール合成を阻害することが明らかにされている。
- 故に、酢酸を減少させる基質、すなわちプロピオン酸の比に血清脂質を減少させる可能性があり、もしかしら心血管疾患リスクが低下するかもしれない。
- 酪酸は、大腸粘膜の栄養補給に果たす役割について検討されてきた。また、細胞分化、細胞周期停止、及び形質転換した結腸細胞のアポトーシスの促進、酵素（ヒストンデアセチラーゼ）の阻害、並びに腸内酸性化の結果としての一次胆汁酸から二次胆汁酸への形質転換減少による大腸癌予防に果たす役割も検討されてきた。
- 従って、SCFA 産生の大幅な増加、及び SCFA の中でもとりわけ酪酸の遠位結腸への送達増大により保護効果がもたらされる可能性がある。酪酸による洗腸（浣腸）もまた、大腸炎治療に提案されている。
- 炭水化物基質の多様な性質及び発酵の結果生じる SCFA のパターンを特に考慮して、ヒトを対象としたより多くの研究が目下必要とされている。とりわけ、癌リスクのマーカに関連した SCFA について、短期・長期のヒト試験が必要である。これらの試験は、大腸疾患予防を最大化する食事勧告の成功への鍵となるはずである。

キーワード：コレステロール合成、糖新生、血清脂質、胆汁酸、洗腸、大腸癌予防

2005

Pytkas AM, Juneja LR, Slavin JL. Comparison of different fibers for *in vitro* production of short chain fatty acids by intestinal microflora. *J Med Food.* 2005 Spring;8(1):113-6.

- 大腸における食物繊維の発酵及びこの発酵による副産物には、結腸疾患に対して防御する働きがあると考えられている。無処置動物で食物繊維の発酵を測定することは困難であるため、種々の食物繊維の発酵性を比較する *in vitro* 技法を開発した。
- 本プロジェクトの目的は、*in vitro* の発酵モデルにおける異なる食物繊維による短鎖脂肪酸（SCFA）産生の比較を行うことにある。
- SCFA 産生について、広範囲にわたる市販の食物繊維供給源を比較した。食物繊維を糞便接種により 0、2、4、8、12 及び 24 時間発酵させ、SCFA をガスクロマトグラフ法により測定した。
- SCFA 産生は、食物繊維の供給源により変動のあることが明らかになった。グアガム加水分解物とガラクトマンナンは、最大量の総 SCFA を産生した。酪酸塩の産生は、グルコース（コントロール）より食物繊維供給源のほうが高かった。オオバコは、他の食物繊維より酢酸塩の産生が少なかった。
- 以上のことから、種々の食物繊維供給源は、便微生物叢により容易に発酵することが明らかになった。
- 試験した食物繊維の発酵の差異は、その供給源の間でみられる生理学的相違にたぶん影響を及ぼしていると考えられる。

キーワード：*in vitro*、グアガム加水分解物、ガラクトマンナン、オオバコ、便微生物叢

1996

Mortensen PB, Clausen MR. Short-chain fatty acids in the human colon: relation to gastrointestinal health and disease. *Scand J*

- 嫌気性菌により炭水化物が短鎖 (C2-C6) 脂肪酸 (SCFA) に分解される過程である発酵は、大腸の重要な機能の一つである。SCFA は、結腸内のアニオン濃度の約 2/3 (70~130 mmol/L) を占め、主として酢酸塩、プロピオン酸塩、酪酸塩から構成される。
- このような事実にもかかわらず、消化器専門医はこの科学分野に取り組むのが驚くほど遅かった。それは、SCFA の発酵生産が草食動物における腸内消化の主要な機構であることを数十年間認識していた獣医と大いに異なっている。
- SCFA 生産が人体に及ぼす影響についての関心がこの 10 年間で急激に高まっている。その理由は、これらの脂肪酸が消化管の機能と有益効果に関連があるからとされている。SCFA は主として、食物繊維の生理機能及び SCFA の結腸腫瘍に果たす可能な役割を理解する上で重要とされている。SCFA の生産と吸収は、大腸粘膜の栄養状態、ナトリウムと水分の吸収、及び下痢のメカニズムと密接な関係がある。
- 重度の栄養不良を伴う患者は、生体内に容易に吸収され、エネルギー燃料として利用される浸透性の高い糖類の SCFA への発酵により埋め合わせをしている。
- 食事性炭水化物から SCFA への生産は、食餌療法で調節されている場合において、残存する結腸機能を有する短腸症候群の患者で相当量のカロリーが回収されるメカニズムとなる。
- SCFA 注腸は、潰瘍性大腸炎のある患者にとって有望な新規治療法となっている。その作用は、結腸細胞中の SCFA の酸化に起因するものと考えられる。
- 酪酸塩が種々の細胞機能に及ぼす影響について述べている論文が驚くほど多数存在するが、その有意性についてはまだ不明である。現在までのところ、とりわけ癌の予防と治療に注意が向けられている。
- SCFA 生産の減少は、抗生物質関連下痢及び空置大腸炎に関与しているようだ。また、回腸の炎症と関係している可能性もある。
- 細菌発酵、アンモニア代謝、細菌の生育及びタンパク質合成との間の相互作用は、肝性昏睡におけるラクチュロースによる治療の主たる作用機序のようである。
- 病理学的に極めて高率な糖類の発酵が、D-乳酸塩によるアシドーシスの患者における重度の憎悪を説明している。それ故、この科学分野が臨床的検討を行う消化器専門医に遅れて到来したが、研究の発展に伴い、大腸における SCFA 生産は何種類かの既知の腸管障害に関与していることが明らかにされている。

キーワード：SCFA、短腸症候群、潰瘍性大腸炎、癌、抗生物質関連下痢、空置大腸炎、肝性昏睡、アシドーシス

腸内微生物叢 Intestinal microflora

2011

Hosseini E, Grootaert C, Verstraete W, Van de Wiele T. Propionate as a health-promoting microbial metabolite in the human gut. *Nutr Rev.* 2011 May;69(5):245-58. doi: 10.1111/j.1753-4887.2011.00388.x.

- プロピオン酸はヒト腸内の微生物発酵による主要な代謝産物の一つとされ、その推定上の健康効果は腸上皮組織を超えて拡大している。プロピオン酸は、脂質合成、血清コレステロール値及び他の組織の発癌を低減すると考えられている。それ故、微生物のプロピオン酸生成を食事で操作することは、微生物の炭水化物発酵から得られる健康効果を増大させる上で強力な戦略となるかもしれない。
- 本総説では、まず初めに二つの主要なプロピオン酸生成経路について考察を行い、プロピオン酸を産生する可能性のある微生物に関する広範な遺伝子ベースのリストを提供する。次に、アラビノキシラン、ポリデキストロース及び L-ラムノースについて、微生物産生プロピオン酸を増やす基質として作用する可能性について評価を行う。
- 第三に、腸内細菌叢の複雑さを鑑みて、栄養共生 (cross-feeding) メカニズムのような相互作用過程を含む微生物・生態学的展望からプロピオン酸産生の取り組みを紹介する。最後に、複雑な微生物群からプロピオン酸生成細菌を検出し特徴付ける機能的遺伝子ベースのツールの開発を紹介する。本総説にある情報は、プロピオン酸に関する健康利益の増進を目指す機能性食品の戦略計画に有用となる可能性がある。

キーワード：プロピオン酸生成、ポリデキストロース、腸内細菌叢、機能性食品

2010

Beards E, Tuohy K, Gibson G. Bacterial, SCFA and gas profiles of a range of food ingredients following in vitro fermentation by human colonic microbiota. *Anaerobe.* 2010 Aug;16(4):420-5. doi: 10.1016/j.anaerobe.2010.05.006.

- 健康と栄養の間に強い関連のあることが今や明白となり、肥満について話す時にこのことがはっきりとわかる。食品業界はこれに対し、糖質あるいは脂肪を多く含む食品を健康的な選択肢になるよう適合させることにより活路を見出そうと努めている。菓子にはショ糖代替物をはじめとする様々な目的で食品成分を用いることができる。これらの成分の多くは上部消化管内で消化を逃れ、結腸に入ると腸内微生物叢によって発酵される可能性もある。
- 種々の成分とそれらの腸内微生物叢に及ぼす活性をスクリーニングするための試験を計画した。本試験で、既知のプレバイオティクスをコントロールにおき、一連の成分についてバッチ培養 (triplicate) による発酵でスクリーニングを行った。細菌学的変化を FISH 法によりモニタリングした。SCFA を GC で測定し、また、ガス産生を嫌気性回分発酵中に評価した。
- 細菌計数の結果、ポリデキストロールによるピフィズ菌と乳酸桿菌属の有意な増加が認められた ($p \leq 0.05$)。また、殆どのポリオールがヒストリクス菌 (*Clostridium histolyticum*) とウェルシュ菌 (*Clostridium perfringens*) の増加を伴った [有意差なし]。
- SCFA とガスの産生から、発酵槽に添加した基質は腸内微生物叢により利用されていたことが明らかになった。従って、これらの成分は何らかのプレバイオティック活性を *in vitro* で発揮しているようだ。さらなる検討が特にヒト志願者で必要とされる。

キーワード：ポリデキストロース、ピフィズ菌、乳酸桿菌属、プレバイオティック活性、*in vitro*

2009

Maathuis A, Hoffman A, Evans A, Sanders L, Venema K. The effect of the undigested fraction of maize products on the activity and composition of the microbiota determined in a dynamic in vitro model of the human proximal large intestine. *J Am Coll Nutr.* 2009 Dec;28(6):657-66.

- 新規に開発された 5 種類のトウモロコシベース食物繊維が結腸中の微生物叢の活性と組成に及ぼす影響について検討を行った。対象となった食物繊維はグルコースベースで、様々な構造を有している。それらには、2 種類の難消化性デンプン製品、水溶性コーンファイバー、プルラン及び水溶性食物繊維 (デキストリン) を含めた。

- 検証された大腸の動的 *in vitro* モデルを用いて、食物繊維を消化前処理し、単糖類と二糖類を除去し、また、残差ポリマーにより微生物代謝産物の産生及び微生物叢組成の変化を評価した。
- 微生物代謝産物の分析から、全ての食物繊維について短鎖脂肪酸の増加が認められたが、酪酸の産生レベルは各食物繊維で差が認められた。絶対量及び総短鎖脂肪酸に占める割合の両方における酪酸の最大の増加はプルランで観察された。
- 全ての食物繊維はまた、低発酵性のコントロール（セルロース）と比較して、タンパク質発酵による毒性代謝産物の生成を低減した。
- マイクロアレイプラットフォームを用いて微生物組成を評価した。異なる種が異なる食物繊維によって刺激されたが、ピフィズ菌と何種類かの *Lactobacillus* 種の増加が全ての食物繊維で認められた。ピフィズ菌の増加が最も大きかったのはプルランであった。
- 有用微生物の成長と活性あるいはそれらのいずれかの上昇に関して、全ての食物繊維がプレバイオティック活性を示した。さらに、コントロールと比較して、全ての食物繊維で健康増進代謝産物の産生が増加する一方、腐敗産物生成は減少することが明らかになった。
- 今回の所見の重要性は、新規に開発されたコーンベースの食物繊維が、健康増進代謝産物及び有用微生物の増加により、腸内環境を健全な環境に転換するという事実にある。^f

キーワード：プルラン、酪酸、毒性代謝産物、有用微生物、プレバイオティック活性

2007

Mäkiuokko H, Kettunen H, Saarinen M, Kamiwaki T, Yokoyama Y, Stowell J, Rautonen N. The effect of cocoa and polydextrose on bacterial fermentation in gastrointestinal tract simulations. *Biosci Biotechnol Biochem.* 2007 Aug;71(8):1834-43.

- ココアマス及び補充した食物繊維（ポリデキストロース）が微生物発酵に及ぼす影響について、胃・小腸の消化シミュレーションに多段階結腸シミュレーションを組み合わせた系を用いて検討を行った。
- 4段階の消化に存在する水溶性タンパク質及び還元糖の濃度は、小腸内の栄養素の *in vivo* 吸収を反映している。結腸シミュレーション・ベッセルにおいてポリデキストロースを消化されたココアマスに添加したところ、総短鎖脂肪酸と酪酸の濃度は、それぞれ 103 mM から 468 mM ($p < 0.01$)、12 mM から 22 mM ($p < 0.01$) へと有意な上昇を示した。
- 長鎖脂肪酸濃度（1,222 mM から 240 mM へ低下）は、主として消化されたココアマスの存在の影響を受けていた。ポリデキストロース添加又は無添加のココアマスは、カダベリン ($p < 0.02$) と分岐鎖脂肪酸の産生を対照と比較してシミュレーション中有意に減少させた。
- 結果はココアマス消化後の結腸内微生物叢の代謝に及ぼす有益な作用を示しており、その作用はポリデキストロース添加により更に強まることが明らかになった。^f

キーワード：ココアマス、ポリデキストロース、結腸シミュレーション、短鎖脂肪酸、酪酸、カダベリン、分岐鎖脂肪酸

緩下作用 Laxative effects

2013

Timm DA, Thomas W, Boileau TW, Williamson-Hughes PS, Slavin JL. Polydextrose and soluble corn fiber increase five-day fecal wet weight in healthy men and women. *J Nutr.* 2013 Apr;143(4):473-8. doi: 10.3945/jn.112.170118.

