

スローカロリーな糖質

# 「パラチノース」ガイドブック

Ver. 5.0



スローカロリーとは、カロリー（栄養）を「量」のみで見るとはならず、栄養の「質」に着目しようとする考えです。たとえカロリー値は同じでも、消化吸収速度が遅くインスリン分泌の無駄を省く糖質は、長期間摂取した場合、健康に及ぼすインパクトが明らかに異なり、生体機能により良い効果をもたらすエネルギーとなってくれることが期待されます。

スローカロリー実現のカギを握る素材の一つがパラチノースです。『スローカロリーな糖質「パラチノース」ガイドブック』は、“スローカロリー”を科学的に裏付けるためのパラチノースの研究の最新状況をまとめたものです。

本ガイドブックは、2015年11月糖尿病ネットワーク(株)創新社により、「スローカロリー情報ファイル」に掲載されました。2022年6月「スローカロリー情報ファイル」の閉鎖に伴い、糖尿病ネットワークの許可を得て、一般社団法人スローカロリー研究会に移設しました。

一般社団法人 スローカロリー研究会

# 目次

はじめに.....	3
1. パラチノースとは？.....	4
2. 安全性.....	5
3. 消化と吸収.....	6
4. カロリー.....	7
5. 非う蝕性・抗う蝕性.....	8
6. 味質および調理特性.....	9
6-1. パラチノースの甘味曲線.....	9
6-2. パラチノースを砂糖代替甘味料として料理に使用した惣菜の味質・外観評価.....	10
7. 摂取後の血糖値変化.....	11
7-1. 血糖値の緩上昇性・インスリン分泌抑制.....	11
7-2. 他の糖質による血糖値上昇を抑制する効果.....	13
① スクロースおよびグルコースに対する血糖上昇抑制効果.....	13
② 調理時に甘味料として使用した際の血糖上昇抑制効果.....	15
7-3. 血糖値上昇抑制メカニズム.....	16
① グルコース吸収阻害効果.....	16
② 糖質の分解抑制（ $\alpha$ -グルコシダーゼ阻害）効果.....	17
7-4. セカンドミール効果.....	18
8. 生活習慣病およびそのリスク要因に対する効果.....	19
8-1. 肥満の予防・改善.....	19
① 肥満の改善.....	19
② 脂肪蓄積の抑制効果.....	20
③ 脂肪燃焼の亢進効果.....	22
④ 脂質異常症に対する効果.....	23
⑤ 内臓脂肪蓄積抑制メカニズムの考察.....	24
8-2. 血管機能の保護・改善.....	25
① 血管機能の保護・改善.....	25
② 血圧改善・動脈硬化の予防.....	26
8-3. インスリン抵抗性の改善.....	27
8-4. 糖尿病指標 HbA1c 値の改善.....	29
8-5. 肝機能の改善、炎症の抑制.....	29
8-6. 酸化ストレス（老化）の抑制.....	30
8-7. 腎機能の保護.....	30
9. 運動パフォーマンスに及ぼす効果.....	30
9-1. 持久力の向上.....	30
9-2. その他運動パフォーマンスの向上.....	31

9-3. インスリンの分泌抑制、低血糖予防 .....	32
9-4. 脂肪燃焼の亢進 .....	33
9-5. グリコーゲン量の増加、回復 .....	34
9-6. 運動時の消化・吸収への影響 .....	35
10. 空腹感を抑制する効果 .....	36
10-1. GLP-1 分泌促進 .....	36
10-2. 空腹感の抑制 .....	39
10-3. 食欲を制御するホルモンに及ぼす影響 .....	41
11. 脳機能維持・向上効果 .....	42
11-1. 注意力、計算および記憶能力維持効果 .....	42
11-2. 眠気の抑制効果 .....	43
11-3. $\alpha$ 波放出効果 .....	44
11-4. 脳機能についての考察 .....	45
12. 実用例 .....	46
12-1. 短期実用例 .....	46
12-2. 中長期実用例 .....	47
13. まとめ .....	48
引用・参考文献 .....	49

## はじめに

糖質は生命の維持や肉体的・知的活動を支える基礎的な栄養素でありながら、私たち日本人の糖質摂取量は70年代をピークに減少傾向を辿っています。一方、エネルギー総摂取量に占める動物性脂質の比率は高まっています。このような傾向は、日本人のライフスタイルの変化と食生活の欧米化に伴う変化の産物です。日本人が長寿世界一に躍り出た70年代から30年経た今日まで、私たちの食や栄養に対する知識、食環境は大幅に向上したと言えるのでしょうか？否むしろこのような食事内容の変化は2型糖尿病、高血圧、脂質異常症とこれらに伴う動脈硬化の促進など多くの生活習慣病の助長要因となってきました。最近では内臓脂肪の蓄積と、これらの症状が複数同時発生するメタボリックシンドロームが注目されるようになってきていますが、これは正にこのような変化に対する警鐘だと考えられます。わが国の急速な高齢化と医療財政の逼迫は大きな社会問題と化しており、生活習慣病やメタボリックシンドロームの予防は個人個人自らが担うべき責務となってきています。以上を鑑みると、生涯食育や食環境の改善は正に急務と言えましょう。

現在、市場での糖質のイメージは必ずしも良いものではないようにおもわれます。「糖質ゼロ」の食品がひとつのブームを形成し、以前から何となくあった糖質に対するネガティブイメージを助長し、今や糖質は歓迎されざる栄養素として扱われることもしばしばです。しかしながら、糖質は生命を支える基礎的な栄養素であると同時に、甘味やテクスチャーなどおいしさに寄与する特性により生活に潤いを与え、こころの満足を食品に付与する重要な役割があります。「糖質ゼロ」が喜ばれるなか、糖質の特性をふんだんに活用した食品がこのまま日本人の食生活の片隅に追いやられていってしまうのでしょうか。

このような背景のもと、「スローカロリー」という新たな概念が誕生しています。スローカロリーとは、従来のように糖質が健康に与えるインパクトをカロリー（栄養）「量」のみで見るのではなく、栄養の「質」に着目しようとする考えであります。たとえカロリー値は同じでも、消化吸收速度が遅くインスリン分泌の無駄を省く糖質は、長期間摂取した場合健康に及ぼすインパクトが明らかに異なり、生体機能により良い効果をもたらすエネルギーとなってくれることが期待されます。

スローカロリー実現のカギを握る素材の一つがパラチノースです。パラチノースは甘味を有する二糖類で、それ自体の吸収が遅いことに加え、他の糖質の消化吸收を遅延させる働きがあり、パラチノースを食品に配合することで、食品自体をスローカロリー化できることが明らかになってきています。グリセミック・インデックスの考え方にも似ていますが、長期摂取による生活習慣病予防効果を臨床レベルで実証していこうとする点、効果の源泉をパラチノースに求めることからメカニズムが特定できる点でグリセミックインデックスとは一線を画したものと言えるでしょう。「ローカロリー」「ゼロカロリー」ばかりが目立つ我が国に「スローカロリー」という新たな概念を根付かせ、皆様の食生活のQOLを少しでも向上できるようになれば幸いです。

監修 スローカロリー研究会 顧問  
家森 幸男  
池田 義雄

## 1. パラチノースとは？

パラチノース (palatinose, isomaltulose, 6-O- $\alpha$ -D-glucopyranosyl-D-fructose) ※は、蜂蜜に微量に含まれる天然の糖質<sup>1)2)3)</sup>です。パラチノースはグルコース（ブドウ糖）とフルクトース（果糖）からなる二糖類であり、スクロース（ショ糖）に対して、*Protaminobacter rubrum* CBS 574.77 という微生物が生成する  $\alpha$ -glucosyltransferase (sucrose isomerase) という酵素を作用させ、グルコースとフルクトースの結合位置を変える（ $\alpha$ -1,2 結合 $\rightarrow$  $\alpha$ -1,6 結合）ことで作られます<sup>4)</sup>（図1）。

パラチノースとスクロースは互いに構造異性体の関係にあります。パラチノースは還元糖、スクロースは非還元糖に分類されます。パラチノースの甘さはスクロースの半分程度ですが、外観や味質はスクロースと似ています。

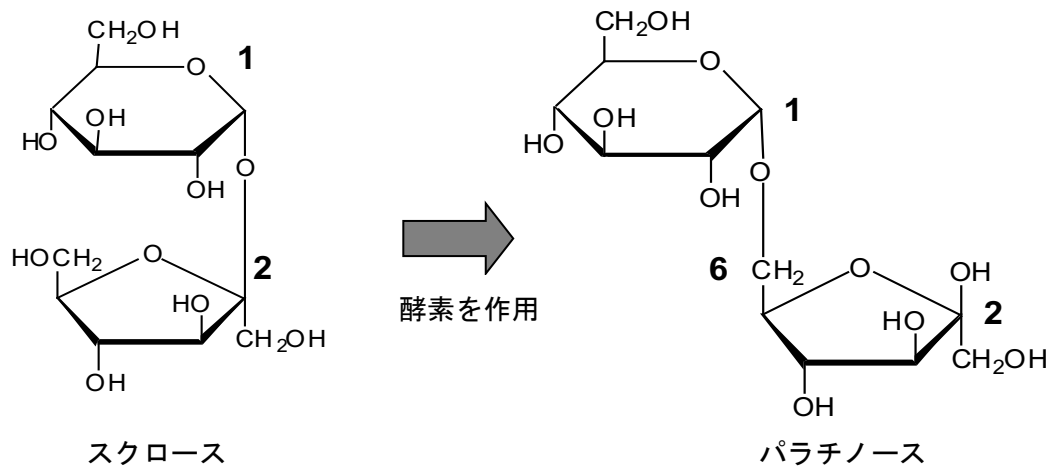


図1 スクロースおよびパラチノースの化学構造式

パラチノースを生産する菌である *Protaminobacter rubrum* CBS 574.77 が最初に発見されたのは1950年代、ドイツの Offstein (Pfalz 州、ラテン名 Palatin) であり、地名の「Palatin」と、糖質を表す「-ose」の組合せから「Palatinose」と命名されました。パラチノースは非う蝕性（虫歯の原因にならない）甘味料として世界各地で用いられており、日本国内では1984年にバイオリアクター技術を用いた工業生産が開始されました。

※パラチノース®は三井製糖株式会社の登録商標です。物質名として「イソマルチュロース」「イソマルツロース」等が用いられることがあります。なお、本書では「パラチノース」に統一して表記を行います。

## 2. 安全性

パラチノースは各種毒性試験により安全性が確認されており、欧州での流通についてその安全性が認められ、ノベルフーズの認定を受けています。欧州、米国、アジアの殆どの国々で食品原料として使用されており、日本国内でも食品として20年以上にわたり使用されているほか、厚生労働省により、特定保健用食品（虫歯の原因になりにくい食品）の関与する成分として認められています。また、一般の炭水化物と同様に1日当たりの摂取量に制限はありません。

具体的には、以下のような試験が行われています。

### ・ 急性毒性試験

急性毒性試験は、Sprague-Dawley系ラットを用いて行われています。体重1kg当たり検体32gという高い投与量で投与しましたが、14日間の観察期間中に死亡例は認められず、体重増加も正常であり、病理解剖でも異常は認められませんでした。

（財団法人食品薬品安全センター秦野研究所）

### ・ 亜慢性毒性試験

亜慢性毒性試験は、Sprague-Dawley系ラットを用いて行われています。ラットを3群に分け、それぞれ1回に1,500、3,000、および4,500 mg/kgを1日1回26週間、経口投与を続けましたが、観察期間中、死亡例、特記すべき中毒症状は認められず、尿検査、眼科学的検査、血液学的検査、血液生化学、いずれも異常は認められませんでした。

（財団法人食品薬品安全センター秦野研究所）

### ・ 細菌による変異原性試験

細菌による変異原性試験は「Amesテスト」によって行われています。どの検体についても変異原性が無いと判断されました。

（財団法人食品薬品安全センター秦野研究所）

### ・ ヒトによる経口投与試験

11名のボランティアにより、7日間毎日50g（25g/回 × 2回/日 × 7日間）のパラチノースを摂取する試験が行われましたが、下痢、その他身体的異常は認められませんでした。また、肝機能など一般的臓器機能検査でも異常は認められませんでした。

（北里大学薬学部臨床薬理学教室 片桐鎮夫報告書）

18名のボランティアにより、一度に79gのパラチノースを摂取する試験が行われましたが、下痢、その他身体的異常は認められませんでした。

（三井製糖株式会社）

他にも、安全性に関する論文<sup>5)</sup>が報告されています。

### 3. 消化と吸収

パラチノースは小腸に存在するイソマルターゼという酵素によりグルコースとフルクトースに分解され、小腸内で完全に消化吸収されます。

パラチノースが体内のどこで、どのように消化・吸収されるかを調査するため、唾液（ヒト唾液α-アミラーゼ）、膵液（ブタ膵液アミラーゼ）、胃液（pH2 および pH3 の人工胃液）、および小腸（ラット小腸アセトン粉末）を用いた *in vitro*\*での消化試験が行われています。その結果、パラチノースは唾液、胃酸、および膵液の消化作用を受けず、小腸に局在するイソマルターゼにより、ほとんど全てがグルコースとフルクトースに分解されることがわかりました<sup>6)</sup>。

パラチノースが大腸まで到達しないことが次の動物実験により確認されています。1 群 30 匹の C3H/He 雄マウスを 3 群に分け、パラチノースを 27%含む飼料（飼料中の炭水化物の約 50%に相当）、パラチノースを 55.5%含む飼料（飼料中の炭水化物の全量に相当）、パラチノースを含まない飼料のいずれか（表 1、それぞれ「パラチノース 27%群」、「パラチノース 55.5%群」、「対照群」）を 15 日間にわたり自由摂取させ、腸内容物の測定を行ったところ、小腸で微量（内容物当たり 0.06%）のパラチノースが検出されただけであり、盲腸および結腸内容物中においては、パラチノースおよびその他の糖は全く検出されませんでした（表 2）。