- 食物繊維には、便通について十分に確立された有益作用が認められている。多くの食物繊維が好ましい知覚特性とともに開発され、そのうちポリデキストロール（PDX）と可溶性トウモロコシ繊維（SCF）の2種類の食物繊維は、市販されている多数の製品に添加することが可能とされている。
- 我々は、36人の健康男女を対象に、連日マフィンとシリアル形態で摂取する20g/日の用量のPDXおよびSCFの緩下作用について対照の低食物繊維（LFC）との比較から検討するために、無作為化二重盲検プラセボ対照クロスオーバー試験を実施した。
- 各10日の処置期間の間に2週間のウォッシュアウト期を設けた。参加者は各処置の最後5日間に糞便サンプルを採取し、また、各処置期間の1日、2日および10日目に食事日記と胃腸管耐性に関するアンケートに回答した。
- 5日間の便湿重量は、LFC処置よりPDXおよびSCFの処置後で増加することが明らかになった ($p \leq 0.0007$)。1日当たりの便通回数および連日の糞便排泄量もまた、LFC処置と比較してPDX処置の期間で有意に増加した。全腸通過時間は、処置群間で差異が認められなかった。
- PDX処置は、SCF処置およびLFC処置より柔らかい便を引き起こした ($p = 0.002$)。便のpHはPDX処置によって低下したのに対し ($p = 0.02$)、SCFではLFC処置と比較して低くなる傾向が認められた ($p = 0.07$)。PDXおよびSCFを消費したとき参加者は、鼓腸と腹鳴の発生がLFCを消費したときと比較して顕著に多くなることを報告した。
- 20g/日の用量のPDXおよびSCFの消費により、名目上の胃腸管耐性に関する問題を伴う穏やかな緩下作用がもたらされることが明らかになった。^f

キーワード：ポリデキストロール、可溶性トウモロコシ繊維、緩下作用、胃腸管耐性

2004

Flood MT, Auerbach MH, Craig SA. A review of the clinical toleration studies of polydextrose in food. *Food Chem Toxicol.* 2004 Sep;42(9):1531-42.

- ポリデキストロースは難消化性の多糖類で（1 kcal/g）、主として食品の砂糖代替成分及び食物繊維として用いられている。通常の使用レベルで、ポリデキストロースは他の食物繊維と同様の生理効果をもたらすが、難消化性炭水化物の過剰消費は胃腸障害の原因となることが明らかにされている。
- ポリデキストロースを用いた9件の臨床試験が、このような症状の程度を評価するために実施されている。これらの試験で成人及び小児における緩下のエンドポイントが測定され、ポリデキストロースは他のほとんどの低消化性炭水化物（例、多価アルコール）より良好な耐容性のあることが明らかにされている。これは高分子量及び部分的な結腸内発酵によるもので、結果として浸透圧性下痢のリスク低下をもたらしている。
- FAO/WHO 合同食品添加物専門家会議（JECFA）及び欧州委員会の食品科学委員会（EC/SCF）は、これらの試験の評価後、ポリデキストロースの緩下作用の閾値は平均で約90g/日（1.3g/kg体重）又は単回用量で50gであると結論付けた。

キーワード：ポリデキストロース、耐容性、浸透性下痢、JECFA、EC/SCF、緩下作用、閾値

1988

Tomlin J, Read NW. A comparative study of the effects on colon function caused by feeding ispaghula husk and polydextrose. *Aliment Pharmacol Ther.* 1988 Dec;2(6):513-9.

- ポリデキストロースは腸内酵素によって消化されない新規の水溶性食品成分で、大腸の機能に影響を及ぼす可能性がある。
- 健康志願者を対象とした試験で、30 g/日のポリデキストロース、標準用量（7 g/日）のイスパキュラ（ispaghula）、及び2 g/日のイスパキュラと30 g/日又は10 g/日いずれかの用量のポリデキストロースとの2種類からなる混合物の補給について、コントロール期間との比較から検討を行った。
- 10日の試験期間中、全腸通過時間、排便の容易性、鼓脹及び製剤の嗜好性、並びに排便量、排便回数及び便硬度について評価を行った。
- 全ての製剤は1週間の排便量をコントロール値より有意に増加させたが（ $p < 0.05$ ）、製剤間に有意差は認められなかった。通過時間と排便頻度は、どの製剤からも有意な影響を受けなかった（ $p > 0.05$ ）。
- 30 g/日のポリデキストロースを供給する両方の製剤とも便硬度を等しく軟化させたが、他の製剤にそのような影響は認められなかった。
- 全ての製剤は鼓脹及び他のガスに関連した問題を引き起こしたが、ポリデキストロースはそれらの問題を最低用量の10 g/日においてイスパキュラより多く引き起こした。
- 水に入れると粘性のある飲料となるイスパキュラの分包剤よりポリデキストロース飲料を好む志願者の方が多いことが明らかになった。ポリデキストロースは、優れた嗜好性及びイスパキュラと同等の糞便量増大作用にもかかわらず、許容し難いレベルの鼓脹のためにイスパキュラに代わる緩下剤にはならないかもしれない。

キーワード：ポリデキストロース、イスパキュラ、便硬度、鼓脹、嗜好性、緩下剤

プロバイオティクス、プレバイオティクス、シンバイオティクス Probiotics, prebiotics & synbiotics

2009

Hengst C, Ptok S, Roessler A, Fechner A, Jahreis G. Effects of polydextrose supplementation on different faecal parameters in healthy volunteers. Int J Food Sci Nutr. 2009;60 Suppl 5:96-105. doi: 10.1080/09637480802526760.

- プレバイオティクスが腸の健康に及ぼす有益な作用について徹底的な調査を行った。本研究の目的は、ポリデキストロース（PDX）のプレバイオティクス効果を明らかにすることにある。
- 45人の健康被験者を対象に、PDX補給（8 g/日）によるプラセボ対照無作為化介入試験を実施した。PDXが便重量、腸管通過時間、便硬度（Bristol stool form scaleによる評価）、短鎖脂肪酸産生、pH値、中性ステロール及び胆汁酸排泄、並びに便細菌叢に及ぼす影響について評価を行った。
- PDXの補給は腸管通過時間を有意に短縮することが明らかになった。さらに、PDXの摂取はpH値の低下、及び中性ステロール・胆汁酸排泄の有意な変化をもたらした。PDXは便重量、主な短鎖脂肪酸（酢酸塩、プロピオン酸塩）の濃度、便中乳酸菌・ビフィズス菌量に影響を及ぼさなかった。
- PDXは便秘を患っている被験者における腸管通過時間を短縮し、便硬度を改善すると結論付けられる。

キーワード：ポリデキストロース、便秘、腸管通過時間、便硬度、Bristol stool form scale

Hernot DC, Boileau TW, Bauer LL, Middelbos IS, Murphy MR, Swanson KS, Fahey GC Jr. In vitro fermentation profiles, gas production rates, and microbiota modulation as affected by certain fructans, galactooligosaccharides, and polydextrose. J Agric Food Chem. 2009 Feb 25;57(4):1354-61. doi: 10.1021/jf802484j.

- 最小限のガス産生を伴うプレバイオティクス消費の腸の健康に関する好ましい結果から恩恵を受けることに関心が寄せられている。本研究では、何種類かのオリゴ糖を対象にガスの産生可能性、発酵プロファイル、及び微生物の調節特性について検討を行った。
- 検討対象となった基質には、短鎖、中鎖及び長鎖フルクトオリゴ糖、オリゴフルクトース強化イヌリン、ガラクトオリゴ糖、並びにポリデキストロースを含んだ。各基質を *in vitro* でヒト糞便接種法を用いて発酵させ、発酵特性を0、4、8及び12時間後に定量化した。
- ガス及び短鎖脂肪酸（SCFA）の産生に関するデータから、短鎖オリゴ糖は、重合度の高い基質よりも速く発酵が進み、また多くのSCFAとガスを産生することが明らかになった。*Lactobacilli*（乳酸桿菌属）は基質間で同様の増加を示した。短鎖オリゴ糖の発酵が最も高いビフィズス菌濃度をもたらした。短鎖オリゴ糖と長鎖オリゴ糖の混合は、短鎖オリゴ糖の発酵の率と程度を減弱した。
- 本研究は、ヒューマン・ニュートリション分野で用いられている何種類かのオリゴ糖の発酵特性について新たな情報を提供している。

キーワード：オリゴ糖、イヌリン、ポリデキストロース、ガス、短鎖脂肪酸、発酵特性

2008

Tiihonen K, Suomalainen T, Tynkkynen S, Rautonen N. Effect of prebiotic supplementation on a probiotic bacteria mixture: comparison between a rat model and clinical trials. Br J Nutr. 2008 Apr;99(4):826-31.

- ガラクトオリゴ糖（GOS）あるいはポリデキストロース（PDX）のいずれかを補充したプロバイオティクス混合物（PRO）が乳酸菌（LAB）及びビフィズス菌（BIF）の細胞数に及ぼす影響について、通常のラット及び健康ヒト被験者を対象に検討を行った。
- ラットにおけるBIFの細胞数はベースライン時に検出限界を下回っていたが、2週間のGOSPRO介入により増加を示した。対照的にラットにおけるLABの数はベースライン時に多く、処理による影響は認められなかった。
- 2種類の単独及び併用試験からなるヒト対象研究は共にPROから始まり、次にGOSPRO又はPDXPRO期間が続いた。ヒト被験者では、BIFとLABの数に大きな変動が認められた。
- GOSPRO群は開始時に糞便中のLABとBIFの数値が高く、介入による効果は殆ど又は全く認められなかった。対照的にPDX群では開始時に糞便中LAB・BIF数が低く、PDXPRO期後のBIF細胞数とPRO期・PDXPRO期後のLAB細胞数が開始時より明らかに増加した。
- これにより、プロバイオティクス及びプレバイオティクスに対する反応はベースライン時のLABとBIFあるいはそのいずれかの数とは無関係であり、また、従来型ラットモデルからはヒトにおける治療反応性を十分に予測できないことが示唆される。
- PROの生存はおそらくプレバイオティクスの補充により増強されたことから、特定のプロバイオティクスとプレバイオティクスの併用が提唱される。

キーワード：ポリデキストロース、乳酸菌、ビフィズス菌、プロバイオティクス、プレバイオティクス

2007

Mäkeläinen HS, Mäkiyuokko HA, Salminen SJ, Rautonen NE, Ouwehand AC. The effects of polydextrose and xylitol on microbial community and activity in a 4-stage colon simulator. J Food Sci. 2007 Jun;72(5):M153-9.

- 本研究は、プレバイオティクス候補物質のポリデキストロース（PDX）とキシリトールが結腸のシミュレータにおける微生物群集とその代謝活性に及ぼす影響

に焦点を合わせている。

- 近位結腸から遠位結腸までのヒト大腸の状態に似せた 4 種類の容器と共に半連続嫌気性培養システムを用いた。独立したシミュレーション用の接種細菌は、異なるドナーの糞便検体から得た。プレバイオティクス候補物質又は無添加炭水化物（対照）のいずれか 2%を含有する小腸内容物に似せた合成培地をシステムに供した。シミュレーション 48 時間後に、試料を採取し、分析した。
- 結腸モデル全体にわたりポリデキストロースの持続的分解とキシリトールのより迅速な分解が観察された。両化合物の発酵は、短鎖脂肪酸（SCFA）の著しい産生増加により特徴付けられた。ポリデキストロースは全ての SCFA の濃度を上昇させたが、特に酢酸とプロピオン酸の濃度を、また、キシリトールは特に酪酸の濃度を上昇させた。
- 分岐鎖脂肪酸（BCFA）の濃度はポリデキストロース及びキシリトールの補給を受けて顕著に低下したのに対し、生体アミンの濃度はほとんど不変のままであった。それ故、結腸微生物の代謝パターンにおける有益なシフトについて、試験した両方の製品で測定を行った。
- これらの *in vitro* 試験から、ポリデキストロースのプレバイオティック特性を示す証拠がもたらされ、また、キシリトールのさらに有利な性質が結腸モデルで実証された。

キーワード：4 段階結腸シミュレータ、半連続嫌気性培養システム、ポリデキストロース、キシリトール

慢性便秘 Chronic constipation

2014

Magro DO, de Oliveira LM, Bernasconi I, Ruela MD, Credidio L, Barcelos IK, Leal RF, Ayrisono MD, Fagundes JJ, Teixeira LD, Ouwehand AC, Coy CS. Effect of yogurt containing polydextrose, Lactobacillus acidophilus NCFM and Bifidobacterium lactis HN019: a randomized, double-blind, controlled study in chronic constipation. Nutr J. 2014 Jul 24;13:75. doi: 10.1186/1475-2891-13-75.

- 便秘は高頻度に発生する愁訴の一つで、プレバイオティクスとプロバイオティクスの組み合わせが腸管輸送に潜在的な相乗作用を及ぼす可能性のあることが明らかにされている。そこで本研究では、ヨーグルト中のポリデキストロース（Litesse®）、*L. acidophilus* NCFM®および *B. lactis* HN019 の組み合わせが便秘に悩まされている被験者の腸管輸送に及ぼす影響について検討することを目的とした。
- 便秘の患者は無作為に対照群（CG）または処置群（TG）に割り付けられ、無香料のヨーグルト 180 ml の摂取を毎朝、14 日間受けた。CG の被験者はヨーグルトのみの摂取を受けた一方、TG の被験者はポリデキストロース、*L. acidophilus* NCFM®（ATCC 700396）および *B. lactis* HN019（AGAL NM97/09513）を含有したヨーグルトの摂取を受けた。
- Agachan らの便秘スコア（Agachan score）は試験終了時に両群で有意に低下し、また TG 群でより良い傾向を示したため、評価の結果、良好な臨床反応が得られた。処置群の被験者ではまた、介入終了時の通過時間が対照群と比べて短縮していることも明らかになった（ $p=0.01$ ）。
- ポリデキストロース、*B. lactis* HN019 および *L. acidophilus* NCFM®を含有するヨーグルト製品は、2 週間後の TG における結腸通過時間を CG と比べて有意に短縮させ、便秘治療のための選択肢となる可能性がある結論付けられた。^f

キーワード：ポリデキストロース、*B. lactis* HN019、*L. acidophilus* NCFM®、ヨーグルト、結腸通過時間

体重管理 Weight management

2014

Astbury NM, Taylor MA, French SJ, Macdonald IA. Snacks containing whey protein and polydextrose induce a sustained reduction in daily energy intake over 2 wk under free-living conditions. Am J Clin Nutr. 2014 May;99(5):1131-40. doi: 10.3945/ajcn.113.075978.