表 1 飼料の配合

	対照群	パラチノース27%群	パラチノース55.5%群	
スターチ	45.5%	28.5%	0.0%	炭水化物
スクロース	10.0	0.0	0.0	
パラチノース	0.0	27.0	55.5	
ベタイン	24.5	同左	同左	タンパク質
コーンオイル	6.0	同左	同左	
アディセル	3.0	同左	同左	脂質
KC フロック	2.0	同左	同左	
オカノール	1.0	同左	同左	
ビタミンMix	1.0	同左	同左	
ミネラルMix	7.0	同左	同左	
合計	100.0%	100.0%	100.0%	繊維性物質

表 2 小腸内容物重量当たりの糖含量 (%)

	フルクトース	グルコース	スクロース	パラチノース	マルトース	合計
対照群	0.00	0.60	0.04	0.00	0.09	0.73
パラチノース27%群	0.08	0.39	0.00	0.06	0.08	0.61
パラチノース55.5%群	0.21	0.20	0.00	0.06	0.00	0.47

※ なお、盲腸および結腸の内容物の糖含量を測定したところ、いずれの群においても上記糖類は検出されなかった。

※試験管内のような、人工的に構成された条件下であることを“*in vitro*”と  
いいます。語源はラテン語の「ガラスの中で」。逆に生体内の条件下であ  
ることを“*in vivo*”といいます。

パラチノースを分解する酵素であるイソマルターゼは、スクロースを分解する酵素であるスクラーゼとほとんど全てが複合体（スクラーゼ-イソマルターゼ複合体、SI 複合体）を形成して小腸に局在しています<sup>7)8)9)</sup>。ヒトがスクロースを消化・吸収できるのは、この酵素複合体を小腸に持っているためです。そのため、ヒトはスクロースと同じように、パラチノースも小腸で消化・吸収できると考えられます。

仮にパラチノースが小腸で消化しきれずに大腸まで到達するのであれば、パラチノースの大量摂取により下痢や、腸内フローラ（腸の細菌のバランス）の変化が観察されることが考えられます。しかしながら、パラチノースを 92.9%含むタブレットを、10 日間にわたり 24g/日ずつ摂取し続けるという試験が行われましたが、試験期間中、下痢、鼓腸感、腹痛などの現象は認められず、腸内フローラの変化も認められませんでした<sup>10)</sup>。【2. 安全性】に記載した、ボランティア 18 名がパラチノース 79g を摂取する試験においても下痢等の身体的異常が認められなかったことも考慮すると、パラチノースはヒトにおいても小腸でほぼ完全に消化吸収され、大腸まで到達しない、下痢の原因にならない糖質であると考えられます。

ラットを用いてパラチノースの吸収・代謝に関する呼気試験も行われています。パラチノースは、スクロースと比較して緩やかに吸収・代謝されるものの、スクロースと同様ほぼ全量が小腸で消化・吸収後に代謝されること<sup>11)</sup>、そして体内でスクロースと同様に利用されていることが確認されています<sup>12)</sup>。

## 4. カロリー

パラチノースは小腸で完全に消化吸収され、食物繊維としての働きが無いこと<sup>10)</sup>、また糖アルコールでは無いことから、4 kcal/g<sup>\*</sup>と表示されます。

※炭水化物の栄養表示基準における栄養成分等の分析法は、平成 11 年 4 月 26 日衛新第 13 号新開発食品保健対策室長通知により定められています。この通知によると、炭水化物のうち難消化性でない糖質は、4 kcal/g と表示することになっています。逆に、難消化性糖質や食物繊維は、その消化特性を考慮したうえでカロリーを表示する必要があります。



## 5. 非う蝕性・抗う蝕性

パラチノースは歯にやさしい糖質として知られており、特定保健用食品（虫歯の原因になりにくい食品）の関与する成分として認められています。

虫歯は *Streptococcus mutans* 等の細菌（虫歯菌）がスクロースを原料にして歯の表面に細菌や不溶性グルカン※等からなる歯垢（プラーク）を形成すること、次に歯垢にスクロースが触れることで歯垢中の細菌がスクロースを代謝し歯垢内に酸を蓄積すること、そしてこの酸が歯の表面のエナメル質を溶かすことにより発生すると考えられています。

パラチノースは口腔内に歯垢が形成されている状態で歯垢に接しても、歯垢内の pH が虫歯が発生するとされる 5.5 以下に下がらないため、虫歯の原因にはなりません<sup>13)</sup>。また、パラチノースは歯垢の基になる不溶性グルカン形成の材料を阻害するため、歯垢の形成が抑制されます<sup>14)15)</sup>。さらに、パラチノースは、スクロースと共存したときにスクロースによるう蝕の発生を抑制（抗う蝕性）します（図 2）<sup>16)17)</sup>。

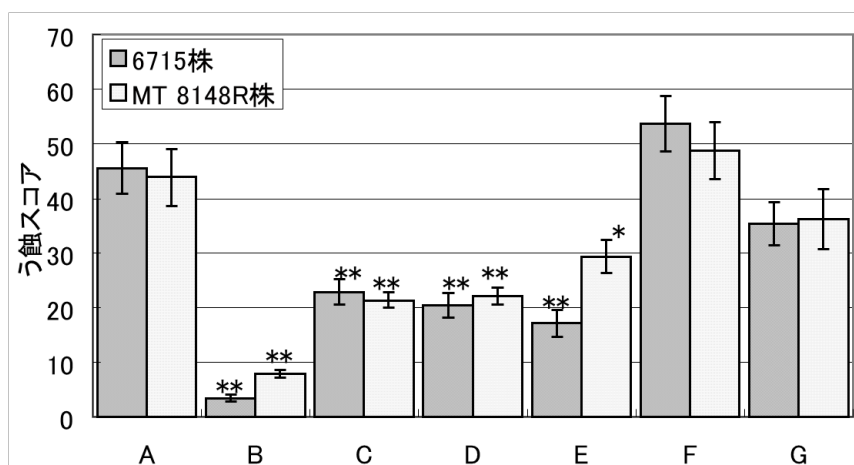


図 2 糖質によるう蝕スコアの比較

A: スクロース56%  
 B: パラチノース56%  
 C: グルコース56%  
 D: フルクトース56%  
 E: スクロース28%+パラチノース28%  
 F: スクロース28%+グルコース28%  
 G: スクロース28%+フルクトース28%

注 1) 実験日数: 55 日間 実験動物: 18 日齢のラット 10 匹/群使用

注 2) 統計学的有意差は、スクロース 56%群の値との比較 \*\*\*:  $p < 0.001$ , \*\*:  $p < 0.01$ , \*:  $p < 0.05$

注 3) う蝕スコアは、ラットの歯（12 本の臼歯）の損傷程度を表し、臼歯の欠損部分の面積と深さの積から算出した。

~20: ほとんど虫歯は無い、20~30: 歯の裂孔部に明らかな欠損がある。40~60: かなりひどい虫歯である

※不溶性グルカン中には虫歯菌以外にも多数の細菌が存在し、全体として歯垢（プラーク）と呼ばれます。歯垢中の細菌は 200 種類以上、細菌数は歯垢 1g あたり  $10^{11}$  個（1000 億個）といわれています。

## 6. 味質および調理特性

パラチノースは甘味度がスクロースの半分程度である以外は、砂糖に近い非常に味質をしています。砂糖と同じ量を料理に使うと甘さが控えめになりますが、総合的な美味しさは砂糖と変わらないという報告があります。

### 6-1. パラチノースの甘味曲線

パラチノースはスクロースと近い甘味の立ち上がりをしつつ、後味がスッキリとしておりますが、嫌な後味は一切ありません。

以下にパラチノースとスクロースの甘味曲線の模式図を記載します。

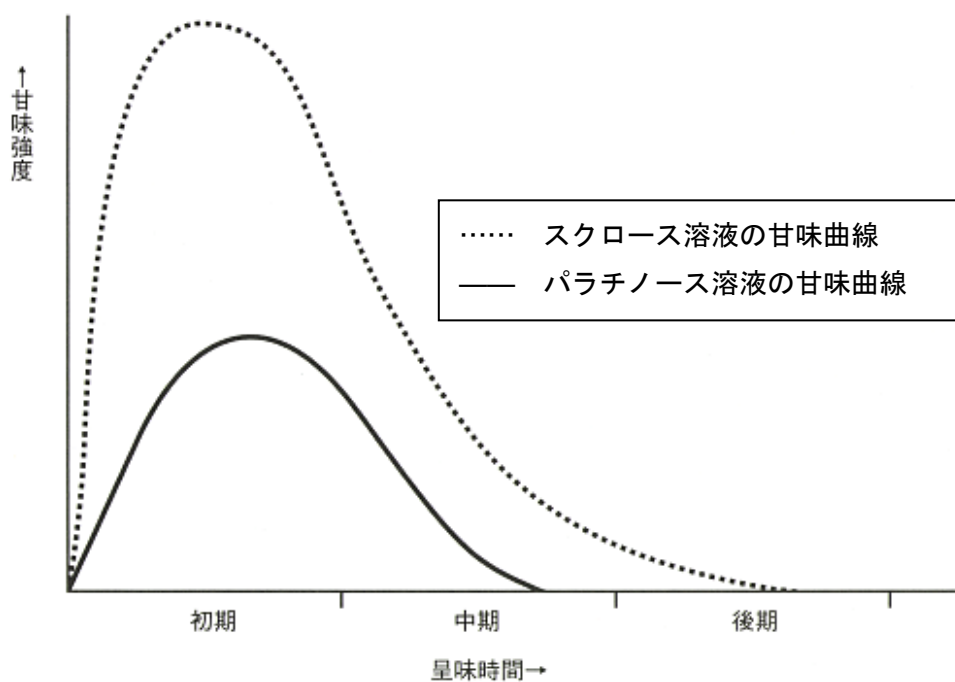


図3 パラチノース溶液の甘味曲線(等固形分でスクロースと比較) 模式図

## 6-2. パラチノースを砂糖代替甘味料として料理に使用した惣菜の味質・外観評価

パラチノースは総合的な美味しさを損なうことなく、料理を作るための甘味料として利用できることが報告されています<sup>18)</sup>。

表3に記載した23品目の惣菜において、砂糖またはパラチノースを甘味料として使って調整した惣菜の味質や外観に及ぼす影響について、シェッフェの対比較法を用いた調査が行われています。

**表3 パラチノースまたは砂糖で調整した惣菜における「全体的な美味しさ」での有意差の有無**

卵の花	きんぴらごぼう	ピクルス
こんにゃくのかめ煮	なすのかめ煮	<u>紅白なます</u>
<u>かぼちゃのかめ煮</u>	にんじんのグラッセ	酢めし
卵焼き	昆布豆	肉じゃが
小松菜の煮浸し	金時豆の甘煮	肉豆腐
切干大根のかめ煮	<b>酢れんこん</b>	筑前煮
<b>凍り豆腐のかめ煮</b>	きゅうりの甘酢漬	鶏の照り煮
しいたけの甘煮	<u>さつまいものレモン煮</u>	

**太字**…「全体的な美味しさ」で有意差無し

**下線付き太字**…他の調味料使用量を減らせば※、「全体的な美味しさ」で有意差無し

小文字…「全体的な美味しさ」で有意差あり

結果、味質や外観の総合評価である「全体的な美味しさ」について、他の調味料の調整をした場合も含めると、パラチノースを甘味料として使用した惣菜の「全体的な美味しさ」は、23品目中18品目において砂糖のものと有意差が生じませんでした。有意差が生じた料理についても、砂糖とパラチノースの併用により差が無くなる可能性があります。

※ パラチノースは甘さが砂糖の約半分であることから、砂糖の等量置き換えでは、塩味等が強く感じられることもあるようです。この研究では「全体的な美味しさ」以外にも、以下について調査が行われています。

・「甘さの強さ」…20品目でパラチノースの方が甘さが弱い、と判断された。かぼちゃのかめ煮、ピクルス、酢めしでは差が無かった。

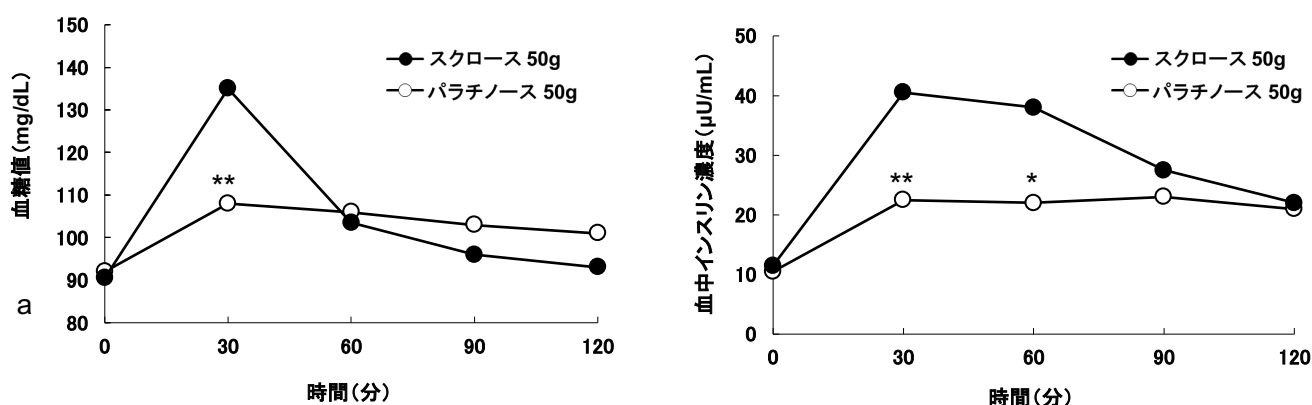
・「外観」…21品目で有意差が無かった。鶏の照り煮ではパラチノースの方が照りが良い、金時豆の甘煮で砂糖の方が発色が良い、と評価された。

## 7. 摂取後の血糖値変化

パラチノースは小腸のイソマルターゼにより、グルコースとフルクトースに分解され消化吸収されます。この酵素反応はゆっくり進むため、パラチノースの消化吸収速度は遅く、スクロースの約 1/5 とされています<sup>19)</sup>。パラチノースは摂取した際の血液中へのグルコースの流入が穏やかであり、血糖値やインスリン分泌の急激な変化を引き起こしません<sup>20)21)</sup>。また、パラチノースの血糖値上昇抑制効果はシステマティック・レビューにて検証されています<sup>22)</sup>。

### 7-1. 血糖値の緩上昇性・インスリン分泌抑制

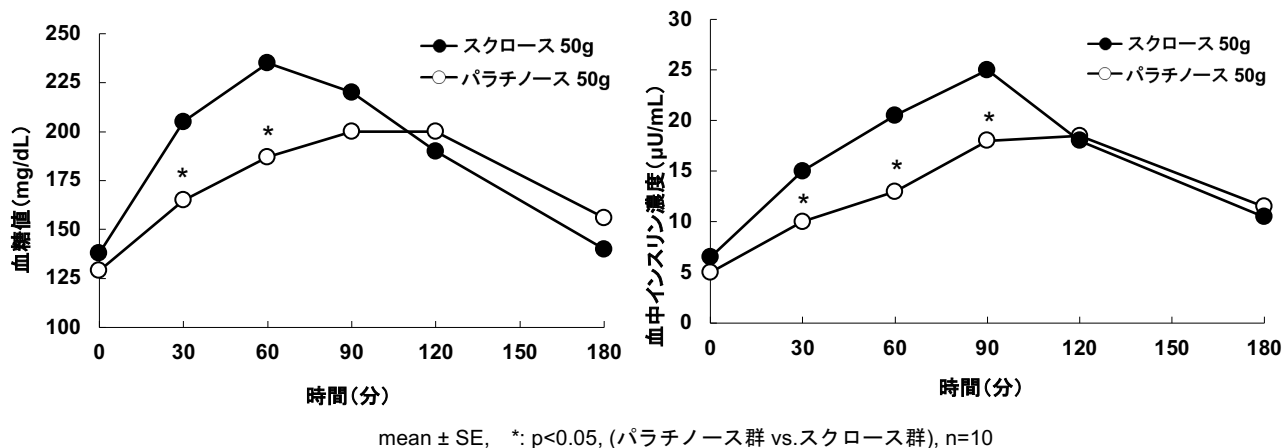
健康なボランティア 10 名に、50 g のパラチノースまたは 50 g のスクロースを摂取してもらい、摂取後の血糖値および血中インスリン濃度の変化を調べるという試験が行われています。試験の結果、スクロース摂取後の血糖値（血中グルコース濃度）は摂取 30 分後にピークを示し、90 分後にはほぼ初期値まで低下しました。それに対し、パラチノース摂取後の血糖値はなだらかに上昇し、ピークがスクロースよりも有意に低く、また 120 分後の時点でも初期値より高く維持されていました（図 3）。血中インスリン濃度も血糖値と同様、スクロース摂取後は急激に上昇したのに対し、パラチノース摂取後はなだらかに上昇し、そのピークも有意に低くなりました<sup>20)21)</sup>。



mean ± SE, \*: p<0.05, \*\*: p<0.01, (パラチノース群 vs.スクロース群), n=10

図 4 パラチノース 50 g 摂取後の健常者における  
血糖値および血中インスリン濃度の経時変化

また、2型糖尿病のボランティア 10 名を対象として、健康なボランティアの場合と同様の試験が行われています。その結果、図 5 に示すように、摂取後 60 分までの血糖値および摂取後 90 分までのインスリン濃度が、スクロースを摂取した場合よりもパラチノースを摂取した場合の方が有意に低く推移するという結果が得られています<sup>21)</sup>。



**図 5** パラチノース 50 g 摂取後の 2 型糖尿病患者における血糖値および血中インスリン濃度の経時変化

中国でも中国人の健常者および糖尿病患者を対象とし、75g のパラチノースあるいはスクロースを摂取してもらい、摂取前と摂取後 180 分までの血糖、インスリン、C-ペプチド、中性脂肪、総コレステロール、LDL コレステロールおよび HDL コレステロールを測定するという試験が行われています。その結果、健常者および糖尿病患者のいずれにおいても、血糖、インスリン、C-ペプチドがパラチノース摂取後において低値で推移しました<sup>23)</sup>。

また、シドニー大学のデータベース (<http://www.glycemicindex.com/>) では、パラチノースの GI (グリセミック・インデックス) ※は 32 (グルコースを 100 とした場合) と算出されています。

※GI は、その食品を摂取した場合にどれだけ血糖値を上昇させるかについての指標です。個々の食品を摂取した後、時間とともに変化する血中グルコース濃度曲線下面積を測定し、同じ質量の糖質を含む基準食品と比較して求められます。基準食品としては、主にグルコース 50 g か白パン 50 g が用いられます。

## 7-2. 他の糖質による血糖値上昇を抑制する効果

パラチノースは血糖値の急激な変化が生じないだけでなく、スクロースやグルコース、マルトース、デキストリン、可溶性デンプンなどと同時に摂取した場合に、これらの糖質の小腸での分解阻害や吸収阻害を通じ、これらの糖質による血糖値の上昇を抑制する効果があります<sup>24)25)26)</sup>。

### ① スクロースおよびグルコースに対する血糖上昇抑制効果

スクロース 25g とパラチノース 25g を同時に摂取すると、スクロース 25g を単独で摂取した場合と比較して、摂取後 30 分の血糖値上昇の抑制傾向がみられました (図 6-a)。同様に、グルコースとパラチノースとの同時摂取により、グルコースを単独で摂取した場合と比較して血糖値上昇が抑制される傾向が確認されています (図 6-b)<sup>24)25)</sup>。

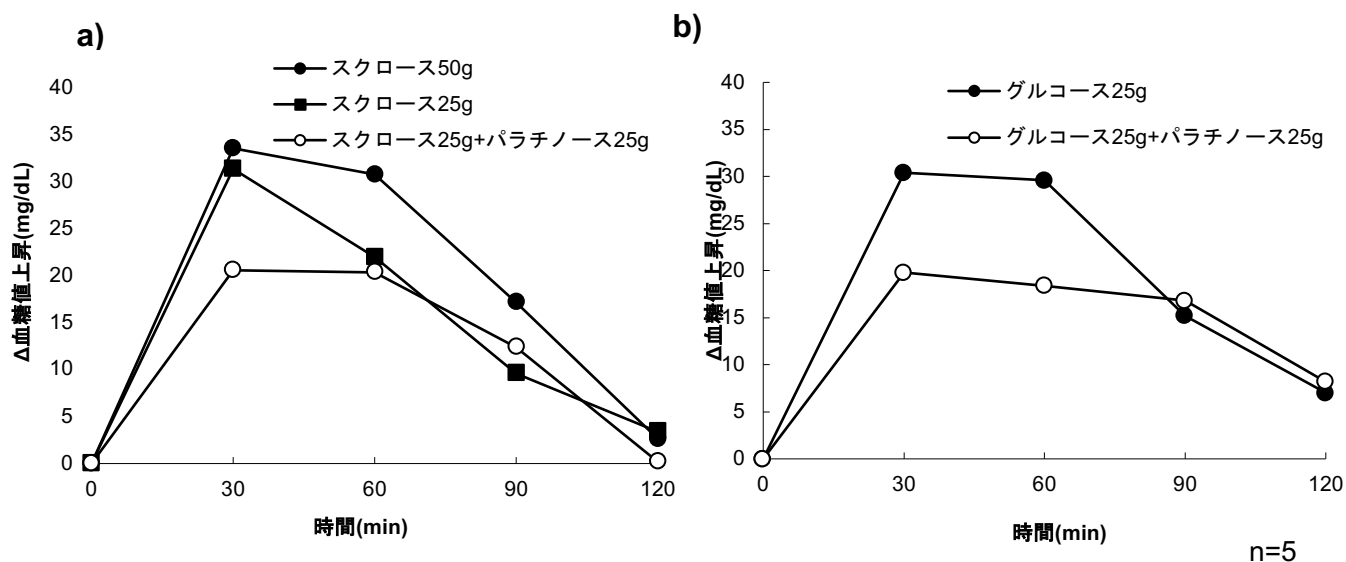


図 6 スクロースおよびグルコースに対する  
パラチノースの血糖値上昇抑制効果

ラットを用いた動物実験でも同様の結果が得られており、パラチノースと他の糖質との併用により血糖値のピークが低くなる、あるいは糖質量が増加しているのにも関わらず血糖値のピークが同程度であるという結果が得られています<sup>27)</sup>。また、別のラットを用いた動物実験では、食後高血糖抑制効果のある素材として一般的に使用されている食物繊維を配合した糖液よりも、パラチノースを配合した糖液を投与した時の方が、摂取後の血糖値が低く推移することが報告されています<sup>28)</sup>。

以上のことから、パラチノースは他の糖質と混ぜて使うことで、他の糖質による血糖値上昇も抑制し、糖質全体を低GI化することが可能であると考えられます。グルコースとパラチノースを合わせて50g摂取した場合、グルコースとパラチノースの割合を変化させると、摂取後の血糖値上昇曲線下面積が変化し、パラチノースの比率が高くなるに従って値が減少します(図7)。この試験で算出されたパラチノースのGIは44ですが、パラチノースとグルコースを半々に混ぜた糖質全体のGIも50以下であり、パラチノース単独のGIと大差がありませんでした。

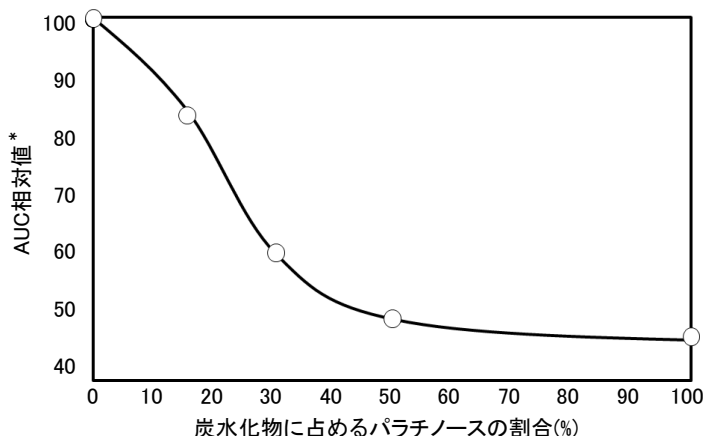


図7 グルコース中のパラチノース比率と血糖値上昇曲線下面積

\* : グルコースを摂取したときのAUCを100としたときの相対値

## ② 調理時に甘味料として使用した際の血糖上昇抑制効果

甘味料としてパラチノースを米飯食の調理に使用することで、同じ量の砂糖で作った料理と比べ、血糖値が上がりにくくなることがわかっています。

スクロースまたはパラチノースで調理した丼物料理摂取後の血糖値変化を測定したところ、パラチノースで調理した料理摂取後の血糖値変化が砂糖の場合よりも抑えられることがわかりました（図8 a-b）。このときのインスリン分泌には糖質間で有意差が無かったことから、この抑制効果はインスリン分泌の増加に由来するものではありません<sup>29)</sup>。

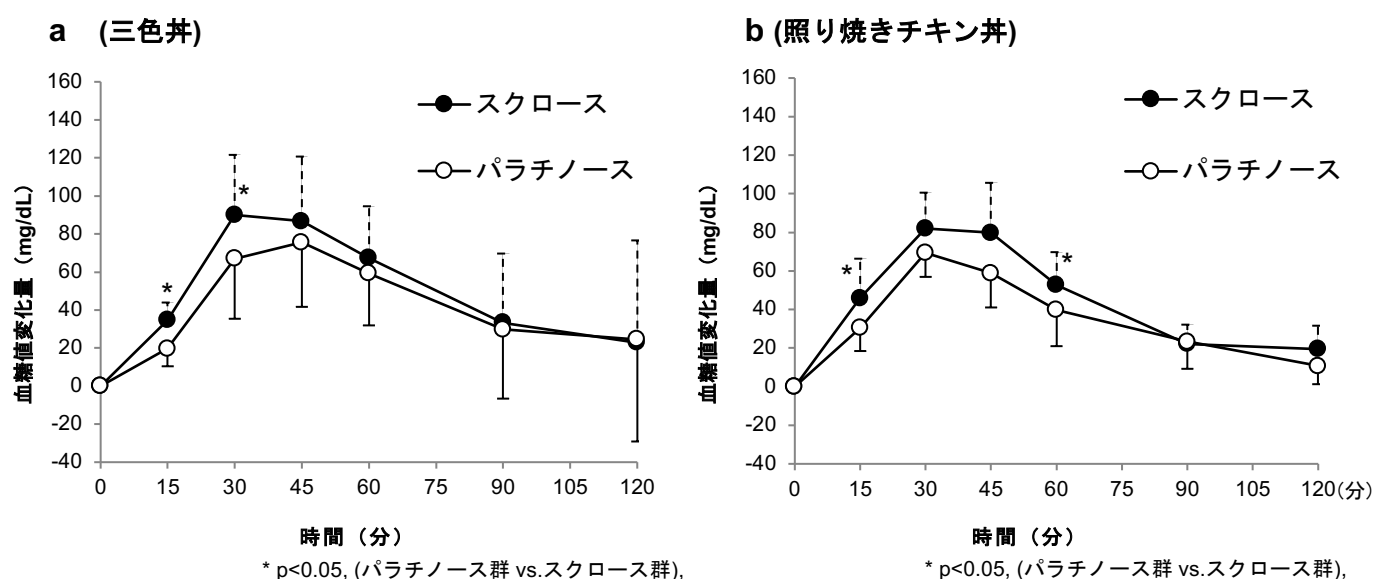


図8 スクロースまたはパラチノースで調理した米飯食摂取後の血糖値変化

【6.味質および調理特性】で紹介した惣菜の味質への影響についての報告も併せて考えると、パラチノースは砂糖と美味しさは同等ながら、食後の血糖値を上げにくい料理を作るために適しているといえます。その他の実用例については【13.実用例】もご覧ください。