- 間食として消費される食品の組成の操作は、日常のエネルギー制限の役に立つ可能性がある。エネルギーを一致させた 2 種類のスナックバーの消費が食欲、エネルギー摂取量（EI）、代謝性および内分泌性反応に及ぼす影響の比較を行った。さらに、スナック消費の急性効果が自由生活条件下で維持されるか、また、14 日間の習慣的なスナックの連日消費がこれらの作用に影響を及ぼすかについても調査を行った。
- 10 人のそう身男性 [平均年齢±SD: 30.7±9.7 歳；体格指数（ kg/m^2 ）: 23.2±2.8] が乳清タンパク質・ポリデキストロース（PPX）スナックバーまたは等エネルギーのコントロールのスナックバーを二重盲検無作為化交差法で連続 14 日間午前中に取り間食として消費した。
- 2 種類の介入期（各 14 日間）の間に 14 日間のウォッシュアウト期間を設けた。各介入期間の最初（1 日目）と最後（15 日目）に、食欲、食物摂取量および血中の代謝性・内分泌性反応を実験室条件下で評価した。自由生活下の EI を介入 4、8 および 12 日目に記録した。
- 1 日総 EI は PPX スナックを実験期間に消費した場合に有意に低くなり（11,931±896 kJ と比較して 10,149±831 kJ； $p<0.01$ ）、また、1 日 EI は PPX スナックを介入期間の自由生活の部分で消費した場合でも依然として低いままであった（9,041±928 kJ と比較して 7,904±610 kJ； $p<0.05$ ）。PPX スナックはグルコースとグレリンの低下、およびグルカゴン様ペプチド 1 とペプチド・チロシン-チロシン反応の上昇と関連を示した。
- 結論として、間食として消費する食品の組成の操作は、その後の EI を制限するための有効な手段の一つと考えられる。本研究は clinicaltrials.gov に登録されている（NCT01927926）。

キーワード：間食、スナックバー、ポリデキストロース、エネルギー摂取量

Konings E, Schoffelen PF, Stegen J, Blaak EE. Effect of polydextrose and soluble maize fibre on energy metabolism, metabolic profile and appetite control in overweight men and women. Br J Nutr. 2014 Jan 14;111(1):111-21. doi: 10.1017/S0007114513002183.

- 食物繊維高含有の食事は、複数の有益な健康効果をもたらすことが明らかにされている。本研究の目的は、朝食および昼食で得られる有効炭水化物のうちの 30%をポリデキストロース（PDX）または可溶性トウモロコシ繊維（SCF）に置き換えることが、体重管理と糖尿病予防に関連している可能性のある脂肪酸化率と満腹の増大につながるか調査することにある。
- 単盲検無作為化クロスオーバー試験で、対象となった 18 人の過体重男女が次の 4 種類の異なる食事介入を受けた。すなわち、PDX 食、SCF 食および 2 種類のコントロール食（多量栄養素のグラム数またはエネルギー比率について、それぞれ PDX に匹敵する全エネルギーおよび等エネルギー食）である。
- 血糖プロファイル、エネルギー消費および基質酸化を呼吸室で 24 時間測定した。インスリン、非エステル化脂肪酸（NEFA）およびトリアシルグリセロール（TAG）の血中濃度を日中 14 時間測定した。可視的アナログ尺度を用いて食欲の評価を行った。
- 有効炭水化物の PDX または SCF による置き換えは、食後インスリン反応の低下を伴う血糖反応のピーク値低下をもたらした。さらに、血中 NEFA の濃度上昇が両方の食物繊維食の消費後に認められた。また、それは 24 時間の脂肪酸化増大を伴った。
- この効果は主として食物繊維食の低エネルギー値に起因するものであり、食物繊維自体に起因するものではない。脂肪酸化増大に加え、PDX は食欲評

価で顕著な抑制効果を及ぼした。

- 有効炭水化物のPDXによる置き換えは、その代謝プロフィールに及ぼす有益作用から特に興味深く、長期間の体重管理に影響を及ぼす可能性がある結論付ける。

キーワード：ポリデキストロース、可溶性トウモロコシ繊維、体重管理、糖尿病予防、脂肪酸化、満腹、食欲評価

2013

Astbury NM, Taylor MA, Macdonald IA. Polydextrose results in a dose-dependent reduction in ad libitum energy intake at a subsequent test meal. Br J Nutr. 2013 Sep 14;110(5):934-42. doi: 10.1017/S0007114512005776.

- ポリデキストロースは摂食量を低減することが以前の研究で報告されているが、この効果に達するために必要な至適用量については現在のところ不明である。
- 本研究では、無作為化被験者内クロスオーバーデザインを用いて、一定範囲の用量のポリデキストロース消費が食欲とエネルギー摂取量（EI）に及ぼす影響について調査を行った。
- 本目的のために、21人の参加者（男性12人、女性9人）が0g（コントロール）、6.3g、12.5g又は25gのポリデキストロースを含有する837kJの液状食の摂取を受けた。
- 視覚的アナログスケールを用いて主観的な食欲の評価を行い、90分後に自由摂取試験食を提供した。参加者は食事ダイアリーにその日の残り物のEIを記録した。
- コントロール液状食摂取後の試験食の平均EI [5,756（標準誤差423）kJ] は、6.3g、12.5g、25gのポリデキストロースを含有する液状食摂取後の平均EI [それぞれ、5,048（同384）kJ、4,722（同384）kJ、4,362（同316）kJ] より有意に高いことが明らかになった（ $p < 0.05$ ）。また、ポリデキストロース6.3g含有液状食摂取後のEIは、25gの場合より有意に高いことも明らかになった（ $p < 0.01$ ）。
- 種々のポリデキストロース用量を含有する液状食の間で、その日の残り物について自己申告のあったEIに相違は認められなかった。
- 消費したコントロール液状食 [12,051（標準誤差805）kJ] のを12.5g [10,854（同589）kJ]、25g [10,658（同506）kJ] いずれかのポリデキストロース含有液状食と比較したとき、総EI（朝食＋液状食＋自由摂取試験食＋その日の残り物）が有意に高いことが明らかになった（ $p < 0.05$ ）。EIにおけるこれらの差異は、対応する主観的な食欲の評価における差異を随伴しなかった。
- 要約すると、ポリデキストロースの摂取後にEIの効果的な減少が用量依存的に認められた。

キーワード：ポリデキストロース、至適用量、主観的な食欲、エネルギー摂取量

Clark MJ, Slavin JL. The effect of fiber on satiety and food intake: a systematic review. J Am Coll Nutr. 2013 Jun;32(3):200-11. doi: 10.1080/07315724.2013.791194.

- 食物繊維の摂取が体重の低下と関連のあることが疫学調査で明らかにされている。満腹とエネルギー摂取量がこの効果の説明となる可能性がある。本研究の目的は、食欲とエネルギー摂取量を低下させるのに有効な食物繊維の種類と用量を推奨することにある。
- 米国栄養士会（American Dietetic Association）のエビデンス解析処理を指針としてシステマティックレビューを実施した。PubMed及びレビュー論文目録から研究の特定を行った。
- 24時間以内で食欲、摂食量、エネルギー摂取又はそれらのいずれかの測定を行った研究、報告にある食物繊維の種類と量、低・無食物繊維を対照に置いてあること、及び健康なヒト参加者を組み入れ基準とした。44件の発表を特定し、うち107の処置について解析を行った。38種類の食物繊維供給源を特定した。
- 主観的食欲評価を対照群と比較して有意に低減した処置の割合は39%であった。摂食量又はエネルギー摂取量を有意に低減した割合は22%であった。 β -グルカン、ハウチワマ種子核繊維、ライ麦ふすま、全粒ライ麦又は混合食物繊維高含有食の満腹増進効果が2件以上の発表で裏付けられていた。殆どの食物繊維は、急性試験の計画において食欲あるいはエネルギー摂取量を減少しなかった。
- 重要な教示点は以下の通りである。
 - ・ 食物繊維の摂取は体重低下と関連のあることが疫学調査で明らかにされている。
 - ・ 食物繊維の殆どの急性投与で満腹は増進されなかった（61%）。
 - ・ 食物繊維の殆どの急性投与で摂食量は減少しなかった（78%）。
 - ・ 食物繊維の種類、用量いずれについても満腹反応又は摂食量との関連が認められなかった。^f

キーワード：システマティックレビュー、主観的食欲評価、摂食量、エネルギー摂取量、満腹、体重低下

Ranawana V, Muller A, Henry CJ. Polydextrose: its impact on short-term food intake and subjective feelings of satiety in males-a randomized controlled cross-over study. Eur J Nutr. 2013 Apr;52(3):885-93. doi: 10.1007/s00394-012-0395-4.

- ポリデキストロースは高度に分岐した低カロリーのグルコース重合体で、上部消化管で消化されにくいことから、食物繊維様の特性を示すことが明らかにされている。
- 食物繊維は満腹感を増進し、さらに食事摂取量を低減する可能性が示唆されていることから、ポリデキストロースが短期間の満腹感とエネルギー摂取量に及ぼす影響の検討を本研究の目的とした。
- 反復測定による無作為化盲検クロスオーバー設計で、26人の健康男性が12g（3%）のポリデキストロースを含有する400gのフルーツスムージーを摂取し、スムージー摂取後60分にビュッフスタイルの昼食を取った。
- 満腹とおいしさの動機付け評価、及び昼食時のエネルギー摂取量の測定を行った。ポリデキストロース含有スムージーの効果をコントロールのポリデキストロース非含有スムージーと比較した。
- ポリデキストロースは、フルーツスムージーの味と嗜好性に大きな変化を及ぼさないことが明らかになった。ポリデキストロース含有スムージーの消費により、昼食時のエネルギー摂取量（120kcal未満）がコントロールと比較して有意に減少した。
- ポリデキストロースは、短期間の食事摂取量を減少するのに有効な強化剤となる可能性がある結論付けられる。

キーワード：ポリデキストロース、満腹感、エネルギー摂取量、食事摂取量

2012

Hull S, Re R, Tiihonen K, Viscione L, Wickham M. Consuming polydextrose in a mid-morning snack increases acute satiety measurements and reduces subsequent energy intake at lunch in healthy human subjects. Appetite. 2012 Dec;59(3):706-12. doi: 10.1016/j.appet.2012.08.004.

- ポリデキストロース (Litesse®, DuPont) は、結腸内で部分的に発酵される多糖類の一種である。
- ポリデキストロースは、数週間にわたるその消費により、満腹感を増大させることが証拠から示唆されているが、満腹に及ぼす急性効果を評価した研究は不足している。それ故、本研究では、異なる用量のポリデキストロースの摂取が検査当日のその後の食事における満腹感とエネルギー摂取量に及ぼす影響を評価することを目的とした。
- 無作為化単盲検プラセボ対照クロスオーバーデザインを用いて、異なる量のポリデキストロース (0, 6.25, 12.5 g) を含有する 3 種類のヨーグルトベースの飲料について試験を行った。
- 34 人の健康男女志願者が標準の朝食の摂取を、次に、午前中に被験製品の摂取を受けた。その時間は自由摂取の昼食の 90 分前で、続く夕食も自由摂取とした。食欲、嗜好及び不快について主観評価を行うために視覚アナログスケールを用いた。
- 6.25 g 及び 12.5 g のポリデキストロースの消費を受けた群では、対照群と比較して、消費直後に満腹感が増大し、食欲が減少することが明らかになった。昼食時のエネルギー摂取量低下 (218.8 kJ) は、ポリデキストロース 12.5 g 群で観察された。このエネルギー摂取量の減少は、夕食時に補填されなかった。
- 本研究から、ポリデキストロースは消費後の満腹感増大に役立ち、その結果として、エネルギー摂取量も減少する可能性のあることが示唆される。

キーワード：ポリデキストロース、満腹感、視覚アナログスケール、エネルギー摂取量

2010

Lyly M, Ohls N, Lähteenmäki L, Salmenkallio-Marttila M, Liukkonen KH, Karhunen L, Poutanen K. The effect of fibre amount, energy level and viscosity of beverages containing oat fibre supplement on perceived satiety. Food Nutr Res. 2010 Apr 14;54. doi: 10.3402/fnr.v54i0.2149.

- 可溶性食物繊維は食欲に関連した知覚を抑制すると考えられていることから、エネルギー摂取の調節及び増加する肥満問題に望ましい貢献をもたらす可能性がある。本研究の目的は、β-グルカンを豊富に含むエンバク成分が、種々の食物繊維 (DF) 濃度、エネルギーレベル及び粘度で、知覚される満腹感に及ぼす影響を調査することにある。
- 合計 29 人の志願者 (年齢：19~39 歳；平均 BMI：23.2 kg/m²) が本試験に参加した。主観知覚の測定 (満腹感、充足性、空腹感、何かを又は食品サンプルを食する欲求、口渇) をサンプル摂取後の 180 分間に行った。
- サンプルは、食物繊維非含有でエネルギーが 700 kJ と 1,400 kJ の 2 種類の飲料、エンバク DF を 5 g と 10 g (エンバク由来 β-グルカンとして、それぞれ 2.5 g, 5 g) 含有し共に 700 kJ の 2 種類の飲料、10 g のエンバク DF を含有する 1,400 kJ の飲料、10 g の酵素処理エンバク DF を含有する低粘度の 700 kJ の飲料、の併せて 6 種類の飲料とした。各飲料の 1 回分の重量は 300 g とした。サンプルの順序を被験者に無作為化し、6 日間かけて評価を行った。「食物繊維」、「エネルギー」、「粘度」の 3 種類のサンプルセットで結果を報告した。
- 食物繊維のセットにおいて、5 g 又は 10 g の食物繊維を含有する飲料は非含有の飲料と比較して知覚される満腹感の曲線下面積 (AUC) が大きく、また、空腹感の AUC が小さかったが、有意な用量反応関係は検出されなかった。エネルギーのセットにおいて、700 kJ から 1,400 kJ への増加は、満腹感に関連した知覚に影響を及ぼさなかった。粘度のセットにおいて、低粘度の β-グルカン飲料は食物繊維非含有飲料より満腹感に関連した知覚を増大させたが、同量の食物繊維を含有し粘度の高い飲料と比較してその程度は低かった。
- β-グルカン豊富エンバク成分を添加した高粘度飲料は食後の満腹感を増大させたが、その効果は摂取した食物繊維又はエネルギーの量に関連しないことが明らかになった。[†]

キーワード：エンバク由来 β-グルカン、満腹感、粘度、エネルギー

骨の健康 Bone health

2014

Albarracín M, Weisstaub AR, Zuleta A, Mandalunis P, González RJ, Drago SR. Effects of extruded whole maize, polydextrose and cellulose as sources of fibre on calcium bioavailability and metabolic parameters of growing Wistar rats. Food Funct. 2014 Apr;5(4):804-10. doi: 10.1039/c3fo60424a.