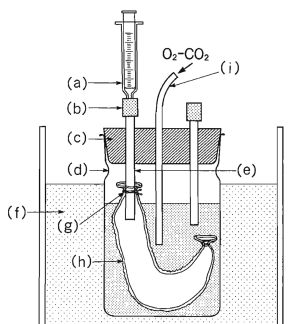


### 7-3. 血糖値上昇抑制メカニズム

#### ① グルコース吸収阻害効果

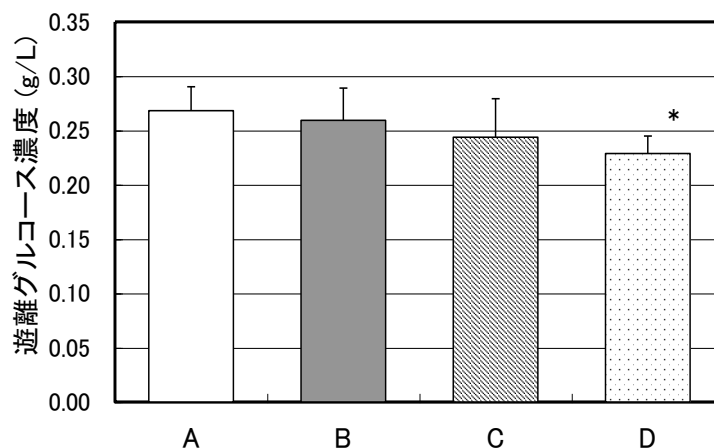
パラチノースはグルコースに対して、濃度依存的な吸収阻害効果を発揮することがわかっています。

パラチノースがグルコースによる血糖上昇を抑制するメカニズム解明のため、ラットの腸管を反転させてグルコースの移行速度を測定する試験が行われています（図 9-a）。この試験の結果、パラチノースのグルコース吸収抑制効果が濃度依存的である（グルコースに対するパラチノースの割合が増すほど強くなる）ことがわかりました（図 9-b）<sup>30</sup>。



**図 9-a 小腸におけるパラチノースのグルコース吸収阻害効果測定試験（概略図）**

37°Cに保温したビーカー内に 20 mM グルコースのみの標準バッファー、または 20 mM グルコースに 1 mM、2.5 mM、5 mM いずれかの濃度のパラチノースを添加した標準バッファーを入れます。これにラットの小腸を裏返したものをチューブに取り付け、内部を標準バッファーで満たします。すると、時間とともにビーカー側（外液側）から反転腸管内（つまり、小腸の内側から外側）にグルコースが移行する（吸収される）ため、反転腸管内のグルコース濃度を経時的に測定することでグルコースの吸収速度と、パラチノース濃度が小腸でのグルコースの吸収速度に及ぼす影響を調査することができます。



**図 9-b 小腸におけるパラチノースのグルコース吸収阻害効果**

A: 20mMグルコース                      C: 20mMグルコース+2.5mMパラチノース  
 B: 20mMグルコース+1.0mMパラチノース    D: 20mMグルコース+5.0mMパラチノース

② 糖質の分解抑制（ $\alpha$ -グルコシダーゼ阻害）効果

パラチノースはスクロースやデンプン由来の糖質（二糖類以上）を分解する $\alpha$ -グルコシダーゼに対して、阻害効果を示すことも明らかになっています。

パラチノースによるスクロース、マルトース、可溶性デンプン、デキストリンの分解阻害効果を調査するため、ラット小腸粉末由来酵素液を各糖質単独、あるいはパラチノースを添加した糖液に対して作用させ、遊離グルコース量が測定されています。試験の結果、パラチノースはスクロース、マルトース、可溶性デンプン、デキストリンの分解を抑制または抑制傾向にありました（表 4、5）<sup>31)32)</sup>。

表 4 パラチノースのスクロースおよびマルトース分解阻害効果

反応液中の糖濃度	遊離グルコース生成速度 ( $\mu$ mol-glucose/tube/min)
28mMスクロース	0.262 $\pm$ 0.002
28mMマルトース	2.198 $\pm$ 0.042
28mMパラチノース	0.049 $\pm$ 0.002
28mMスクロース+28mMパラチノース	0.230 $\pm$ 0.005 <sup>**</sup>
28mMマルトース+28mMパラチノース	1.962 $\pm$ 0.020 <sup>##</sup>

Mean $\pm$ SEM

<sup>\*\*</sup>28mMスクロースと比較 $p < 0.01$ , <sup>##</sup>28mMマルトースと比較 $p < 0.01$

表 5 パラチノースの可溶性デンプンおよびデキストリン分解阻害効果

反応液中の糖濃度	遊離グルコース生成速度 ( $\mu$ mol-glucose/tube/min)
28mM可溶性デンプン <sup>§</sup>	1.504 $\pm$ 0.097
28mMデキストリン <sup>§</sup>	1.535 $\pm$ 0.101
28mMパラチノース	0.049 $\pm$ 0.001
28mM可溶性デンプン <sup>§</sup> +28mMパラチノース	1.360 $\pm$ 0.038
28mMデキストリン <sup>§</sup> +28mMパラチノース	1.278 $\pm$ 0.079 <sup>*</sup>

Mean $\pm$ SEM

<sup>§</sup>グルコース残基の濃度として28mM, <sup>\*</sup> 28mMデキストリンと比較  $p < 0.05$ .

精製したスクラーゼ-イソマルターゼ複合体を用いた同様の試験では、パラチノースはスクラーゼに対して濃度依存的な阻害効果を示しました（図 10）<sup>32)</sup>。

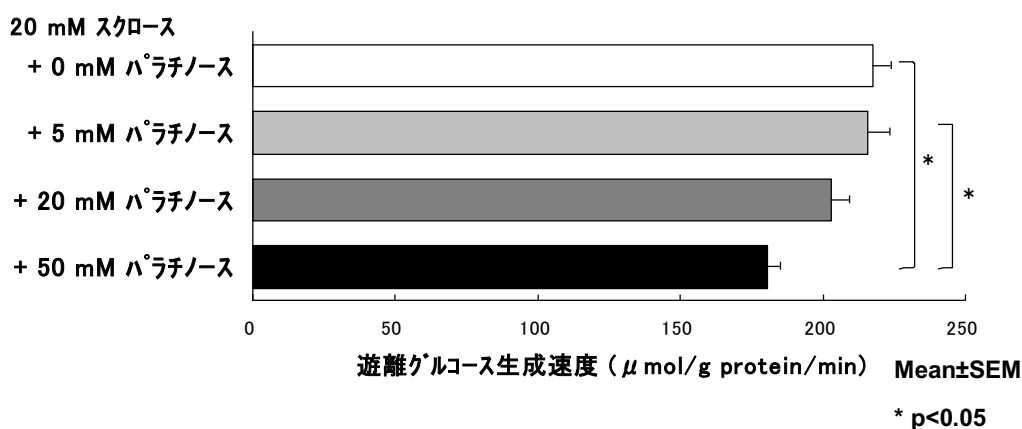


図 10 パラチノースのスクラーゼ阻害効果

#### 7-4. セカンドミール効果

健常男性 7 名の試験によって、朝食時にパラチノースが配合された流動食を摂取すると、昼食後の血糖・インスリン値の上昇が抑えられるというセカンドミール効果<sup>\*</sup>についても報告されています<sup>33)</sup>。

また、Wistar 系雄性ラット（11 週齢）にパラチノース・スクロース・生理食塩水（コントロール）を摂取させ、その 90 分後のグルコース投与の血糖変化を調べた試験では、コントロール群及びスクロース群に比べパラチノース群で有意に血糖値が低く、パラチノースはセカンドミール効果を有する糖質であることが報告されています<sup>34)</sup>。

※最初に食べた食事内容が次の食事後の血糖値上昇に影響を及ぼす、という現象が確認されており、セカンドミール効果と呼ばれています。

## 8. 生活習慣病およびそのリスク要因に対する効果

食後高血糖やそれに伴うインスリン過剰分泌は膵臓を疲弊させ、肥満の発症やインスリン抵抗性の発生等を通じて糖尿病への移行を早め、動脈硬化のリスクを高める危険性があるとされます<sup>35)</sup>。

パラチノースを含む食品は摂取後の糖質の消化吸収速度が緩慢であるため、食後の急激な血糖上昇が生じず、インスリンの分泌も穏やかに抑えられます。そのため、パラチノースを含む食品の長期的な摂取が、生活習慣病リスク因子の予防や改善に寄与できる可能性が報告されています。

### 8-1. 肥満の予防・改善

ヒトおよびラットを対象として、日常使用している砂糖（主成分がスクロース）の一部をパラチノースで置き換えて長期間にわたり摂取してもらう試験が行われており、パラチノースはスクロースよりも内臓脂肪が蓄積しにくく、空腹時血糖やインスリン抵抗性、肥満を改善できるとする報告があります。

#### ① 肥満の改善

BMI 25-35 kg/m<sup>2</sup>の被験者を対象として、12週間のカロリー制限食（1700 kcal/日以下）を行うのと同時に食事において合計 40 g/日のパラチノースまたはスクロースを摂取した試験では、いずれの糖質を摂取した場合も同様に体重の減少がみられましたが、パラチノースではより効率的に体重が減少する傾向がみられました（図 11）<sup>36)</sup>。この結果から、カロリーが同様であっても糖質の違いによって体重の変化に影響を及ぼす可能性が示唆されているといえます。

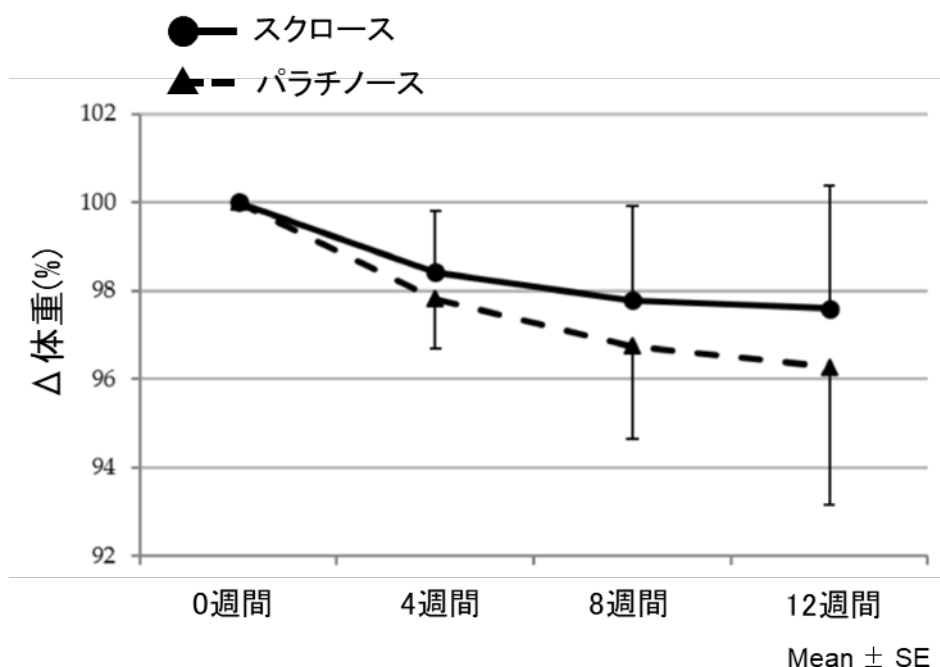


図 11 パラチノース摂取による体重の変化

また、2型糖尿病モデルラットである OLETF ラットとその対照となる LETO ラットを用いて、次の5つの群に分けて試験を行いました。: 1. 通常餌を摂取した OLETF ラット群 (OLETF-Sed)、2. パラチノースを含む餌を摂取した OLETF ラット群 (OLETF-Pala)、3. 通常餌を摂取+運動を行った OLETF ラット群 (OLETF-Ex)、4. パラチノースを含む餌を摂取+運動を行った OLETF ラット群 (OLETF-Pala & Ex)、5. 通常餌を摂取した LETO ラット (LETO-Sed)<sup>37)</sup>。

その結果、1. OLETF-Sed 群と比較して 2. OLETF-Pala 群、4. OLETF-Pala & Ex 群において、内臓脂肪量が有意に低値を示したとともに (図 12)、除脂肪体重割合は有意に高値を示しました。したがって、パラチノースを含む餌は脂肪を減少させ、除脂肪体重を増加させること分かりました。

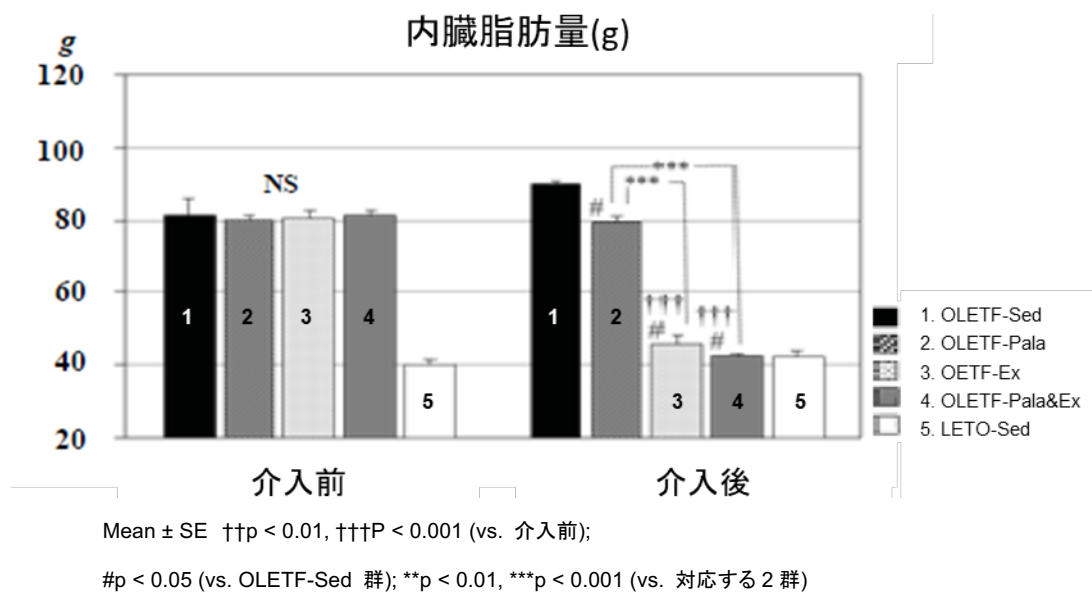


図 12 内臓脂肪量の変化

## ② 脂肪蓄積の抑制効果

ブラジル在住の日系人ボランティア 30 名 (BMI 平均 25 以上の肥満者) に対して、被験者をパラチノース配合糖 (パラチノース : スクロース = 9 : 1) 摂取群とスクロース摂取群の 2 群に無作為かつ均等に分け、二重盲検群間比較法を用いて、パラチノース配合糖 45 g/日またはスクロース 45 g/日を 16 週間にわたり使用してもらい、介入試験の前後における血圧や血液の生化学検査、体脂肪面積を検査するという試験が行われています。

試験の結果、パラチノース配合糖摂取群では介入試験後の CT による内臓脂肪面積が、スクロース摂取群より有意に低くなりました (図 13)<sup>38)39)40)</sup>。

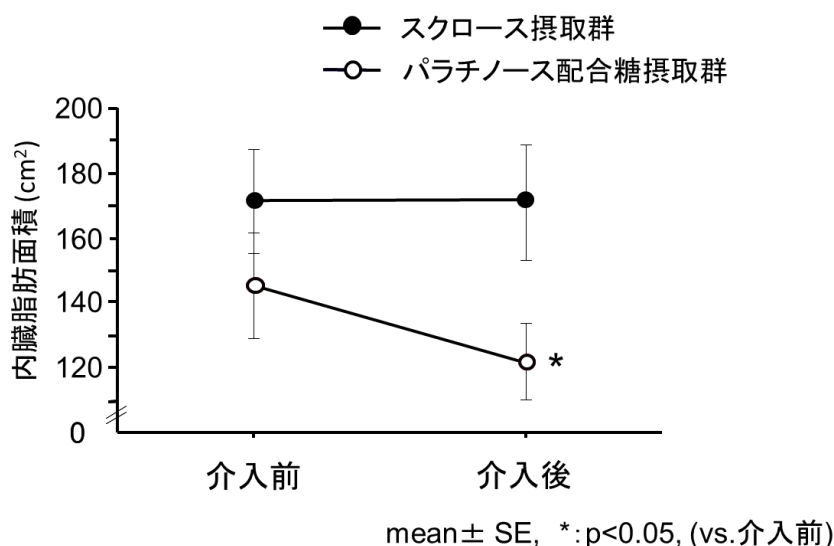


図 13 パラチノース配合糖摂取による日系人の内臓脂肪蓄積抑制効果

また、健康な日本人女性ボランティア 46 人と男性ボランティア 11 名を対象として、パラチノース配合糖（パラチノース：スクロース＝1：1）摂取群とスクロース摂取群の 2 群に無作為かつ均等に分け、二重盲検群間比較法を用いてパラチノース配合糖 40 g/日、またはスクロース 40 g/日を 12 週間連続摂取する、という試験も行われています。その結果、CT による内臓脂肪面積が、スクロース摂取群において介入後に有意に増加したのに対し、パラチノース配合糖摂取群では有意な増加は確認されませんでした（図 14）<sup>39)41)</sup>。

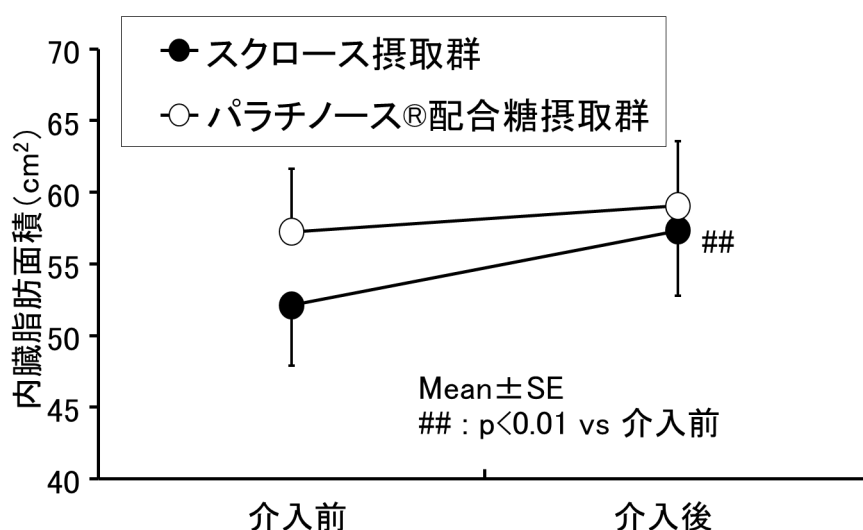


図 14 パラチノース配合糖摂取による日本人健常者の内臓脂肪蓄積抑制効果

5 週齢の Srague-Dawley 系雄ラットに、パラチノースまたはスクロースを糖質として含む高脂肪食を、8~9 時と 20~21 時の 1 日 2 食制下に同じカロリー分だけ摂取させ、120 日間の体重と組織重量を測定した結果、パラチノースを含む飼料を摂取したラットの体重および脂肪組織の重量はスクロースを含む飼料を摂取した場合より低くなりました<sup>42)43)</sup>。マウスでも同様の摂取試験が行われており、パラチノース群で内臓脂肪重量が増加しにくいことが確認されています<sup>44)</sup>。

インスリン抵抗性発生に対するパラチノースの有効性を検討するために、スクロースを含む飼料またはパラチノースを含む飼料のいずれかをラットに長期間にわたり摂取させるという試験も行われています。試験の結果、スクロースを含む飼料を摂取したラットにおいてはインスリン抵抗性が引き起こされていましたが、パラチノースを含む飼料を摂取した群ではインスリン感受性が保たれており<sup>45)</sup>、さらに体脂肪量の上昇が有意に抑制されていました<sup>46)</sup>。

また、ラットの体成分蓄積に及ぼすパラチノースの効果についても研究されており、パラチノースはたんぱく質の代謝には影響しないが、灰分の蓄積効率を高め、脂肪の蓄積を抑制する傾向を示したという報告もあります<sup>47)48)</sup>。高脂質高炭水化物食でラットを生育させた別の研究結果では、パラチノース群で、筋肉量を維持したまま脂肪組織だけが有意に減少するとする報告がされています<sup>49)</sup>。

一般組成流動食をモデルにした飼料をマウスに与えた場合と、パラチノースを含む流動食をモデルにした飼料を与えた場合、パラチノースを含む流動食をモデルにした飼料を与えた群で 6 週間後の体重増加量、内臓脂肪及び皮下脂肪の蓄積量が有意に低値であったことが報告されています<sup>50)</sup>。

さらに、エネルギー制限下でのパラチノース摂取の影響について、動物実験が行われています<sup>51)</sup>。18 週齢雄性の 2 型糖尿病モデルである OLETF ラットに対して、糖質としてパラチノース (P) またはスクロース (S) を、脂質としてオレイン酸 (O) またはリノール酸 (L) を用いて、それぞれを組み合わせた、4 種類の餌 (PO、PL、SO、SL) を準備し、エネルギー摂取量が通常量の 70% になるように摂食量を制限しつつ、14 週間にわたる投与試験が行われています。その結果、各群間で体重に有意な差は見られなかったものの、パラチノースとオレイン酸の組み合わせた餌 (PO) を摂取させた群では、他の群に比べ、空腹時血糖および糖負荷試験での血糖上昇が低値な傾向を示し、脂肪細胞の肥大化が有意に抑制されたと報告されています。

この試験の結果から考えると、糖尿病やメタボリックシンドロームの予防・改善のために食事療法を行う際には、エネルギー摂取制限のみならず、摂取する糖質や脂質の質も考慮することが望ましいといえるでしょう。

### ③ 脂肪燃焼の亢進効果

日本人健常男性を被験者として、パラチノースが配合された流動食と、通常の流動食を摂取した時の食後の脂質酸化量について調べたところ、パラチノースが配合された流動食摂取後の方が有意に脂質酸化量が高かったという報告があります<sup>33)</sup>。欧米においては肥満者を被験者として、パラチノース摂取後の脂質酸化量についての研究が報告されており、パラチノースを含む食事摂取後は、スクロースを含む食事摂取後に比べ、摂取後 3 時間までの脂質酸化量が有意に多くなることが報告されています<sup>52)</sup>。

肥満者に対してグルコースとスクロースで調整した食事を複数回食べてもらう群と、パラチノースで調整した食事を複数回食べてもらう群の二群にわけ、食間に軽く 30 分の運動をしつつ、それぞれの群の血糖・インスリン応答、脂肪燃焼量を比較測定する試験が行われています。結果、運動 30 分を含む 3 時間の脂肪燃焼量 AUC が有意に増加し、測定を行った 7 時間の脂肪燃焼総量はパラチノース群において 18%高くなったと報告されています<sup>53)</sup>。

8-1 の①で述べた BMI 25-35 kg/m<sup>2</sup> の被験者を対象とした試験では、朝食後 2 時間においてパラチノースはスクロースと比較して呼吸商が有意に低値を示しており、スクロースよりもエネルギー基質として脂肪を利用しやすいことも分かっています (図 15)<sup>36)</sup>。

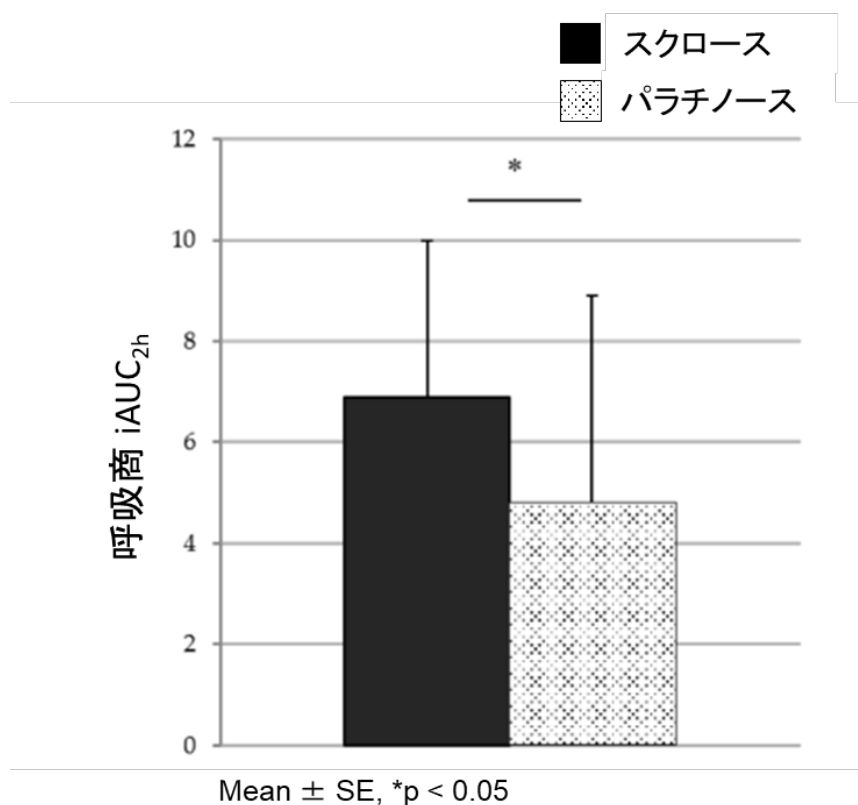


図 15 パラチノース摂取後の呼吸商

他のラットの試験においても、パラチノースを含む流動食を摂取後に、一般組成流動食の場合と比べて呼吸商が有意に低値であり、脂肪燃焼が促進されていることが報告されています<sup>50)</sup>。

#### ④ 脂質異常症に対する効果

雄性 SD ラットを用いて、一晩絶食後にスクロース、パラチノースまたは同量のグルコース+フルクトースの経口糖負荷試験を行い、投与前から 3 時間後まで経時的な解剖測定を行ったところ、パラチノース群では脂肪合成やグリコーゲン合成が穏やかに代謝反応が進行したという報告<sup>54)</sup>があり、脂質異常症といった病態の食事療法におけるパラチノースの有用性が示唆されています。