- 本研究の目的は、異なる種類の食物繊維とともに摂取した食事が成長期 Wistar ラットにおけるカルシウム (Ca) の生物学的利用率および代謝のパラメータに及ぼす影響について評価を行うことにある。
- 24 匹の雄性 Wistar ラットにコントロール (C)、ポリデキストロース (PD)、エクストルード処理したホールコーン (M) の 3 種類の異なる飼料を 60 日間摂取させた。見かけの Ca 吸収率 (%Ca Abs)、総骨塩量 (t BMC)、総骨密度 (t BMD)、大腿骨 (F)・脊椎 (S)・脛骨 (T) の BMD、盲腸重量、および pH を測定した。血清・肝臓中のマロンジアルデヒド (MDA)、脂質 (TG とコレステロール) の含量も測定した。
- 得られた結果から、M および PD を摂取させたラットの盲腸重量は同じであったが、C を摂取させたラットの盲腸重量より重いことが明らかになった (1.53 ± 0.02 対 0.94 ± 0.01)。M を摂取させたラットの盲腸内容物は C と比べて中等度の酸性化が認められた (pH 5.93 対 6.98)、また、PD、M、C を給与したラットの糞重量はそれぞれ、1.06 ± 0.02、3.07 ± 0.03、4.81 ± 0.05 であった。
- %Ca Abs について、PD 群と C 群の間で有意差が認められた (87.57 ± 1.20 対 71.10 ± 1.11)。PD 群で F-BMD、S-BMD および T-BMD の最高値が認められたが、M 群と C 群の間では差異が認められなかった。脂質については、M 群のラットの肝臓におけるトリアシルグリセロール含量で有意な低下作用が認められた。さらに、肝中 MDA 値は、M および PD の飼料の給与により有意に低下した。
- PD および穀物繊維の消費は、食物繊維の結腸内発酵に関連した pH、および肝中 TG・MDA 含量の低下のような、消化管に関する複数の有益作用を発揮することが明らかになった。

キーワード：Wistar ラット、ポリデキストロース、コーン、Ca 吸収率、骨塩量、骨密度、盲腸重量、pH、MDA、TG

Whisner CM, Martin BR, Nakatsu CH, McCabe GP, McCabe LD, Peacock M, Weaver CM. Soluble maize fibre affects short-term calcium absorption in adolescent boys and girls: a randomised controlled trial using dual stable isotopic tracers. Br J Nutr. 2014 Aug;112(3):446-56. doi: 10.1017/S0007114514000981

- 可溶性トウモロコシ繊維 (SCF) は、他の複数の新規プレバイオティック繊維と比較して、成長期ラットの骨密度と骨強度を顕著に改善することが明らかにされている。本研究の目的は、SCF が思春期の子供におけるカルシウム (Ca) の吸収と保持に及ぼす影響について、腸内微生物叢の可能な吸収メカニズムの調査から検討を行うことにある。
- 合計 24 人の青年期男女 (12 歳~15 歳) が、低 Ca 食 (600 mg/日) に順不同で含んだ 0 g/日の SCF (対照群；CON) 及び 12 g/日の SCF (SCF 群) の評価を行う各 3 週間の代謝平衡試験に参加した。

- Ca 吸収率を2種類の介入期間の終了時に二重安定同位体分析を用いて測定した。食事成分及び便・尿サンプルを毎日採取し、Ca 含量を測定した。Ca 保持は、最後の2週間に食事からのCa 摂取量から糞尿へのCa 排出量を除いて算出した。各期間の開始時と終了時に採取した便サンプル中の微生物群組成は、PCR 増幅した16S リボソーム RNA 遺伝子の454 pyrosequencing 法により測定した。
- SCF 処置後のカルシウム吸収率はCON 処置後と比較して12% (41 mg/日) 高かったが [それぞれ0.664 (SD=0.129) 、0.595 (SD=0.142) ; p=0.02] 、Ca 保持には影響が認められなかった。Bacteroidetes 門の細菌が占める割合の平均値は、CON 処置後よりSCF 処置後の参加者で有意に増大した。
- これらの結果から、耐性良好なプレバイオティック繊維とされる SCF の中等度の連日摂取は、Ca の消費量が推奨値に満たない青年期男女における短期のCa 吸収を増加させることが示唆される。

キーワード：青年期男女、可溶性トウモロコシ繊維、カルシウム吸収率、Bacteroidetes 門

2012

Legette LL, Lee W, Martin BR, Story JA, Campbell JK, Weaver CM. Prebiotics enhance magnesium absorption and inulin-based fibers exert chronic effects on calcium utilization in a postmenopausal rodent model. J Food Sci. 2012 Apr;77(4):H88-94. doi: 10.1111/j.1750-3841.2011.02612.x.

- カルシウム代謝の加齢変化は、骨粗しょう症の発生に役割を果している。5 ヶ月齢の卵巣切除 (OVX) Sprague-Dawley ラットを対象に、種々の食物繊維がミネラル代謝及び骨の健康パラメータに及ぼす影響を評価するために、4 週間の給餌試験を実施した。
- シャム対照群、OVX 対照群、エストラジオール (E₂) 注射を連日投与する OVX ラット群、イヌリンベースの食物繊維 (Synergy1® 若しくは Fruitafit HD®) 又は新規の食物繊維 (ポリデキストロース) を 5 wt% 添加した AIN-93M 飼料を摂取させる OVX ラット群の合計 6 種類の処置群を設けた。カルシウムとマグネシウムの代謝バランス評価は、食餌の早期 (3 日目) 及び後期 (4 週目) 曝露後に行った。
- ポリデキストロースを摂取させたラットでは、全ての対照群と比べ正味のカルシウム吸収効率と保持率が有意に高いことが明らかになった。また、早期曝露後にイヌリン系食物繊維と比較した時、カルシウム吸収率が高くなる傾向が認められたが (p ≤ 0.10) 、その利点は長期間の曝露中持続しなかった。
- イヌリン系食物繊維は、腸内変化と関係のあるカルシウム代謝に正の慢性効果、すなわち、短鎖脂肪酸産生と盲腸壁重量増加をもたらした。全ての食物繊維は、早期及び後期の代謝バランスにおいてマグネシウムの吸収・保持を改善した。マグネシウム代謝に及ぼす作用は、カルシウムより顕著であることが明らかになった。
- 実際の応用：米国における中高年人口の着実な増大は、主として閉経後女性に影響を及ぼす骨の病気である骨粗しょう症を含む何種類かの慢性疾患の高い発生率の原因となっている。一定の食物繊維 (プレバイオティクス) はミネラル吸収を高め、骨の健康にベネフィットをもたらす可能性のあることを最近の研究は示唆している。
- 本研究では、閉経後ラットモデルを対象に、プレバイオティクス補給がミネラル代謝と骨の健康状態に及ぼす影響について検討を行った。研究から得られた所見は、プレバイオティクスが骨の健康にもたらす潜在的なベネフィットに関連した因子を確定する将来の調査に役立ち、ひいては、骨の健康に対する消費者の需要に取り組む有効なプレバイオティクスの食品・サプリメントの開発の一助となる。

キーワード：イヌリン、ポリデキストロース、プレバイオティクス、マグネシウム、カルシウム、短鎖脂肪酸、盲腸壁重量

2011

Vasupen K, Yuangklang C, Beynen AC, Einerhand AWC. Effect of dietary polydextrose on feces consistency and macronutrient digestibility in healthy dogs. American J. Animal & Vet. Sci., 6 (3): 105-111, 2011.

- ドライタイプのドッグフードに STA-LITE® ポリデキストロースを 3% 添加することにより、イヌの変形性関節症の臨床症状が軽減するという証拠が存在する。ドッグフードの機能性成分としてポリデキストロースを応用するには、食物受容性、糞便硬度、排便臭気、及び多量栄養素とミネラル類の消化性への影響に関する情報が必要とされる。
- 12 匹の健康なゴールデンレトリバーの成犬を対象に、4×4 のラテン方格の実験配置で飼養試験を行った。市販のドライタイプのドッグフードに 0%、2%、4% 又は 8% 濃度いずれかのポリデキストロースを添加したものを実験食とした。各 2 週の飼養期間最後の 5 日間に、個々のイヌの糞便を定量採取した。糞便硬度と排便臭気について評価を行った。また、糞便中の pH 及び Lactobacilli、並びに多量栄養素とミネラルの見かけの消化性を測定した。
- 各々の含有レベルのポリデキストロースは食物受容性と摂取量に影響を及ぼさず、体重における変化も引き起こさなかった。ポリデキストロース摂取による排便臭気及び排出量への影響は認められなかった。
- 糞便硬度はポリデキストロース摂取により有意な影響を受け、用量増加に伴い軟化することが明らかになった。乾物、粗タンパク質、粗脂肪及び灰分の見かけの消化率は、ポリデキストロース摂取による有意な影響を受けなかった。粗脂肪及び無窒素抽出物の見かけの消化率は、ドッグフードへのポリデキストロース添加により上昇した。
- ポリデキストロースの見かけの消化率は、摂取量に対して 92% と計算された。ポリデキストロースの高い見かけの消化率は、イヌの後腸における同機能性成分の発酵を指すが、糞便中の pH のさらなる低下及び Lactobacilli の増加とは関連が認められなかった。カルシウムとリンの見かけの吸収率は、ポリデキストロース摂取による有意な影響を受けなかった。
- イヌ変形性関節症に関する臨床試験では、ドライタイプのドッグフードに 3% の用量のポリデキストロースが用いられた。健康なイヌを対象に行った本試験の結果から、3% 用量のポリデキストロースには、今回測定対象となった変数に負の影響を及ぼす可能性のないことが結論として示された。^f

キーワード：ポリデキストロース、食物受容性、糞便硬度、多量栄養素、消化率、カルシウム、リン、吸収率

Beynen AC, Saris DHJ, De Jong L, Staats M, Einerhand AWC. Impact of dietary polydextrose on clinical signs of canine osteoarthritis. American J. Animal & Vet. Sci., 6 (3): 93-99, 2011.

- 変形性関節症は、軟骨基質損失に関連した炎症性関節疾患の一つである。食物繊維であるポリデキストロースの摂取は、抗炎症活性をもたらすと示唆的な証拠が存在する。ポリデキストロースには、イヌの変形性関節症に正の影響を及ぼす可能性のあることが論じられている。
- 変形性関節症の治療における STA-LITE® ポリデキストロースの有効性評価を行うために、個人所有のイヌを対象として、二重盲検プラセボ対照比較試験を実施した。
- イヌの所有者は、質問票を用いて 5 種類の臨床症状を評価した。ポリデキストロース 3% 含有又は非含有のドライタイプのコンプリートフードを 8 週間イヌに摂取させた。イヌの数は、対照群に 16 匹、被験群に 19 匹とした。
- 関節腫脹、こわばり及び跛行に関する臨床スコアのベースライン値から、変形性関節症の重症度は、対照群より被験群のイヌではるかに低いことが明らかになった。両群における活動度と痛みの初期スコアについては類似していた。
- 対照群と被験群における臨床スコアの経時的な変化の比較は、ベースライン時の変形性関節症の重症度の差異によってバイアスがかかるはずである。厳

密な条件で、対照群のイヌと被験群のイヌをマッチさせた最大数のペアを臨床症状ごとに作った。

- 5 種類全ての臨床症状は、対照食よりポリデキストロース含有食を摂取させたイヌで群平均の改善を示すことが明らかになった。対照群のイヌと被験群のイヌでプールの群平均変化の間の差には、統計上の有意差が認められた。
- 変形性関節症改善の全体的指標として、5 種類の臨床変数に関する変化の合計を計算した。ポリデキストロースは、変形性関節症に顕著な改善をもたらすことが明らかになった。ポリデキストロースが介する変形性関節症改善の指数の上昇率は 57%であった。
- ポリデキストロースは安全と見なされ、ドライタイプのドッグフードにおける 3%の用量は、変形性関節症を認めるイヌに有益であると結論付けられる。^f

キーワード：ポリデキストロース、イヌ変形性関節症、二重盲検プラセボ対照比較試験、関節疾患、機能的成分

2010

Weaver CM, Martin BR, Story JA, Hutchinson I, Sanders L. Novel Fibers Increase Bone Calcium Content and Strength beyond Efficiency of Large Intestine Fermentation. J Agric Food Chem. 2010 Aug 25;58(16):8952-7. doi: 10.1021/jf904086d.

- 食物繊維は、下部消化管における発酵後のミネラル吸収・保持の増大、及びミネラルの安定化により、骨の健康にベネフィットをもたらしていると考えられている。本試験において、離乳ラットモデルを対象とした 12 週間の介入後、短鎖脂肪酸（SCFA）産生、カルシウム吸収、ミネラル保持、骨塩量、骨密度及び骨強度について、8 種類の食物繊維をセルロースとの比較から検討を行った。
- 骨にもたらされるベネフィットは、SCFA 産生、カルシウム吸収又はミネラル保持と低度から中程度の関連を示した。しかし何種類かのパラメータについては、盲腸内容物重量により良好な予測がなされ、他のメカニズムが重要視される可能性が示唆された。それでも、2 種類の難消化性デンプン、1 種類の可溶性繊維デキストリン及びポリデキストロースは、骨カルシウム量を増加させることが明らかになった。
- 可溶性トウモロコシ繊維と可溶性繊維デキストリンは、全身の骨塩量と骨密度、及び容積骨密度、皮質厚・面積、並びに大腿骨遠位部の最大破断強度の増大などの骨の特性に最大のベネフィットをもたらすことが明らかになった。

キーワード：SCFA 産生、カルシウム吸収、ミネラル保持、骨塩量、骨密度、骨強度

2000

Hara H, Suzuki T, Aoyama Y. Ingestion of the soluble dietary fibre, polydextrose, increases calcium absorption and bone mineralization in normal and total-gastrectomized rats. Br J Nutr. 2000 Nov;84(5):655-61.