### ⑤ 内臓脂肪蓄積抑制メカニズムの考察

内臓脂肪の蓄積は、いわば腹部脂肪細胞での脂肪の蓄積です。脂肪細胞に脂肪が蓄積されるメカニズムは、①血中の脂肪が脂肪組織の毛細血管壁に局在するリポタンパクリパーゼ(LPL)という酵素によって脂肪酸に分解され、それが脂肪細胞に取り込まれて脂肪に合成される経路、②血中のグルコースが脂肪細胞に取り込まれて脂肪に転換される経路<sup>55)</sup>の2つが存在すると考えられています。

インスリンはリポタンパクリパーゼの活性を高め、脂肪細胞への血中脂肪の取り込みと脂肪蓄積を促進します。しかしながら、パラチノースは【7. 摂取後の血糖値変化】に記載したように、血糖値上昇が緩やかでインスリン分泌低刺激性な糖質です。従って、パラチノースを含む食品では食後の血糖値とインスリン分泌が低く抑えられる結果、脂肪組織でのリポタンパクリパーゼ(LPL)の活性が低く保たれ、脂肪組織による血中脂肪の取込みが抑制されると考えられます<sup>42)</sup>。

また、パラチノースを含む流動食をモデルとした飼料を長期摂取させた動物実験では、肝臓のPPAR- $\alpha$ 、脂肪組織のPPAR- $\gamma$ といった、脂肪酸の代謝に関与する遺伝子の発現増加や、肝臓や脂肪組織においてUCP-2という抗肥満に関与する遺伝子の発現増加、そして膵臓のランゲルハンス島の肥大抑制と、内臓脂肪の減少が報告されています<sup>56)</sup>。

さらにパラチノースは、LPLを活性化して脂肪の取り込みを高めるGIPというホルモンの分泌がスクロースと比べ少なく、逆にインスリン抵抗性の改善に寄与するGLP-1というホルモンの分泌を促進しやすい糖質であることが明らかとなっています。これらの制御によってインスリン感受性の改善やLPLの活性抑制作用がある可能性が考えられます。

このように、パラチノースはインスリン分泌低刺激性、GIPの分泌抑制により、LPLの活性を低く保つため、脂肪細胞への糖や脂肪酸の取り込みが抑制され、さらにGLP-1の分泌促進によるインスリン感受性の改善と、それによる血中グルコースの筋肉への取り込み向上と内臓脂肪への蓄積減少が同時に行われていると推察されます。

その推定メカニズムをまとめると図16のようになります。

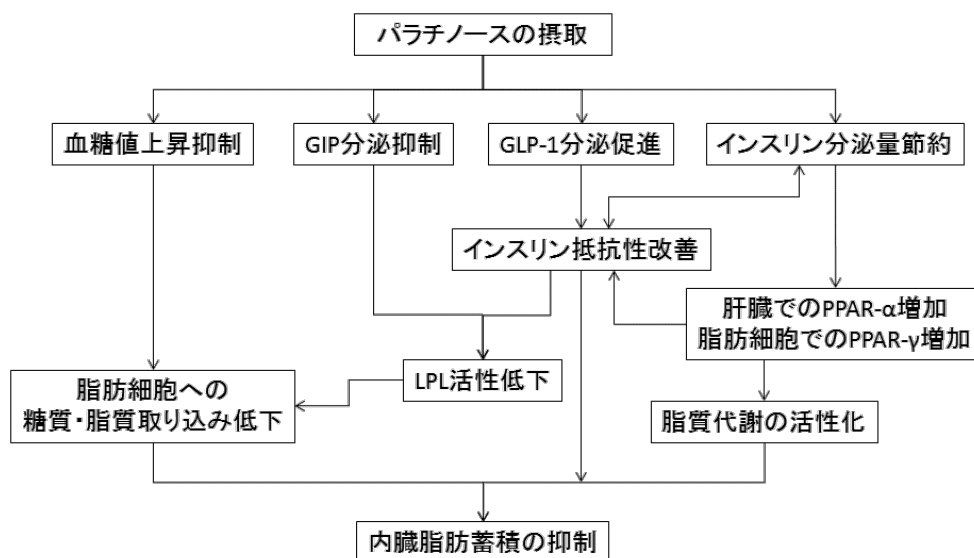


図 16 内臓脂肪蓄積抑制の推定メカニズム

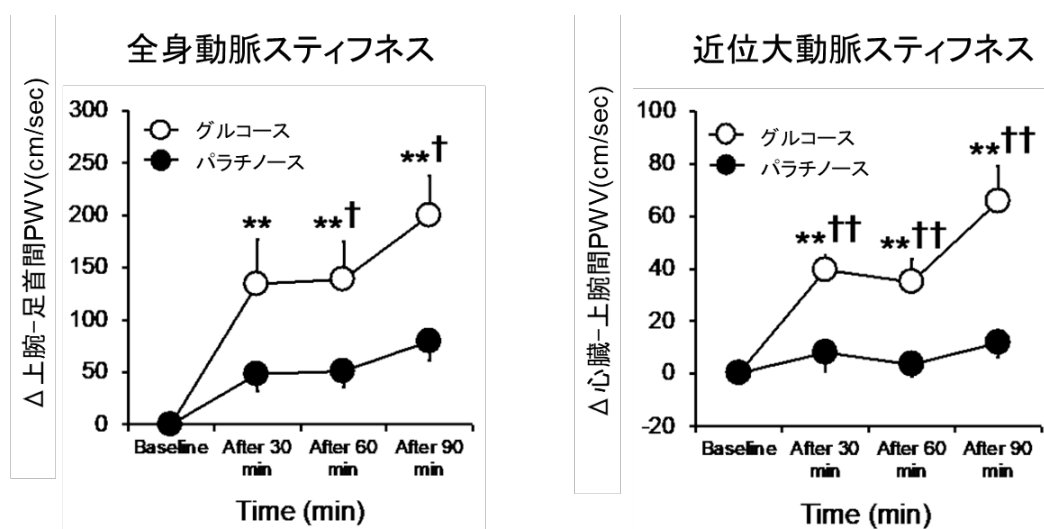
## 8-2. 血管機能の保護・改善

血糖値が高い状態が続くことや一日の血糖値の変化が大きいことにより、血液中のグルコースが血管を傷つけ2型糖尿病における血管硬化を進展させることが報告されています。一方、パラチノースは食後の急激な血糖上昇を防ぐことにより、血管機能を保護・改善することが示唆されています<sup>57)</sup>。

### ① 血管機能の保護・改善

血管の動脈壁の硬化度を示す指標として、動脈の伸展性を表す動脈スティフネス（動脈硬化度）があります。加齢等によって動脈スティフネスが上昇するとともに、強力な心血管疾患の発症リスクとなることが知られています。動脈スティフネスは、脈波伝播速度（PWV: Pulse Wave Velocity）を用いて測定することができます。また、血糖値が上がりやすい糖質（グルコース）を摂取することにより、動脈スティフネスが上昇することが報告されています<sup>58)</sup>。

10名の高齢者を対象にパラチノースまたはグルコース25gを摂取し、摂取90分後までの動脈スティフネスの変化を測定した報告があります<sup>59)</sup>。その結果、全身性動脈スティフネスを示す上腕-足首間PWV及び近位大動脈スティフネスを示す心臓-上腕間PWVの変化量のいずれにおいてもパラチノースは摂取後に増大せず、またグルコースと比較して有意に低値を示しました（図17）。



\*\*p < 0.01 and \*p < 0.05 (vs. 初期値); ††p < 0.01 and †p < 0.05 (vs. パラチノース)

図17 パラチノースとグルコース摂取後の動脈スティフネスの変化

さらに、健常な中高年の被験者（10名）を対象として、パラチノースまたはスクロース25gを摂取して上記の試験と同様に実施した報告では、グルコースとの比較と同様に上腕-足首間PWVにおいてパラチノースは動脈スティフネスの上昇を有意に抑制しました（図18）<sup>60)</sup>。また、摂取90分後の上腕-足首間PWVと収縮期血圧に有意な正の相関がみられたことから、全身性動脈スティフネスの上昇は摂取後の収縮期血圧の上昇と関連があることが分かりました。

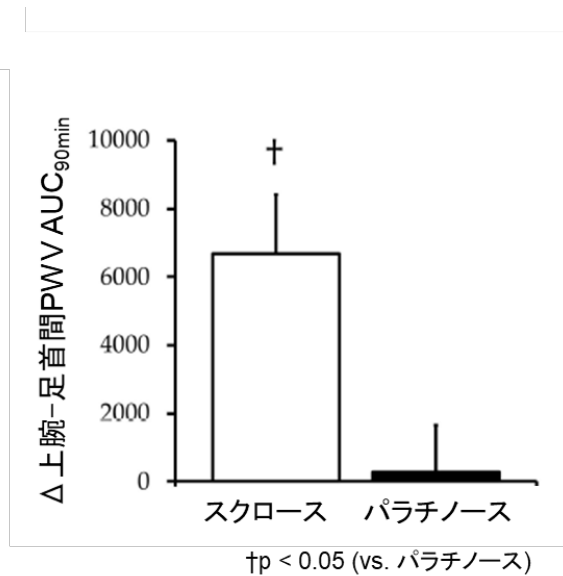


図 18 パラチノースとスクロース摂取後の動脈スティフネスの変化

また、血管内皮機能を評価する指標として血流介在血管拡張反応を血管径にて評価する Flow-mediated dilation (FMD) が挙げられます。過体重・肥満で高血圧気味の被験者においてパラチノースまたはスクロース 50 g を摂取して FMD を測る試験を行った結果、摂取 120 分後においてパラチノース摂取群は FMD の低下を有意に抑制することが報告されています<sup>61)</sup>。

## ② 血圧改善・動脈硬化の予防

8-1 の②で述べた日系ブラジル人の試験において、パラチノース配合糖摂取群で拡張期血圧、収縮期血圧がスクロース摂取群より有意に低くなることも分かっています (図 19)<sup>38)39)40)</sup>

この試験では、パラチノース配合糖摂取群において、内臓脂肪面積の減少や血圧の低下に加え、動脈硬化指数の有意な低下という結果も得られており<sup>62)63)</sup>、パラチノースを継続的な摂取が動脈硬化の予防に有効である可能性が示唆されています。

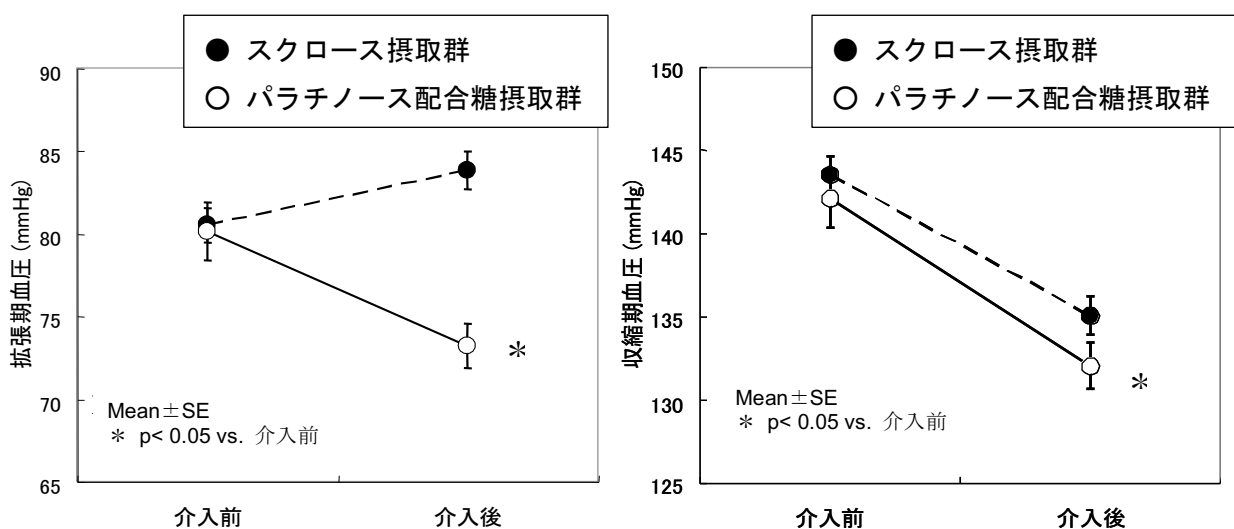


図 19 パラチノース配合糖摂取による血圧低下作用

日常的な糖質の摂取量が多い中国人 115 名を被験者とした試験では、パラチノース配合糖（パラチノース：果糖ブドウ糖液糖=1：1）摂取群と果糖ブドウ糖液糖摂取群の 2 群に分け、二重盲検群間比較法にて、6 ヶ月間の長期摂取による生活習慣病のリスク要因への影響が調査されています。その結果、パラチノース配合糖摂取群では果糖ブドウ糖液糖摂取群よりも 6 ヶ月後の BMI、血圧、中性脂肪、総コレステロール、動脈硬化指数が試験前よりも有意に減少しました<sup>64)</sup>。

他にも、糖尿病性血管障害を生じるモデルラットを用いて、糖質としてパラチノースまたはスクロースを配合した試験食を 12 週間自由摂取させ、胸部大動脈の血管弛緩反応を比較調査したところ、パラチノース群では血管弛緩反応が維持されており、パラチノースは糖尿病性血管障害の予防に用いることができるという報告もなされています<sup>65)</sup>。

BMI 25 kg/m<sup>2</sup> 以上の被験者を対象として、試験食品であるパラチノース配合糖（パラチノース：スクロース=1:1、果糖ブドウ糖液糖を全体の 2%配合）または対照食品（スクロース及び果糖ブドウ糖液糖を全体の 2%配合）を 1 日当たり 15g、12 週間連続で自由摂取した試験では、パラチノースの 1 日の摂取量は 7.35g と比較的少量であったにもかかわらず、試験食品のパラチノース配合糖において摂取 8 週後、12 週後の動脈硬化指数（(総コレステロール-HDL コレステロール) ÷HDL コレステロール）の有意な減少が認められています（表 6）<sup>66)</sup>。

**表 6 パラチノース配合糖と対照食品の動脈硬化指数の変化**

項目	群	n	0週	摂取4週後	摂取8週後	摂取12週後	摂取終了4週後
動脈硬化指数	試験食品	29	2.94 ± 0.82	2.87 ± 0.91	2.76 ± 0.79*	2.74 ± 0.80*	2.85 ± 0.93
	対照食品	27	3.54 ± 1.31	3.68 ± 1.67	3.31 ± 1.35	3.49 ± 1.45	3.27 ± 1.35

Mean ± SD  
\*: p<0.05 (vs. 0週)

### 8-3. インスリン抵抗性の改善

パラチノースを中～長期摂取することによって、インスリン感受性\*が高まり、インスリン抵抗性が改善することが分かっています。

8-1 の②で述べた、健康な日本人女性ボランティア 46 人と男性ボランティア 11 名を対象とした試験の結果、インスリンの感受性を示す指標である HOMA-R が、スクロース摂取群では介入前後において変化が無かったのに対し、パラチノース配合糖摂取群では、介入後に有意に向上することがわかっています（図 20）<sup>39)41)</sup>。

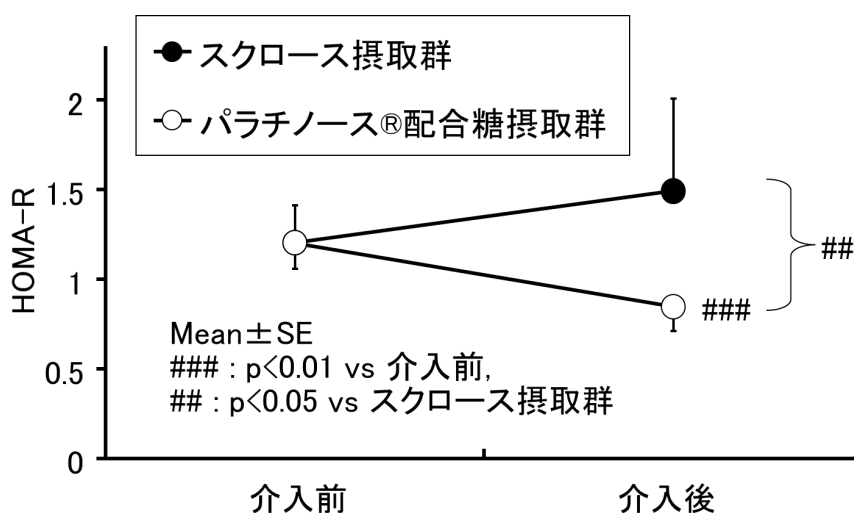


図 20 パラチノース配合糖摂取による HOMA-R の変化

※インスリン感受性とは  
 膵臓から分泌されるインスリンは、血液中から細胞中に糖を取り込ませる働きがあります。この際インスリンを認識するインスリン受容体がいち早く働かないと、糖取り込みがうまくいかず、血糖値が下がりにくくなります。この状態をインスリン抵抗性が高い（もしくはインスリン感受性が低い）といいます。

さらに別の試験で、女性 40 名、男性 10 名（いずれも健常者）を対象として、上記同様のパラチノース配合糖 40 g/日またはスクロース 40 g/日を 12 週間連続摂取する介入試験が行われ、試験前後での血液検査を実施した結果、パラチノース配合糖を摂取した群ではスクロース群よりも空腹時血糖、空腹時インスリン、収縮期血圧、空腹時レプチン、HOMA-R が有意に減少するという結果が得られています<sup>67)</sup>。

8-2 の②にて述べた中国人 115 名を被験者とした試験でも、HOMA-R が試験前と比べ有意に改善することが確認されています<sup>64)</sup>。

また、インスリン抵抗性モデルラットを用いて、パラチノースまたはスクロースを含む流動食をモデルとした飼料を 4 週間摂取させたところ、パラチノース群で膵臓のランゲルハンス島の肥大が抑制されたことが報告されています<sup>68)</sup>。また、正常なラットに対し糖質をエネルギー過剰状態で摂取させた場合でも、パラチノース群ではスクロースやデキストリン群より、ランゲルハンス島の肥大が抑制される傾向があるという報告があります<sup>69)</sup>。

8-1 の②で述べた、2 型糖尿病モデルの OLETF ラットエネルギー制限下でのパラチノース摂取試験では、膵臓のランゲルハンス島の肥大化が有意に抑制され、膵臓のβ細胞が保護されることも分かっています<sup>51)</sup>。

## 8-4. 糖尿病指標 HbA1c 値の改善

HbA1c 値は測定前 1~2 ヶ月の平均血糖値と相関があるため、糖尿病の診断基準や血糖管理の指標としてしばしば用いられます。パラチノースは中~長期の摂取によってこの HbA1c の値が改善することが知られています。

耐糖能異常もしくは糖尿病の中老年 9 名を対象に、5 ヶ月間パラチノース配合流動食を朝食に摂取させた長期試験では、3 ヶ月目から HbA1c の値が有意に改善しました<sup>70)</sup>。

2 型糖尿病患者 6 名に対し、パラチノース配合流動食を 4 週間および 8 週間投与し、血液を採取したところ、コントロール飲料を投与した群と比べ、HbA1c の値が有意に改善しました<sup>71)</sup>。

## 8-5. 肝機能の改善、炎症の抑制

パラチノースの摂取によって、肝細胞・脂肪細胞の炎症が抑えられ、肝機能が改善するという試験結果が確認されています。

日本人肥満男性 16 名 (BMI 平均 27) を、スクロース・パラチノースそれぞれ 20 g/日以上摂取する群に分けて、医師・栄養士による特定保健指導が行われました。その結果、いずれの群においても特定保健指導によるエネルギー制限と運動の影響から、指導の 3 ヶ月後に体重とへそ周り径 (腹囲) の有意な減少が確認されました。さらに、パラチノースを摂取した群では有意な血圧の改善、善玉アディポサイトカイン\*であるアディポネクチンの増加、脂肪分解の指標である総ケトン体の上昇に加え、肝機能の指標である  $\gamma$ -GTP の改善が確認されました (図 21)<sup>72)73)74)</sup>。

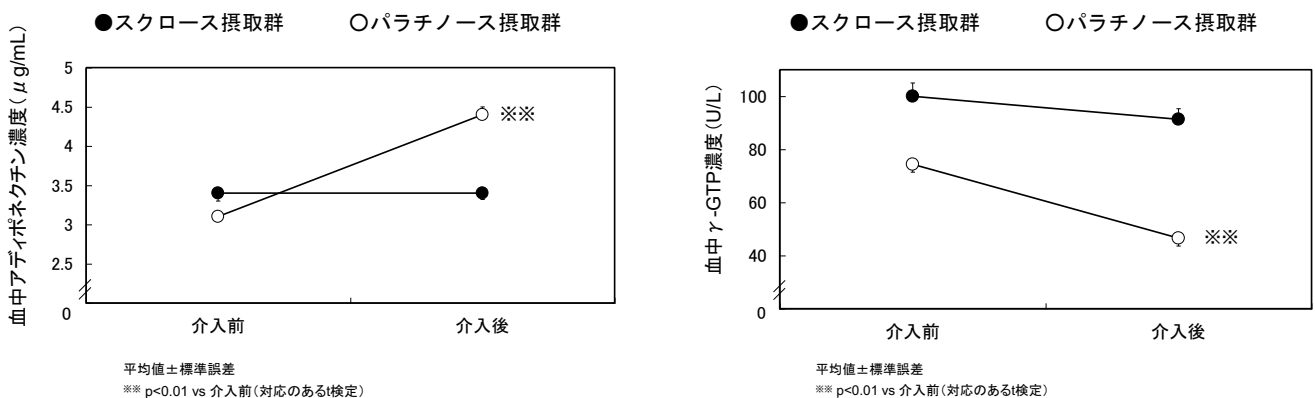


図 21 パラチノース摂取によるアディポネクチンと  $\gamma$ -GTP の変化

※アディポサイトカインとは脂肪細胞から分泌される生理活性物質の総称です。  
“アディポ”は脂肪を意味します。アディポサイトカインには肥満や生活習慣病を加速させるいわゆる悪玉と、これを抑制する善玉とが存在しています。

パラチノースを含む流動食をモデルとした飼料をラット長期摂取させた試験では、脂肪細胞の炎症に関する TNF- $\alpha$  の発現抑制が報告されています<sup>56)</sup>。

## 8-6. 酸化ストレス（老化）の抑制

8-4 で述べた、耐糖能異常もしくは糖尿病の中高年 9 名を対象にした長期摂取試験において、酸化ストレスの指標である 8-OHdG（8-ヒドロキシデオキシグアノジン）が 5 ヶ月後に有意に減少することが報告されています<sup>70)</sup>。

酸化ストレスは DNA 損傷の原因になると言われており、老化現象や、糖尿病、動脈硬化、がんなどの生活習慣病において重要な役割を果たしていることが分かっています<sup>75)</sup>。パラチノースの摂取によって、これらのリスクを低減できる可能性が示唆されました。

## 8-7. 腎機能の保護

2 型糖尿病モデルの OLETF ラットは、糖尿病合併症（特に糖尿病性腎症）を発症します。糖尿性腎症患者においては、尿にタンパク質及びタンパク質の主成分であるアルブミンが尿中に多量に排出されてしまいます。

8-1 の①で述べた OLETF ラットを用いた試験では、1. OLETF-Sed 群と比較して、パラチノースを摂取した 2. OLETF-Pala 群、またパラチノースの摂取と運動を加えた 4. OLETF-Pala & Ex 群では有意に尿中たんぱく質及びアルブミン排出量を有意に抑えることが報告されています<sup>37)</sup>。

## 9. 運動パフォーマンスに及ぼす効果

### 9-1. 持久力の向上

運動開始直前に糖質を摂取すると、インスリンの分泌が起こることにより運動誘発性低血糖（インスリン・ショック）を引き起こす可能性が知られていますが、パラチノースは血糖値の上昇及びインスリンの分泌を緩やかにすることにより、運動時の血糖値の低下を抑制することができます。また、運動時の糖質酸化を抑えることによって主に持久性運動のパフォーマンスを改善することが示唆されています<sup>76)</sup>。

持久系自転車競技経験のある 20 名の男性アスリートを対象に、75 g のパラチノースまたはデキストリンを含む飲料（10%w/v）を摂取し、その 45 分後に 60%VO<sub>2</sub>max の強度で 90 分間のサイクリング運動を実施したのちにタイムトライアルテストを行いました<sup>77)</sup>。

その結果、パラチノースを摂取した試行では平均タイムが 30.0±4.70 分、マルトデキストリンを摂取した試行では 31.08±6.27 分であり、パラチノースを摂取した場合運動パフォーマンスが改善傾向にありました。さらに、運動時の血糖値を比較したところ、パラチノースが有意に血糖値を高く維持しているとともに、脂質酸化を促進し糖質酸化を抑制していることが分かりました（図 23）。

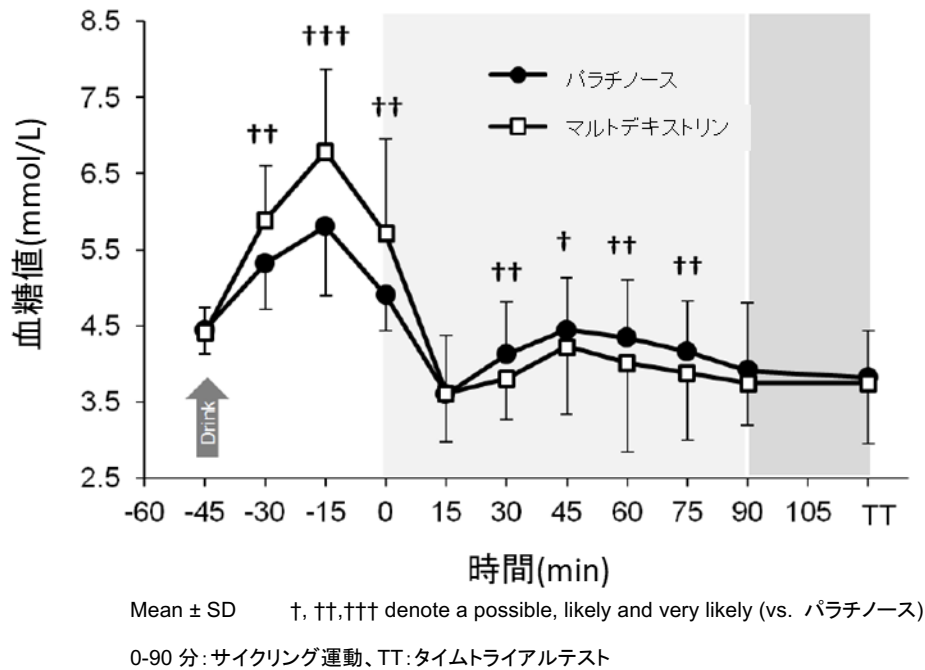


図 23 パラチノース摂取後の運動中の血糖値変化

また、22 名の男性大学生サッカー選手を対象に 120 分間のサッカーシュミレーションテストを行う前及び 15 分間のインターバル中に 8 %のパラチノースまたはマルトデキストリンを含む飲料、または炭水化物を含まない飲料を摂取して、代謝応答やパフォーマンスを比較した研究があります<sup>78)</sup>。その結果、シュミレーションテスト後半の血糖値を他の飲料と比較して有意に高く維持しており、シュート成功率が高い傾向にありました。