- 我々は以前、胃全摘ラットを対象に、高発酵性の水溶性食物繊維であるグアガム加水分解物（GGH）の給与により不溶性 Ca 塩の腸管吸収が増大することを実証した。本研究では、低発酵性の水溶性食物繊維であるポリデキストロース（PD）の正常及び胃全摘ラットへの給与が Ca 吸収と骨石灰化に及ぼす影響について、GGH 給与との比較から検討を行った。
- 胃切除術により見かけの Ca 吸収率は大幅に低下したが、PD 給与（50 g/kg 飼料）による Ca 吸収の部分的回復が GGH 給与時（50 g/kg 飼料）と同様に認められた。PD 給与はまた、正常ラットにおいても Ca 吸収の増大をもたらしたが、GGH 給与ではそのような変化は認められなかった。大腿骨の Ca 濃度は、胃切除術により低下した。
- 21 日間の PD 給与により、正常及び胃切除の両ラットで Ca 濃度が上昇したが、GGH 給与ではそのような変化は認められなかった。
- PD 給与ラットにおいて、盲腸内容物の pH は食物繊維無添加飼料及び GGH 飼料給与ラットの場合より低かったが、盲腸内容物中の可溶性 Ca 濃度は群間で差異が認められなかった。PD 群における短鎖脂肪酸濃度は、GGH 群よりはるかに低いことが明らかになった。
- 我々はまた、小腸の反転腸管を用いて *in vitro* で Ca 吸収の検討も行った。回腸囊漿膜の培養基への PD 添加により Ca 吸収が増大したが、GGH 添加でそのような変化は認められなかった。
- 大腸よりはむしろ小腸が PD 給与ラットにおける Ca 吸収増大に関与を示し、PD による増加メカニズムは GGH の場合とは異なる可能性のあることが得られた結果から示唆される。^f

キーワード：ポリデキストロース、グアガム加水分解物、Ca 吸収、骨石灰化、胃切除術

血糖・インスリン反応 Glycemic and insulinemic responses

2014

Panahi S, Ezatagha A, Jovanovski E, Jenkins A, Temelli F, Vasanthan T, Vuksan V. Glycemic Effect of Oat and Barley Beta-glucan When Incorporated into a Snack Bar: A Dose Escalation Study. J Am Coll Nutr. 2014 Aug 15:1-8. [Epub ahead of print]

- エンバクおよびオオムギに由来するβ-グルカンの血糖降下作用は、それらの消費量と流動学的特性に依存している。このことは、食品マトリックスがその生理反応の予測において重要な因子でもある可能性を示す証拠により最近検証されている。
- 本研究の目的は、スナックバーに添加したエンバクおよびオオムギに由来するβ-グルカンの種々の用量が食後血糖値に及ぼす影響について検討することにある。
- 無作為化クロスオーバー試験で、12 名の健常男女がエンバクもしくはオオムギに由来するβ-グルカンを 0（コントロール）、1.5、3、6 g 含有する 8 種類のスナックバー、または 3 種類の白パンのコントロール食を摂取した。全ての処置に利用可能な炭水化物を 50 g 含めた。血中グルコース濃度を摂食後 2 時間に測定した。
- 1.5 g から 6 g までのβ-グルカンのスナックバーへの取り込みには、用量および供給源と無関係にコントロールのバー（β-グルカン 0 g）と比べて付加的な血糖降下性のベネフィットは認められず、バーの固体食品マトリックスと組成が血糖反応に及ぼす影響に役割を果たしている可能性が示唆された。すべてのバーの血糖曲線下面積（AUC）は、3 種類の白パンのコントロール食と比較して平均で 25%低下したことが明らかになった（ $p < 0.05$ ）。
- 今回の試験で用いたスナックバー処方へのエンバクおよびオオムギに由来するβ-グルカンの添加は、スナックバー自体の血糖降下作用を超えた付加的なベネフィットをもたらすことはなかった。

キーワード：オオムギ、エンバク、食後血糖値、粘度、β-グルカン

2010

Wilson T, Luebke JL, Morcomb EF, Carrell EJ, Leveranz MC, Kobs L, Schmidt TP, Limburg PJ, Vorsa N, Singh AP. Glycemic responses to sweetened dried and raw cranberries in humans with type 2 diabetes. J Food Sci. 2010 Oct;75(8):H218-23. doi: 10.1111/j.1750-3841.2010.01800.x.

- 本研究の目的は、2 型糖尿病のヒトを対象に加糖乾燥クランベリー（SDC）、生クランベリー（RC）及び白パン（WB）に対する代謝反応の評価を行うことにある。血糖反応の低下と関連を示す口当たりの良いクランベリー製品の開発は、糖尿病のヒトにおける果物消費と血糖コントロールの改善に有用となる可能性がある。
- 今回の試験で 2 型糖尿病の被験者（n=13）は、WB（57 g、160 cal、食物繊維 1 g）、RC（55 g、21 cal、食物繊維 1 g）、SDC（40 g、138 cal、食物繊維 2.1 g）、及び砂糖を減らした SDC（SDC-LS；40 g、113 cal、食物繊維 1.8 g + ポリデキストロース 10 g）の摂取を受けた。
- 血漿中のグルコース（mmol/L）は WB が 60 分、RC、SDC 及び SDC-LS が 30 分でピークに達したが（それぞれ、 9.6 ± 0.4 、 7.0 ± 0.4 、 9.6 ± 0.5 、 8.7 ± 0.5 ）、WB は 120 分でも依然として他の群より有意な上昇を示した。
- 血漿中のインスリン（pmol/mL）は WB と SDC が 60 分、RC と SDC-LS が 30 分でピークに達したが（それぞれ、 157 ± 15 、 142 ± 27 、 61 ± 8 、 97 ± 11 ）、SDC-LS は 60 分で WB 又は SDC より有意な低下を示した。RC と SDC-LS のインスリン濃度曲線下面積（AUC）の値は共に WB 又は SDC より有意に低かった。
- HPLC 及びエレクトロスプレイイオン化質量分析（ESI-MS）に先立って行った 80%アセトンによる抽出後に SDC と SDC-LS のフェノール類含有量を測定したところ、5-カフェオイルキナ酸、クエルセチン 3-ガラクトシド、及びプロアントシアニジンのエピカテキン二量体が豊富に含まれていることが明らかになった。
- 結論：SDC-LS は、2 型糖尿病における良好な血糖・インスリン反応との関連が認められる。
- 実用化のために：種々のクランベリー製品におけるフェノール類含有量と血糖反応について比較を行う。2 型糖尿病患者にとって口当たりが良く、携帯可能な healthy food の選択の幅を広げるための探索を行う。カロリー値と潜在的な血糖反応の低下を可能にする充填剤であるポリデキストロースの新たな活用法の特徴付けも本試験で行う。

キーワード：2 型糖尿病、ポリデキストロース、血糖・インスリン反応、フェノール類含有量

Kurotobi T, Fukuhara K, Inage H, Kimura S. Glycemic index and postprandial blood glucose response to Japanese strawberry jam in normal adults. J Nutr Sci Vitaminol (Tokyo). 2010;56(3):198-202.

- 30 人の健常成人を対象に、さまざまな糖組成からなる 5 種類のイチゴジャムの血糖指数（GI）について検討を行った。グルコースの占める割合が最も高いジャムが高 GI を、フルクトースの割合が高く、ポリデキストロースから作られたジャムが低 GI を示した。GI とジャムの糖組成から計算した推定 GI との高い相関関係が認められた（ $r=0.969$ 、 $p=0.006$ ）。
- さらに、ジャム 20 g のみ、及び食パン 1 枚とジャム 20 g の摂取が食後血糖反応に及ぼす影響について、8 人の健常成人を対象に評価を行った。高い割合でグルコースを含有する高 GI ジャム 20 g の摂取 15 分後の血糖値は他のジャムを同量摂取した場合よりも高かったが、30 分後では有意差が認められなくなった。
- GI の高低とは無関係に、食パン 1 枚（60 g）を摂取、又は食パン 1 枚を 20 g 未満のジャムと一緒に摂取した後の血糖値あるいは曲線下面積にジャム間の差異は認められなかった。^f

キーワード：糖組成、ジャム、ポリデキストロース、血糖値

2009

Lummela N, Kekkonen RA, Jauhiainen T, Pilvi TK, Tuure T, Järvenpää S, Eriksson JG, Korpela R. Effects of a fibre-enriched milk drink on insulin and glucose levels in healthy subjects. Nutr J. 2009 Oct 1;8:45. doi: 10.1186/1475-2891-8-45.

- 食品に対する血糖反応は、そこに含まれる炭水化物の質と量に依存している。食物繊維の形態の炭水化物はインスリン及び糖代謝に好ましい影響を及ぼし、エネルギー摂取の管理に役立つ可能性がある。
- 乳製品は相対的に炭水化物含量が低く、また、その炭水化物の殆どが一部の集団に消化器症状を引き起こす乳糖の形で存在している。これらの症状を回避するために乳製品はラクトース・フリー（無乳糖）の乳製品に置き換えられ、世界中の多くの地域で上市されている。しかしながら、ラクトース・フリー製品がインスリン及び糖代謝に及ぼす影響については調査がなされていない。
- 本研究では、1) ラクトース・フリー乳飲料、2) 食物繊維を強化した新規の無脂肪・無乳糖乳飲料、及び 3) 通常の無脂肪乳が血清中のインスリン・グルコース濃度及び満腹感に及ぼす影響について、乱塊法を用いて検討を行った。終夜絶食後、26 人の健常志願者がこれらの飲料のうち一つ（200 ml）を非連続で 3 日間摂取した。
- インスリン・グルコース濃度と客観的満腹度を乳製品摂取前と摂取後 20 分、40 分、60 分、120 分及び 180 分に測定した。ベースライン値を除いた曲線下面積でそれらの反応を算出した（AUC minus baseline）。
- インスリン反応は、食物繊維強化乳飲料のほうが他の乳製品より有意に低いことが明らかになった（AUC； $p=0.007$ ）。血糖反応又は客観的満腹度の AUC については、調査した乳製品間で差異は認められなかった。
- 得られた結果から、この新規の乳飲料にはインスリン反応に正の作用を及ぼす可能性のあることが示唆される。^f

キーワード：無乳糖、食物繊維強化乳飲料、インスリン反応

2008

Kendall CW, Esfahani A, Hoffman AJ, Evans A, Sanders LM, Josse AR, Vidgen E, Potter SM. Effect of novel maize-based dietary fibers on postprandial glycemia and insulinemia. J Am Coll Nutr. 2008 Dec;27(6):711-8.

- 食後高血糖は、酸化ストレスの増加、糖尿病や心疾患の発症、及び全原因死亡率の上昇と関連のあることが明らかにされている。本研究の目的は、トウモロコシを原料とした新規の食物繊維が食後高血糖に及ぼす影響、及び迅速な *in vitro* での消化性システムと血糖反応との間の相関を評価することにある。
- 臨床試験に参加した 12 人（男性 7 人、女性 5 人；平均年齢： 31 ± 5 ）の健常志願者は、順不同で 2 種類の対照食と共にトウモロコシ由来食物繊維成分（総炭水化物として 25 g）を含有する 7 種類の被検飲料の摂取を別々の機会に受けた。
- 毛細管血を採取し、2 時間の血糖上昇曲線下面積の計算により、相対的な血糖反応とインスリン反応を評価した。これらが臨床所見と相関しているかを判断するために、食物繊維と対照材料について *in vitro* 消化性試験を行った。
- 調査対象となった全ての食物繊維は、増分曲線下面積（ $iAUC$ ）と全ての時間点で、対照と比較して血糖反応とインスリン反応の有意な低下をもたらすことが明らかになった（ $p < 0.05$ ）。
- *in vitro* 消化性の曲線は、*in vivo* の累積 $iAUC$ に匹敵していた。消化率で表した *in vitro* データは、試験食の最初の 30 分間について、*in vivo* の $iAUC$ データと有意な相関を示した（ $p < 0.05$ ）。
- 今回の試験で調査対象となった全ての新規トウモロコシ由来食物繊維において、対照と比べて食後の血糖反応及びインスリン反応の低下が認められた。さらなる評価がこのような食物繊維を含有する飲料と食品が必要とされるが、それらは糖尿病及び他の慢性疾患を管理する食事療法への応用に有効と

なる可能性がある。

- 加えて、in vitro での消化性分析の結果は in vivo データと良好な相関を示し、製品開発の指針に有用となる可能性がある」と結論付けられる。^f

キーワード：新規トウモロコシ由来食物繊維、食後高血糖、血糖反応、インスリン反応、消化性、糖尿病

1996

Pick ME1, Hawrysh ZJ, Gee MI, Toth E, Garg ML, Hardin RT. Oat bran concentrate bread products improve long-term control of diabetes: a pilot study. J Am Diet Assoc. 1996 Dec;96(12):1254-61.

- 本研究の目的は、インスリン非依存性糖尿病（NIDDM）のある自由生活者を対象に、エンバクふすま濃縮物含有パン製品が及ぼす長期的影響について食事、臨床及び生化学的方法により評価を行うことにある。
- 12週間を1期間とする2期クロスオーバー比較試験を計画した。地域で生活するNIDDMの男性8人（平均年齢：45歳）を対象被験者とした。血糖・インスリンプロファイルを臨床検査施設で測定した。口当たりの良い、食物繊維高含有のエンバクふすま濃縮物〔水溶性食物繊維（β-グルカン）含量：22.8%〕パン製品を開発した。ランダムに選ばれた4人の被験者はエンバクふすま濃縮物パンを、残りの被験者はコントロールの精白パン（white bread）をまず食した。
- 1期間に4回の48時間食物摂取想起を実施し、食事摂取の評価を行った。血糖・インスリン（8時間のプロファイル）及び空腹時の脂質パラメータ（ベースライン時、12週目及び24週目）を測定した。反復測定分散分析を用いて統計解析を行った。
- 総エネルギー及び多量栄養素の摂取量は、両方の期間とも類似していた。総食物繊維摂取量の平均値は、white bread 摂取期間で19g/日、エンバクふすま濃縮物摂取期間で34g/日（エンバクふすま濃縮物由来の水溶性食物繊維は9g/日）であった。体重は安定した状態が保たれた。
- 血糖及びインスリンの反応面積（曲線下面積）の平均値は、white bread 摂取期間と比較して、エンバクふすま濃縮物摂取期間で低かった（それぞれ、有意差なし、 $p \leq 0.05$ ）。朝食後のエンバクふすま濃縮物摂取期間の曲線下面積は、white bread 摂取期間と比較して、血糖、インスリンともに低く（それぞれ、 $p \leq 0.01, 0.05$ ）、インスリンは早くピークに達した（ $p \leq 0.05$ ）。食物繊維摂取はインスリンの曲線下面積と負の相関を示した（ $p \leq 0.05$ ）。
- 血漿総コレステロール及び低比重リポタンパク質コレステロールの平均値は、white bread 摂取期間と比較して、エンバクふすま濃縮物摂取期間で低かった（ $p \leq 0.01$ ）。エンバクふすま濃縮物摂取期間において、高比重リポタンパク質コレステロールに対する低比重リポタンパク質コレステロールの平均比が24%低下した（ $p \leq 0.05$ ）。
- 広く受け入れられているエンバクふすま濃縮物のパン製品は、血糖、インスリン及び脂質応答を改善することが明らかになった。

キーワード：インスリン非依存性糖尿病、エンバクふすま濃縮物、β-グルカン、血糖、インスリン、コレステロール

心血管系の健康 Cardiovascular health

2014

Whitehead A, Beck EJ, Tosh S, Wolever TM. Cholesterol-lowering effects of oat β-glucan: a meta-analysis of randomized controlled trials. Am J Clin Nutr. 2014 Dec;100(6):1413-21. doi: 10.3945/ajcn.114.086108.

- 食品規格機関により世界的に承認されているエンバク製品由来可溶性繊維のコレステロール低下作用に関するヘルスクレームは、3g/日以上エンバクβ-グルカン（OBG）を含有する食事に基いている。最近発表されたランダム化比較試験（RCT）の数をかながみて、以前のメタアナリシスの所見を最新のものにすることが重要である。
- 3g/日以上OBGがヒトの血清コレステロール濃度に及ぼす影響を定量化し、潜在的な作用修飾因子を調査することを目的とした。
- 3g/日以上OBGを適切なコントロールと比較した28件のRCTについてメタアナリシスを実施した。体系的な検索を1966年1月1日から2013年6月6日までのPubMed、AGRICOLAおよびScopusに加えCreaNutrition AGの社内試験報告書の中で行った。
- 試験は組み入れ・除外基準について評価し、データは含まれた試験から二人一組で独立して作業する査読者が相違を合意により調和させながら抽出した。OBG食とコントロール食の間におけるベースラインからの血清コレステロール低下の平均値推定値は、メタアナリシスの変量効果モデルとメタ回帰を用いて分析した。
- 用量が3g/日以上OBGは低比重リポタンパク質（LDL）と総コレステロールをコントロールと比べてそれぞれ0.25mmol/L（95%CI: 0.20~0.30; $p < 0.0001$ ）、0.30mmol/L（95%CI: 0.24~0.35; $p < 0.0001$ ）減少させ、いくつかの異質性の徴候を伴った（ $p = 0.13$ および $p = 0.067$ ）。OBGが高比重リポタンパク質（HDL）コレステロールおよびトリグリセリドに及ぼす有意な作用、また、用量（全試験における範囲：3.0~12.4g/日）または処置期間（同：2~12週間）が結果に影響を及ぼしたとする証拠は存在しなかった。
- LDLコレステロール低下作用は、ベースライン時のLDLコレステロールが高くなるに伴い有意に増大することが明らかになった。糖尿病でない被験者と比較して、糖尿病の被験者でLDLコレステロールと総コレステロール両方に及ぼす影響が有意に大きくなった（根拠となった試験数は少ないものの）。
- 3g/日以上OBGの食事への添加は、HDLコレステロールまたはトリグリセリドに変化を及ぼすことなく、LDLコレステロールと総コレステロールをそれぞれ0.25mmol/L、0.30mmol/L減少させると結論づける。^f

キーワード：HDLコレステロール、LDLコレステロール、メタアナリシス、エンバク、総コレステロール、トリグリセリド、β-グルカン

Tabesh F, Sanei H, Jahangiri M, Momenzadeh A, Tabesh E, Pourmohammadi K, Sadeghi M. The effects of beta-glucan rich oat bread on serum nitric oxide and vascular endothelial function in patients with hypercholesterolemia. Biomed Res Int. 2014;2014:481904. doi: 10.1155/2014/481904.

- エンバクは可溶性繊維が豊富で、心血管疾患（CVD）のリスク低減に有効とされている。われわれは、エンバクふすま由来β-グルカンが高コレステロール血症患者の血清中の一酸化窒素（NO）および内皮機能に及ぼす影響の評価を行った。
- 60人の高コレステロール血症患者がエンバクふすま由来β-グルカンを豊富に含む実験用パン（介入群）またはコムギ繊維を豊富に含むパン（コントロール群）の摂取を4週間受けるために無作為に割り付けられた。すべての被験者は同じ食事を2週間のベースライン期に取り、それから低カロリー食を4週間の介入で取った。血清NO濃度および流量依存性拡張（FMD）を実験の前後に測定した。
- 参加者の平均年齢は51.1±9.3歳で、65%（n=39）が女性であった。介入後、血清NO濃度は介入群で50.2±19.8μmol/L上昇したが（ $p = 0.017$ ）、コントロール群では変化が認められなかった（17.5±27.5μmol/L; $p = 0.530$ ）。FMDの変化は、介入群（0.48±0.78%; $p = 0.546$ ）、コントロール群（0.59±0.92%; $p = 0.533$ ）共に認められなかった。
- エンバクパンの4週間の消費により血清NO濃度は上昇したが、FMDには影響をもたらさないことが明らかになった。この点に関してさらなる調査が必要とさ

れる。^f

キーワード：高コレステロール血症、エンバクふすま、β-グルカン、一酸化窒素、内皮機能

2013

Threapleton DE1, Greenwood DC, Evans CE, Cleghorn CL, Nykjaer C, Woodhead C, Cade JE, Gale CP, Burley VJ. Dietary fibre intake and risk of cardiovascular disease: systematic review and meta-analysis. BMJ. 2013 Dec 19;347:f6879. doi: 10.1136/bmj.f6879.

- 食物繊維の摂取量と冠動脈性心疾患および心血管疾患との可能な用量反応関係を調査することを目的として、入手可能な文献の系統的レビューおよび変量効果モデルを用いたコホート研究の用量反応メタ分析を計画した。
- Cochrane Library、Medline、Medline in-process、Embase、CAB Abstracts、ISI Web of Science、BIOSIS および手作業での検索をデータソースとした。食物繊維摂取と冠動脈性心疾患または心血管疾患との関連を報告している前向き研究のうち、追跡期間が 3 年以上あり、かつ英語で 1990 年 1 月 1 日から 2013 年 8 月 6 日までの間に発表された研究を適格基準とした。
- 22 件のコホート研究の発表が組み入れ基準を満たし、総食物繊維摂取量、食物繊維のサブタイプまたは食物源由来食物繊維、および心血管疾患または冠動脈性心疾患の主要イベントについて報告していることが明らかになった。
- 総食物繊維摂取量が心血管疾患 [7 g/日あたりのリスク比：0.91 (95%信頼区間 0.88~0.94)] および冠動脈性心疾患 [同 0.91 (0.87~0.94)] のリスクと逆の関連を示した。心血管疾患 [$I^2=45%$ (0%~74%)] と冠動脈性心疾患 [同 33% (0%~66%)] についてプールした研究の間で何らかの異質性を示す証拠が認められた。
- 不溶性食物繊維と穀物および野菜由来食物繊維は、冠動脈性心疾患および心血管疾患のリスクと逆の関連を示すことが明らかになった。果物由来食物繊維の摂取では、心血管疾患のリスクと逆の関連が認められた。
- 食物繊維の摂取量増加は、心血管疾患と冠動脈性心疾患の両方のリスク低下と関連を示した。所見は食物繊維摂取を増やす一般の推奨と一致をみせた。食物繊維のタイプまたは供給源による関連性の強度の差異が食物繊維の成分の作用機序についてさらによく理解する必要性を浮き彫りにしていると結論する。^f

キーワード：系統的レビュー、メタ分析、食物繊維摂取量、心血管疾患、冠動脈性心疾患

2011

Othman RA, Moghadasian MH, Jones PJ. Cholesterol-lowering effects of oat β-glucan. Nutr Rev. 2011 Jun;69(6):299-309. doi: 10.1111/j.1753-4887.2011.00401.x.

- 総コレステロール値及び低比重リポタンパク質 (LDL) コレステロール値の上昇は、心血管疾患の主要なリスクファクタと考えられている。エンバクの胚乳の細胞壁に存在する水溶性食物繊維 (エンバク β-グルカン) がそのコレステロール低下特性から多大な関心を呼び起こしている。
- 1997 年米国食品医薬品局 (FDA) は、エンバク由来 β-グルカン水溶性食物繊維について、血漿コレステロール値及び心疾患リスクの低減に関する健康強調表示を承認した。2004 年、英国健康強調表示共同会議 (JHCI) も同様に、エンバク β-グルカンについてコレステロール低減の健康強調表示を認めた。
- 本レビューは、最近の研究から得られた結果が FDA 及び JHCI によって下された当初の結論と首尾一貫しているか調査することを目的としている。
- 今回行った解析の結果から、過去 13 年間に実施された研究は、1 日用量最低 3 g のエンバク β-グルカンの摂取に正常コレステロール又は高コレステロール被験者における血漿中の総コレステロール値及び低比重リポタンパク質 (LDL) コレステロール値を 5~10%低減する可能性があるとする示唆を裏付けていることが明らかになった。ここで述べた研究は、エンバクの消費が総コレステロール値及び LDL コレステロール値のそれぞれ平均 5%及び 7%の低減と関連のあることを示している。
- 重要な科学的合意は、FDA と JHCI による初期の結論と一致した新規データと共に、エンバク β-グルカンと血中コレステロール値との間の関係を継続的に支持している。

キーワード：FDA、JHCI、エンバク β-グルカン、血中コレステロール値

1993

Mälkki Y, Törrönen R, Pelkonen K, Myllymäki O, Hänninen O, Syrjänen K. Effects of oat-bran concentrate on rat serum lipids and liver fat infiltration. Br J Nutr. 1993 Nov;70(3):767-76.

- 可溶性、不溶性両方の食物繊維について濃縮したエンバクふすまを生体ラットに摂取させ、その血清コレステロール及び肝脂肪浸潤に及ぼす影響について検討を行った。
- 飼料中の食物繊維をセルロースにした対照群を除いた群の飼料 1 kgにつき 15 g、30 g 又は 45 g の β-グルカンを添加した。実験群の半分におけるラットは、高コレステロール血症状態を作り出すために 10 g/kg のコレステロールと 2 g/kg のコール酸が添加された飼料を摂取した。
- セルロース含有飼料を摂取した対照群のラットと比較して正常コレステロール血ラットで、エンバクふすま濃縮物は血清コレステロール濃度にいかなる有意な変化も引き起こさなかったが、肝重量を減少させることが明らかになった。
- 高コレステロール血症ラットでは、エンバクふすま濃縮物は血清総コレステロールを減少させ、高比重リポタンパク質コレステロール濃度を上昇させた。β-グルカンの効果は、その濃度が 15 g/kg のときに既に認められており、試験で用いたそれより高い濃度で効果を有意に向上させることはなかった。
- 肝細胞への脂肪浸潤は (とりわけ門脈周囲域で) 高コレステロール血症ラットにおいてのみ認められた。脂肪浸潤は、給与するエンバクふすま濃縮物の量に比例して協調されることが明らかになった。

キーワード：エンバクふすま、血清コレステロール、肝脂肪浸潤、β-グルカン、高コレステロール血症ラット、高比重リポタンパク質コレステロール

1992

Törrönen R1, Kansanen L, Uusitupa M, Hänninen O, Myllymäki O, Härkönen H, Mälkki Y. Effects of an oat bran concentrate on serum lipids in free-living men with mild to moderate hypercholesterolaemia. Eur J Clin Nutr. 1992 Sep;46(9):621-7.

- 冷水湿式粉碎により非繊維成分を除去しエンバクふすま濃縮物を調製した。結果として、主要成分の水溶性食物繊維である β-D-グルカンが 2~3 倍の濃度になった。
- この濃縮物が入ったパンを焼き、そのパンを軽度から中等度までの高コレステロール血症のある自由生活を送る男性が 8 週間消費した。血清脂質に及ぼす影響の評価を無作為化二重盲検プラセボ対照比較試験で行った。

- β-グルカンの1日用量(11.2 g)が高かったにもかかわらず、β-グルカン強化パンが血清脂質濃度に及ぼす影響はごくわずかで、統計的に有意でないことが明らかになった。
- そのような効果の弱さには、おそらく調製物中のβ-グルカンの乏しい溶解性、摂取後の酵素加水分解、その結果腸内で生じる低い粘度といった理由がありそうである。

キーワード：エンバクふすま濃縮物、β-D-グルカン、高コレステロール血症、血清脂質、溶解性、酵素加水分解、粘度

1991

Saku K, Yoshinaga K, Okura Y, Ying H, Harada R, Arakawa K. Effects of polydextrose on serum lipids, lipoproteins, and apolipoproteins in healthy subjects. Clin Ther. 1991 Mar-Apr;13(2):254-8.

- 本研究で61人の健康被験者が15g/日のポリデキストロースの摂取を2ヵ月間受けた。
- ポリデキストロースの摂取期間中、便軟化及び下痢の発生、並びに糞便量における有意な増加が報告された。これらは、ポリデキストロース摂取終了後1ヵ月で正常に戻った。
- 総コレステロール、トリグリセリド及び低密度リポタンパク質コレステロールの血清レベルにおける変化は、ポリデキストロース摂取期間中に認められなかった。
- アポリポタンパク質(apo) A-I及びA-IIのレベルはポリデキストロース摂取1ヵ月目に、また、高密度リポタンパク質コレステロール(HDL-C)及びapo A-Iのレベルは2ヵ月目に有意な低下を示したが、これらは摂取終了後に正常に戻った。摂取期間中、HDL2-Cのレベルは有意な低下を、HDL3-Cは有意な上昇を示した。
- 得られた結果から、ポリデキストロースは、HDL及びその主要なタンパク質であるapo A-IとA-IIの代謝に選択的に影響を及ぼすことが示唆される。

キーワード：ポリデキストロース、アポリポタンパク質 A-I、A-II、高密度リポタンパク質コレステロール

脳卒中 Stroke

2014

Larsson SC, Wolk A. Dietary fiber intake is inversely associated with stroke incidence in healthy Swedish adults. J Nutr. 2014 Dec;144(12):1952-5. doi: 10.3945/jn.114.200634.

- 脳卒中リスクに関連して行われた食物繊維摂取の前向き試験で報告された結果には矛盾が認められる。本研究では、スウェーデンの健康成人を対象に、総食物繊維および食物繊維源の摂取と脳卒中の発生率の関連性について評価を行った。
- (1998年1月1日の時点で) ベースライン時に癌、心血管疾患および糖尿病を認めない Swedish Mammography Cohort および Cohort of Swedish Men からの参加者 69,677 人(年齢: 45~83 歳)に基づいて解析を行った。
- 食事は、食物摂取頻度調査により評価した。脳卒中症例は、Swedish Inpatient Register および Swedish Cause of Death Register との関連から確認した。潜在的な交絡因子について調整した RR を算定するために Cox 比例ハザード回帰モデルを用いた。
- 10.3 年の追跡期間中に 3,680 例の脳卒中症例が確認された。それらは、2,722 例の脳梗塞、363 例の脳内出血、160 例のくも膜下出血および 435 例の不特定の脳卒中であった。総食物繊維および穀類由来ではなく野菜・果物由来の食物繊維の高摂取が脳卒中リスクと逆の関連を示した。
- 脳卒中の他の危険因子について調整した後、摂取量の最低五分位に対する最高五分位の全脳卒中の多変量 RR は、総食物繊維で 0.90 (95% CI: 0.81~0.99)、果物の食物繊維で 0.85 (95% CI: 0.77~0.95)、野菜の食物繊維で 0.90 (95% CI: 0.82~1.00)、および穀物の食物繊維で 0.94 (95% CI: 0.84~1.04) となった。
- これらの所見は、食物繊維、とりわけ野菜・果物の食物繊維が脳卒中のリスクと逆の関連にあることを示している。

キーワード：スウェーデン、健康成人、脳卒中症例、野菜・果物

免疫応答 Immune response

2007

Fava F, Mäkiyuokko H, Siljander-Rasi H, Putaala H, Tiihonen K, Stowell J, Tuohy K, Gibson G, Rautonen N. Effect of polydextrose on intestinal microbes and immune functions in pigs. Br J Nutr. 2007 Jul;98(1):123-33.

- 食物繊維は、腸内微生物の組成又はその活性を変えることにより、結腸癌のリスクを低下させることが提案されている。本研究では、水溶性食物繊維[ポリデキストロース(PDX) 30 g/日]の補給有無による高エネルギー濃度飼料給餌ブタにおける腸内細菌叢及びその活性における変化、並びに粘膜のシクロオキシゲナーゼ(COX)-2 遺伝子発現のような免疫学的特徴について、腸の異なるコンパートメントで評価を行った。
- PDX は腸全体で徐々に発酵され、遠位結腸には依然としてその存在が認められた。腸内の食餌とは無関係に蛍光 *in situ* ハイブリダイゼーションによって測定した4種類の微生物グループのうち、ラクトバチルス属が優勢で、その後クロストリジウム属とバクテロイデス属が続いた。ピフィドバクテリウム属は、腸内微生物全体のうちの少数派を代表していた。
- 細菌数は、遠位小腸から遠位結腸までで約10倍に増加した。同時に、SCFAと生体アミンの濃度も大腸内で上昇した。対照的に管腔IgA濃度は遠位になるにしたがい低下したが、粘膜のCOX-2発現は遠位結腸に向かって増加する傾向にあった。
- 食餌へのPDX添加は発酵最終産物を特に遠位結腸内で著しく変化させたのに対し、細菌組成への影響は比較的少ないことが明らかになった。PDX補給時、結腸内のSCFA及びトリプタミンの濃度低下とスベルミンの濃度上昇が認められた。さらに、PDXは粘膜のCOX-2発現を減少する傾向にあったため、遠位腸における結腸癌促進性疾患の発生リスクを低下させる可能性がある。

キーワード：ポリデキストロース、腸内細菌叢、管腔IgA、COX-2

2004

Peuranen S, Tiihonen K, Apajalahti J, Kettunen A, Saarinen M, Rautonen N. Combination of polydextrose and lactitol affects microbial ecosystem and immune responses in rat gastrointestinal tract. Br J Nutr. 2004 Jun;91(6):905-14.

- 種々の食物繊維が腸の健康に及ぼす影響が広範に検討されてきたが、それらの併用効果については殆ど立証されていない。

- 本試験では、ラットを対象に、2% (w/w) のポリデキストロース (PDX)、2% (w/w) の二糖類ラクチオール、又は 2% (w/w) の PDX + 2% (w/w) のラクチオールが腸内微生物叢、微生物代謝、及び腸の免疫応答に及ぼす影響について調査を行った。
- PDX 単独とラクチオール単独の両方とも調査したパラメータの多くに影響を及ぼしたが、それらを併用した場合、幾つかのパラメータでより強力な影響が認められた。
- PDX + ラクチオールの併用は微生物群集構造に変化をもたらすが、培養非依存法により明らかになった。生体アミンと分岐揮発性脂肪酸の産生の有意な減少により [それぞれ、12% ($p=0.03$)、50% ($p=0.002$)]、これらの変化は微生物代謝にも反映されていることが明らかとなり、腐敗から糖分解に代謝がシフトしていることが示唆された。
- PDX は盲腸内の IgA 分泌を増加させた ($p=0.007$)。IgA 分泌は PDX + ラクチオールの併用により更に増加し、対照群と比較して約 10 倍の上昇を示した ($p<0.0001$)。ラクチオールは盲腸内微生物による酪酸塩の産生を増加させ、PDX 群又は対照群と比較して 2 倍から 3 倍の上昇を示した ($p<0.0001$)。
- 酪酸塩は粘膜細胞の好ましいエネルギー源であるため、免疫細胞のためのエネルギー利用上昇は、PDX とラクチオールが免疫細胞に及ぼす相乗作用にさらに追加される可能性がある。
- IgA 分泌改善が粘膜の炎症徴候なしに見出されたことは注目すべきである。

キーワード：ポリデキストロース、二糖類ラクチオール、併用効果、腸内微生物叢、微生物代謝、免疫応答

乳癌 Breast cancer

2014

Ostadrahimi A, Ziaei JE, Esfahani A, Jafarabadi MA, Movassaghpourakbari A, Farrin N. Effect of beta glucan on white blood cell counts and serum levels of IL-4 and IL-12 in women with breast cancer undergoing chemotherapy: a randomized double-blind placebo-controlled clinical trial. Asian Pac J Cancer Prev. 2014;15(14):5733-9.

- 乳癌は、世界で最も多い女性の悪性腫瘍である。β-グルカン、癌患者において造血および免疫調節をもたらす物質となり得る。本研究の目的は、β-グルカンが化学療法を受けている乳癌の女性における白血球数および血清中の IL-4 と IL-12 のレベルに及ぼす影響を判定することにある。
- 28 歳から 65 歳までの乳癌の女性 30 人を対象にランダム化二重盲検プラセボ対照臨床試験を実施した。年齢、化学療法の経過、および閉経状態に基づいたマッチングによるブロックランダム化の手順を用いて、適格な参加者を介入群 ($n=15$) または対照群 ($n=15$) に無作為に割り付けた。
- 2 回の化学療法の間欠期の 21 日間に、介入群の参加者は可溶性 (1,3) (1,6)-β-D-グルカン 10 mg/カプセルを毎日 2 カプセル、対照群の参加者はプラセボの摂取を受けた。白血球、好中球、リンパ球および単球の数、ならびに IL-4 と IL-12 の血清レベルをベースライン時と試験終了時に試験の主要転帰として測定した。
- 両群で白血球数が介入 21 日後に減少したが、β-グルカン群の減少程度はプラセボ群より小さかった (非有意)。試験終了時、プラセボ群と比較したβ-グルカン群における血清 IL-4 レベルの変化に統計上の有意差が認められた ($p=0.001$)。β-グルカン群の血清 IL-12 レベルは統計上有意に上昇し ($p=0.03$)、ベースライン値および共変量について調整した後、試験終了時の 2 群間の比較から有意差が認められた ($p=0.007$)。
- 得られた所見から、β-グルカンは癌治療との併用で乳癌患者の補完もしくは補助療法または免疫調節剤として有用となる可能性が示唆されるが、今後の研究で確認を要する。^f

キーワード：β-グルカン、白血球、IL-4、IL-12、化学療法、免疫調節

大腸癌 Colorectal cancer

2012

Murphy N, Norat T, Ferrari P, Jenab M, Bueno-de-Mesquita B, Skeie G, Dahm CC, Overvad K, Olsen A, Tjønneland A, Clavel-Chapelon F, Boutron-Ruault MC, Racine A, Kaaks R, Teucher B, Boeing H, Bergmann MM, Trichopoulou A, Trichopoulos D, Lagiou P, Palli D, Pala V, Panico S, Tumino R, Vineis P, Siersema P, van Duynhoven F, Peeters PH, Hjartaker A, Engeset D, González CA, Sánchez MJ, Dorransoro M, Navarro C, Ardanaz E, Quirós JR, Sonestedt E, Ericson U, Nilsson L, Palmqvist R, Khaw KT, Wareham N, Key TJ, Crowe FL, Fedirko V, Wark PA, Chuang SC, Riboli E. Dietary fibre intake and risks of cancers of the colon and rectum in the European prospective investigation into cancer and nutrition (EPIC). PLoS One. 2012;7(6):e39361. doi: 10.1371/journal.pone.0039361.

- 食物繊維摂取量は結腸直腸癌リスクと逆の関連にあることが EPIC の研究における以前の解析から明らかにされたが、何件かの大規模コホート研究から得られた結果はこの所見を裏付けていない。この関連が長期フォローアップ後も 3 倍近い結腸直腸癌症例の増加を伴った状態であるか、また、この関連は性別及び腫瘍発生部位によりばらつきがあるかについて検討を行った。
- 平均 11.0 年間のフォローアップ後、4,517 例の結腸直腸癌発生例が確認された。総食物繊維摂取量、及び穀類、果物並びに野菜に由来する食物繊維摂取量をベースライン時に行った食物摂取頻度調査から推定した。
- ハザード比 (HR) 及び 95%信頼区間 (CI) について、年齢、性別及び施設で層別化した Cox 比例ハザードモデルを用いて推定し、総エネルギー摂取量、体格指数、身体活動、喫煙歴、最終学歴、閉経状態、ホルモン補充療法の使用有無、経口避妊薬の使用有無、及びアルコール、葉酸、赤身・加工肉並びにカルシウムの摂取量で調整した。
- 多変量調整後、総食物繊維は結腸直腸癌と逆の関連にあることが明らかになった (食物繊維 10 g/日増加当たりの HR: 0.87 ; 95% CI: 0.79~0.96)。類似した線形の関連は、結腸癌と直腸癌で認められた。
- 総食物繊維と結腸直腸癌リスクとの関連は、年齢、性別、身体測定、ライフスタイル又は食事の変数により異なることはなかった。穀類由来食物繊維と野菜・果物由来食物繊維は結腸癌に対して同様の関連を示したが、直腸癌に対しては、穀類由来食物繊維についてのみ逆の関連が明らかになった。
- 今回得られた結果から、食物繊維摂取量の高値が結腸直腸癌予防に果たす役割に関する証拠が更に裏付けられた。^f

キーワード：EPIC、結腸直腸癌、総食物繊維摂取量、穀類由来食物繊維、野菜・果物由来食物繊維

Costabile A, Fava F, Røytiö H, Forssten SD, Olli K, Klievink J, Rowland IR, Ouwehand AC, Rastall RA, Gibson GR, Walton GE. Impact of polydextrose on the faecal microbiota: a double-blind, crossover, placebo-controlled feeding study in healthy human subjects. Br J Nutr. 2012 Aug;108(3):471-81. doi: 10.1017/S0007114511005782.

- 今回のヒトを対象としたプラセボ対照二重盲検クロスオーバー比較試験で、ポリデキストロース（PDX；8 g/日）が結腸の微生物組成、免疫パラメータ、排便習慣及び生活の質に及ぼす影響について調査を行った。PDX は、砂糖代替成分として用いられる錯体グルコースオリゴマーである。本研究の主たる目的は、結腸内の PDX 発酵による影響を受けた微生物群を特定することにある。
- PDX は、既知の酪酸産生菌である Ruminococcus intestinalis 及び Clostridium クラスタ I、II 並びに IV の細菌を有意に増加することが明らかになった。調査した他の微生物群では、糞便中の Lactobacillus、Enterococcus 群の減少が実証された。
- DGGE 法による解析の結果から、PDX 群とプラセボ群の細菌プロファイルは群間で有意差が認められた。PDX は結腸内でゆっくり分解され、そこでの発酵により、糞便中の遺伝毒性が有意に低下することが明らかになった。
- PDX の消費期間中に腹部不快感の軽減が記録され、便の軟化と有形化の傾向が認められことから、PDX は被験者の排便習慣にも影響を及ぼすことが明らかになった。さらに、PDX 消費時に間食の減少も認められた。
- 本研究により、PDX が結腸微生物叢に及ぼす影響が実証され、大腸癌発生に関連したリスクファクタを低減する可能性のあることが明らかになった。

キーワード：ポリデキストロース、結腸微生物叢、発酵、遺伝毒性、排便習慣、間食、大腸癌

2007

Wakai K, Date C, Fukui M, Tamakoshi K, Watanabe Y, Hayakawa N, Kojima M, Kawado M, Suzuki K, Hashimoto S, Tokudome S, Ozasa K, Suzuki S, Toyoshima H, Ito Y, Tamakoshi A; JACC Study Group. Dietary fiber and risk of colorectal cancer in the Japan collaborative cohort study. Cancer Epidemiol Biomarkers Prev. 2007 Apr;16(4):668-75.

- 癌の発生率が高く、食物繊維摂取量の低い母集団における食物繊維と大腸癌リスクの関連性を検討するために、Japan Collaborative Cohort Study で得られたデータの解析を行った。
- 1988 年から 1990 年までの間に、40 歳から 79 歳までの男女 43,115 人が食事及び他のリスクファクタに関する質問票に回答した。食物繊維の摂取量は、食物摂取頻度調査から推定した。相対危険度（RR）は、比例ハザードモデルに合わせて算出した。平均 7.6 年のフォローアップ期間中、443 例の大腸癌症例が確認された。
- 全ての参加者において、総食物繊維摂取量の増加に伴う大腸癌のリスク低下傾向が認められた。各四分位における多変量調整 RR は、それぞれ 1.00、0.96（95%信頼区間：0.72～1.27）、0.72（同：0.53～0.99）、0.73（同：0.51～1.03）であった（ $p=0.028$ ）。この傾向は専ら結腸癌について認められ、対応する RR は、それぞれ 1.00、0.90（95%信頼区間：0.64～1.26）、0.56（同：0.38～0.83）、0.58（同：0.38～0.88）であった（ $p=0.002$ ）。
- 食物繊維摂取量増加に伴う RR 低下の程度は、女性より男性で大きくなることが明らかになった。水溶性食物繊維と不溶性食物繊維の違いでリスクとの関連の強さに大差はないようである。食物繊維の食物起源では、豆由来の食物繊維の摂取が大腸癌リスクと逆の相関をある程度示すことが明らかになった。大腸癌のなかでもとりわけ結腸癌に対する食物繊維の潜在的な防御作用が今回の前向き調査で裏付けられた。
- 大腸癌予防に果たす食物繊維の役割は依然として一貫性に欠けており、種々の集団を対象としたさらなる調査が必要とされる。^f

キーワード：Japan Collaborative Cohort Study、結腸癌、男性、豆由来

1992

Cummings JH, Bingham SA, Heaton KW, Eastwood MA. Fecal weight, colon cancer risk, and dietary intake of nonstarch polysaccharides (dietary fiber). Gastroenterology. 1992 Dec;103(6):1783-9.

- 糞便重量の減少及び大腸通過時間の延長は大腸癌リスクと関連があると考えられているが、異なる地域社会で排便習慣を明確にしたデータはほとんど発表されていない。それ故、このリスクを正確に明示するために、12カ国の 20 の人口集団から糞便重量に関するデータを収集し、糞便重量と非デンプン性多糖類〔食物繊維〕（NSP）の摂食量との関係について定量化を行った。
- 糞便採取を慎重に行った英国の健康成人 220 人において、糞便重量の中央値は 106 g/日（男性：104 g/日；女性：99 g/日； $p=0.02$ ）、全腸通過時間は 60 時間（男性：55 時間；女性：72 時間； $p=0.05$ ）であった。そのうち、排便量が 50 g/日未満であったのは女性で 17%であったが、男性ではわずか 1%であった。
- 世界の他の集団から得られたデータでは、平均糞便重量は 72～470 g/日までの変動を示し、大腸癌のリスクと逆の関係が認められた（ $r=-0.78$ ）。
- 既知の NSP を含む栄養制限食に従った 26 群のヒト（ $n=206$ ）を対象に 1 日の糞便重量を測定した 11 件の試験について行ったメタ解析から、食物繊維摂取量と 1 日の平均糞便重量との間に有意な相関関係のあることが明らかになった（ $r=-0.84$ ）。
- 西洋化された多くの集団における糞便重量は低く（80～120 g/日）、このことが大腸癌のリスク上昇と関連している。糞便排泄量は食事性 NSP により増加した。高 NSP 摂取（約 18 g/日）を特徴とした食事は糞便重量 150 g/日と関連することから、大腸癌リスクを低下させるはずである。

キーワード：糞便重量、非デンプン性多糖類、全腸通過時間、メタ解析、大腸癌リスク

乳幼児の健康 Infant health

2013

Pärty A, Luoto R, Kalliomäki M, Salminen S, Isolauri E. Effects of early prebiotic and probiotic supplementation on development of gut microbiota and fussing and crying in preterm infants: a randomized, double-blind, placebo-controlled trial. Pediatr. 2013 Nov;163(5):1272-7.e1-2. doi: 10.1016/j.jpeds.2013.05.035.

- 本研究の目的は、プレバイオティクスおよびプロバイオティクスによる人生早期の介入が早期産児の幸福、泣き、成長および微生物学的プログラミングに及ぼす影響を評価することにある。
- 94 人の早期産児（在胎期間：32～36 週間；出生児体重：>1,500 g）を無作為化し、プレバイオティクス（ガラクトオリゴ糖とポリデキストロースの割合が 1:1 の混合物）、プロバイオティクス（*Lactobacillus rhamnosus* GG）またはプラセボを生後 2 か月間補給し、追跡を 1 年間行った。
- 乳児を生後 2 か月間泣きと被刺激性の程度に応じて分類し、乳児の腸内微生物叢を蛍光 *in situ* ハイブリダイゼーション（ $n=66$ ）および定量的 PCR（ $n=63$ ）により調査した。
- 94 人の乳児のうち合計 27 人（29%）を過剰な泣き虫に分類し、プレバイオティクス群とプロバイオティクス群でプラセボ群より有意に頻度の低いことが明らかになった（それぞれ、19%、19%、47%； $p=0.02$ ）。プラセボ群では、プロバイオティクス群と比較して、糞便における *Clostridium histolyticum* の細菌の割合が高いことが明らかになった（それぞれ、13.9%、8.9%； $p=0.05$ ）。いずれの補給にも関連する有害事象は認められなかった。
- 人生早期におけるプレバイオティクスおよびプロバイオティクスの補給は、早期産児の泣きと興奮（fussing）に関連した症状を軽減できるかもしれない。本

研究より得られた所見には、このような人生早期に共通してみられる障害に新たな治療的・予防的対策をもたらす可能性がある」と結論する。^f

キーワード：プレバイオティクス、プロバイオティクス、早期産児、泣き、興奮、*Clostridium histolyticum*

食品加工 Food processing

2014

Wang Q, Ellis PR. Oat β -glucan: physico-chemical characteristics in relation to its blood-glucose and cholesterol-lowering properties. Br J Nutr. 2014 Oct;112 Suppl 2:S4-S13. doi: 10.1017/S0007114514002256.

- 可溶性食物繊維の一種である水溶性の混合結合型 β -グルカン、ヒト被験者において食後の血糖および空腹時血漿コレステロールを低下させる多くのエンバク製品の能力に関連している主な生物活性成分と考えられている。本総説では、これらの有益な代謝的効果の重要な予測因子と考えられる β -グルカンの物理・化学特性について考察する。
- *in vitro* モデリング、動物試験およびヒト試験から、エンバク β -グルカンが消化管 (GIT) の胃腸内容物の粘度を上昇させる能力は、その血糖・コレステロール低下特性の一次決定因子であることを示す有力な証拠が得られている。それ故、エンバク β -グルカンの化学構造、分子量 (MW)、溶解の速度および程度、ならびに溶液のレオロジーは、エンバク含有食品の生理機能を決定する変動要因である。
- エンバク β -グルカンの構造と特性はエンバクの種および変種の間でばらつきがあり、また、全粒エンバクの生育・貯蔵条件および加工により影響を受ける。加えて、抽出および分析の方法もまた、異なる実験室で得られる β -グルカンの構造、MW、水和作用、および溶液のレオロジーにおけるばらつきの一因となる。
- 最近の研究から、食品中の β -グルカンの溶解性は原料の供給源および加工条件に依存し、また、食品の調製および貯蔵 (例、冷凍保存) の間に変化を受けやすくなる場合のあることが実証されている。
- 結論として、エンバク含有食品の血糖・コレステロール低下特性を評価する場合、GIT 内で可溶化される β -グルカンの量と MW を考慮する必要がある。

キーワード：エンバク β -グルカン、可溶性食物繊維、溶解性、分子量、粘度、血漿コレステロール、血糖

Debusca A, Tahergorabi R, Beamer SK, Matak KE, Jaczynski J. Physicochemical properties of surimi gels fortified with dietary fiber. Food Chem. 2014 Apr 1;148:70-6. doi: 10.1016/j.foodchem.2013.10.010.

- 食物繊維から健康利益が得られるが、西洋のほとんどの集団における摂取量は不十分である。すり身の海産食品には現在のところ食物繊維が強化されておらず、また、食物繊維強化がすり身の物理化学的特性に及ぼす影響についても十分に検討が行われていない。
- 本研究では、スケトウダラのすり身に食物繊維源として 0~8 g/100 g の長鎖状の粉末化セルロースを強化した。すり身の水分に対するタンパク質の比 (タンパク質/水分) は、食物繊維強化に反比例した濃度で二酸化ケイ素を不活性充填剤として添加して一定を保った。食物繊維強化すり身ゲルを 90°C で調製した。
- 本研究の目的は、一定のタンパク質/水分比で種々の食物繊維含量で強化したすり身の (1) テクスチャーと色の特性、(2) 加熱ゲル化 (動的レオロジー)、および(3) タンパク質の吸熱遷移 (種々の走査熱量測定) を評価することにある。
- 6 g/100 g までの食物繊維強化は、食物繊維が 8 g/100 g の時にいくらかの低下が生じたものの、テクスチャーと色調を改善した ($p < 0.05$)。動的レオロジーはテクスチャーとの相関、およびゲル弾性の大幅な上昇を示し、すり身の熱ゲル化の増大が示唆された。
- 種々の走査熱量測定により、食物繊維強化はすり身のミオシンおよびアクチンの熱遷移を妨害しないことが明らかになった。長鎖状の食物繊維はおそらく物理的に水を捕え、すり身ゲルマトリックスにおけるタンパク質との化学的結合により安定化される。
- 本研究から得られた結果に基づいて、食物繊維とタンパク質の相互作用は水分が媒介し、本質的に物理化学的作用であることが示唆される。

キーワード：すり身、スケトウダラ、食物繊維強化、テクスチャー、色調、加熱ゲル化、吸熱遷移

2013

Debusca A, Tahergorabi R, Beamer SK, Partington S, Jaczynski J. Interactions of dietary fibre and omega-3-rich oil with protein in surimi gels developed with salt substitute. Food Chem. 2013 Nov 1;141(1):201-8. doi: 10.1016/j.foodchem.2013.02.111.

- 西洋のほとんどの集団が食物繊維と ω -3 系多価不飽和脂肪酸 (PUFAs) の摂取不足である一方、ナトリウムの摂取量はその推奨最大値をはるかに上回っている。すり身の海産食品には、現在のところこのようなニュートラシューティカル成分は強化されていない。
- スケトウダラのすり身の海産食品を塩代替品で作り、さらに 6 g/100 g の食物繊維または 10 g/100 g の ω -3 系オイル (亜麻：藻類：メンハーデン=8 : 1 : 1) のいずれか、あるいは食物繊維プラス ω -3 系オイル (それぞれ、6 g/100 g、10 g/100 g) を強化した。本研究の目的は、食事性の栄養強化がすり身の物理化学的特性に及ぼす影響を評価することにある。
- 食物繊維あるいは ω -3 系オイルを単独または併用で強化することにより、流動学的特性および組織構造上の特性が向上した ($p < 0.05$)。併用による栄養強化は流動学的特性に相乗効果を及ぼした。これは食物繊維プラス ω -3 系オイルの存在下ですり身のゲル化が増大していることを示し、それらの栄養素がすり身の筋原繊維タンパク質と相互作用を起こしていることが示唆される。食物繊維はタンパク質の脱水を引き起こしてタンパク質濃度を上昇させる一方、オイルはタンパク質によって固定化されてゲルマトリックスの間隙空間を充填する。
- 異なる走査熱量測定から、食物繊維と ω -3 系オイルはすり身のタンパク質の正常な変性を妨害しないことが明らかになった。色の特性は、わずかに影響を受ける程度であった ($p < 0.05$)。
- すり身に対する食物繊維と ω -3 系オイルの強化は高品位の製品をもたらす、栄養上のベネフィットを付加したすり身製品の開発に役立つ可能性がある」と結論付ける。

キーワード：すり身、塩代替品、 ω -3 系オイル、物理化学的特性、ゲル化

Nopianti R, Huda N, Ismail N, Ariffin F, Easa AM. Effect of polydextrose on physicochemical properties of threadfin bream (*Nemipterus spp*) surimi during frozen storage. J Food Sci Technol. 2013 Aug;50(4):739-46. doi: 10.1007/s13197-011-0394-0.

- 異なる濃度のポリデキストロース (3%、6%、9%、12%) を添加したイトヨリダイのすり身、生のすり身、トリポリリン酸ナトリウムを添加した生のすり身、および市販のすり身製品 (シヨ糖) を 6 か月間冷凍保存したときの物理化学的特性について調査を行った。
- 分析には、カルシウム活性化 ATP アーゼ (Ca^{2+} -ATPase) 測定、スルフィドリル含量、タンパク質の溶解度、ドデシル硫酸ナトリウム・ポリアクリルアミドゲル電気泳動、示差走査熱量測定、および走査型電子顕微鏡観察を含めた。
- 3%、6%、9%および 12%のポリデキストロースを添加したときの Ca^{2+} -ATPase、スルフィドリル含量、タンパク質の溶解度は、保存期間 6 か月までそれぞれ

47.33%、41.60%、51.41%保持された。

- 示差走査熱量測定から、転移温度に関してミオシンの熱安定化が減少することが明らかになった。走査型電子顕微鏡による検査から、形成される気孔の数が保存後に増加することが実証された。
- 本研究から、凍結保護物質としてポリデキストロースを添加したすり身は、無添加の生のすり身またはトリポリリン酸ナトリウムを添加した生のすり身と比較して、すり身の物理化学的特性を良好に維持できることが示唆された。^f

キーワード：凍結保護物質、ミオシン、物理化学的特性、ポリデキストロース、すり身

ここに記載した情報につきましては、できるだけ正確であるよう務めておりますが、内容について一切の責任を負うものではありません。確認及び解釈のために、原文を参照されることをおすすめいたします。

株式会社 **光洋商会**

www.koyojapan.jp/

東京本社 〒104-0061 東京都中央区銀座1-19-7 銀座一丁目イーストビル3F
Tel: 03-3563-7531 Fax: 03-3563-7538

大阪支店 〒530-0002 大阪府大阪市北区曽根崎新地2-6-23 MF桜橋ビル10F
Tel: 06-6341-3119 Fax: 06-6348-1732