## 9-2. その他運動パフォーマンスの向上

パラチノースは継続摂取することによりレジスタンストレーニングにおいてもパフォーマンスを向上させることが報告されています<sup>79)</sup>。パラチノースを含むプロテイン飲料またはマルトデキストリンを含むプロテイン飲料を 9 週間摂取したところ、パラチノース群ではベンチプレステストにおける上半身の筋力や失敗までの繰り返し回数が有意に向上しました。また、パラチノース群は体脂肪量・率ともに有意に低値を示しており、トレーニングをする人の身体作りにも貢献する可能性を示しています。



### 9-3. インスリンの分泌抑制、低血糖予防

運動前・運動中のインスリンの過度の分泌は、低血糖を招き、脂肪燃焼も妨げるとされています。パラチノースはインスリンの分泌を刺激しにくい糖質であり、運動による脂肪燃焼を維持したまま糖質補給を行うために利用できると考えられます。

運動経験ある被験者 10 名に最大運動強度の 50%の自転車インターバル走を 10 セット（1 セットは運動 11 分と計測・休憩 4 分）行ってもらい、運動前と各セット終了時にパラチノースまたはスクロースを含む飲料を摂取し、血糖値の推移を調査した試験が行われています<sup>80)</sup>。スクロース群や対照とした水群では運動 4 セット目終了時点（運動開始 60 分後）には運動開始前より低血糖になったのに対し、パラチノース群では 6 セット目終了時点（運動開始 90 分後）まで血糖値が維持されました（図 24）。

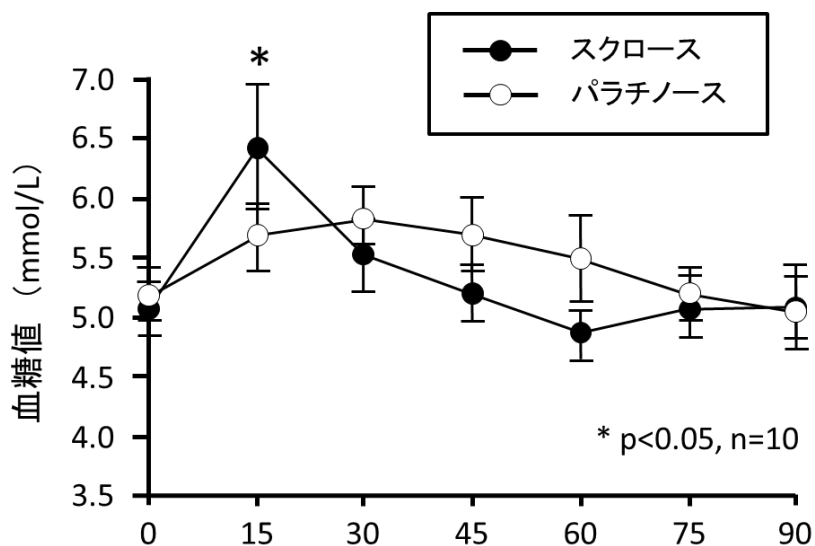


図 24 糖質摂取と運動時の血糖値変化

また、アスリート 21 名に VO<sub>2</sub>max（最大酸素摂取量）の 70%の有酸素運動を 90 分間実施してもらい、運動 30 分前、運動直前及び運動開始 45 分後に、パラチノースまたはマルトデキストリンを含む飲料を摂取し、血液検査と呼気ガス測定によりインスリン変化量と脂肪燃焼量を測定する試験が行われています<sup>81)</sup>。試験の結果、パラチノース群ではマルトデキストリン群よりもインスリン値が低く維持されました（図 25）。

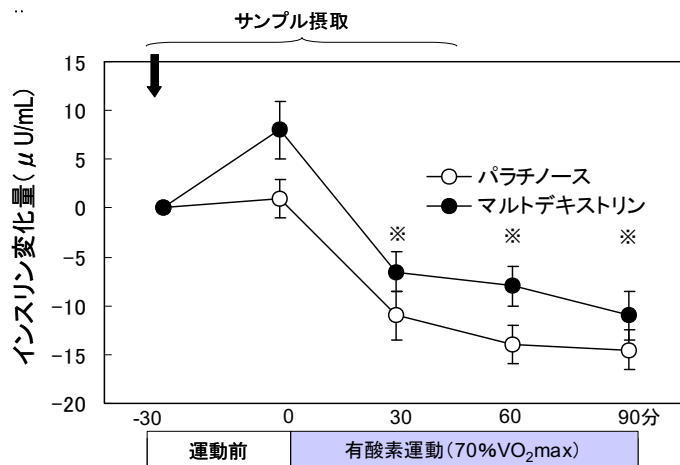


図 25 糖質摂取と運動時のインスリン分泌量

#### 9-4. 脂肪燃焼の亢進

運動前～後にパラチノースを含む飲料を摂取することにより、有酸素運動時・運動後の脂肪燃焼を他の糖質よりも促進しやすいとする研究成果が報告されており、長時間運動における運動パフォーマンスを維持・向上できる可能性が期待されています。

9-1 で述べたアスリート 21 名を対象にした試験の結果<sup>81)</sup>、呼吸交換比 (RER) が運動中低く維持され、90 分間での脂肪燃焼量が約 400kcal 多くなりました (図 26)。

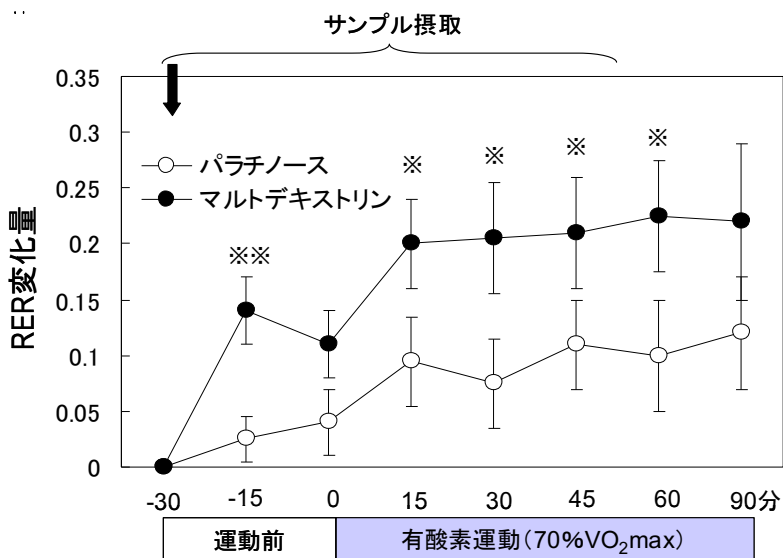


図 26 糖質摂取と運動時の呼吸交換比の推移

また、BMI25 以上で運動習慣が無い男性 10 名をボランティアとし、VO<sub>2</sub>max の 50%の有酸素運動を 60 分間実施し、運動直後にパラチノースまたは果糖ブドウ糖液糖を含む飲料を摂取し、脂肪燃焼量を比較する試験が行われています。試験の結果、図 27 に示すとおり、呼気ガスから計算された脂質酸化量は、果糖ブドウ糖液糖摂取群では摂取後急激に減少したのに対し、パラチノース摂取群では減少が緩やかで、運動後 20 分～50 分の間の脂肪燃焼量がパラチノース摂取群で有意に多くなりました<sup>82)</sup>。

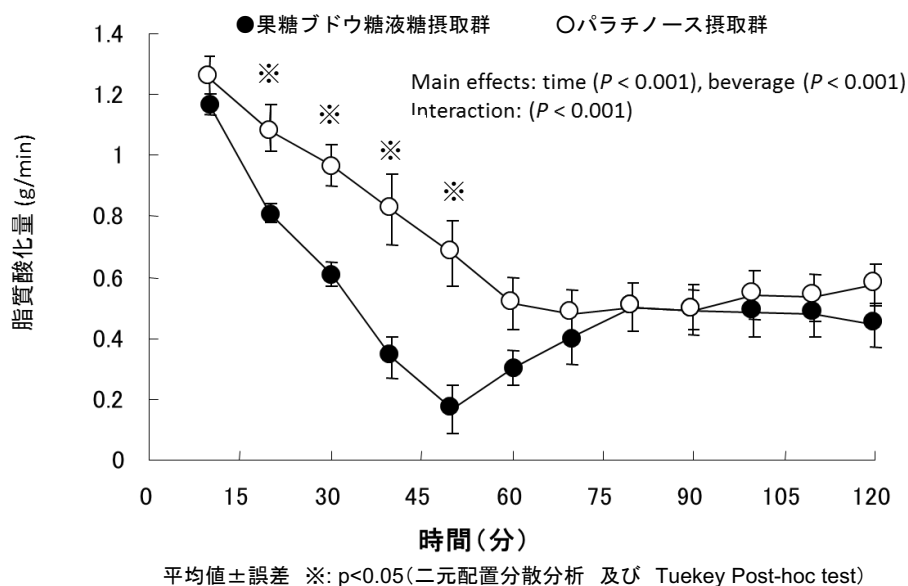
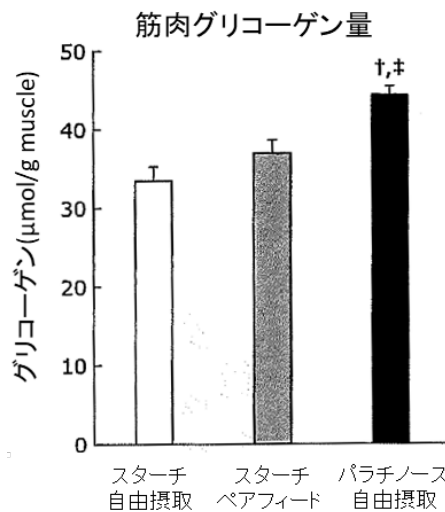


図 27 運動後の脂肪燃焼量の推移

### 9-5. グリコーゲン量の増加、回復

パラチノースを摂取したラットではグリコーゲンが増加しやすい、という報告<sup>83)</sup>や、インスリンや運動の刺激による筋肉中のグルコースの取り込みを促進することにより運動後の筋肉中のグリコーゲン量が有意に高値を示す (図 28) といった報告<sup>84)</sup>があり、パラチノースとグリコーゲンの関係について積極的な調査が行われています。



Mean ± SE 運動4時間後に筋肉グリコーゲン量を測定;

†p<0.05 (vs. スターチ自由摂取群), †p<0.05 (vs. スターチペアフィード群)

図 28 運動後の骨格筋グリコーゲン量

### 9-6. 運動時の消化・吸収への影響

パラチノースは小腸における消化・吸収は緩慢ですが、運動時の胃の不快感を引き起こさないことが確認されています<sup>85)</sup>。50 g のパラチノースまたはマルトデキストリンを含む飲料を摂取したのちに60分間の自転車運動を行った研究においても、胃の排出速度及び不快感に差はありませんでした。

一方、消化・吸収が緩慢であることによって運動後の体内の水分保持量を高く維持する可能性が示唆されています<sup>86)</sup>。6.5g のパラチノースを含む飲料、または6.5g のスクロース、6.5g のグルコースとフルクトースの組み合わせを含む飲料を運動中に摂取し、運動後の体内の水分量の変化を測定したところ、パラチノースの摂取において血漿量の回復速度はゆっくりでしたが、運動3時間後の水分(体液)保持量は最も高値を示しました(図29)。糖の吸収と同時に起こる急激な水分吸収を抑えて、尿量を減少させることによるものだと考えられます。

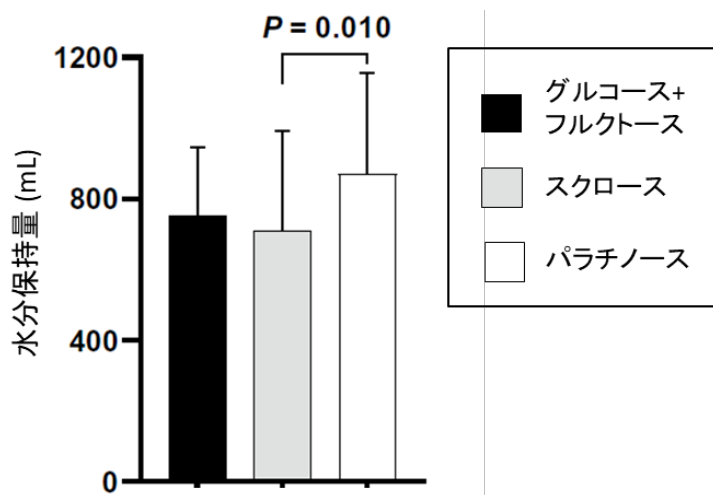


図 29 運動 3 時間後の水分保持量

## 10. 空腹感を抑制する効果

パラチノースはゆっくりと吸収されるため、吸収速度の速い糖質に比べて持続的な糖質補給が可能です。パラチノース摂取が満腹感に関するホルモンに影響を与えるために空腹感が抑制されることや、一日当たりの摂食量と摂取カロリーのコントロールに利用できる可能性も報告されています。

### 10-1. GLP-1 分泌促進

パラチノースはスクロースよりも GLP-1<sup>\*</sup>の分泌を促進しやすく、GIP<sup>\*</sup>を分泌しにくいことが健常人及び糖尿病患者のいずれにおいても報告されています<sup>87)88)</sup>。

BMI23 以下の健常男性 10 名に対して、パラチノースもしくはスクロース 50g を摂取してもらった結果、パラチノースはスクロースよりも GLP-1 の分泌が促進され、GIP の分泌が抑制されました (図 30、31)。

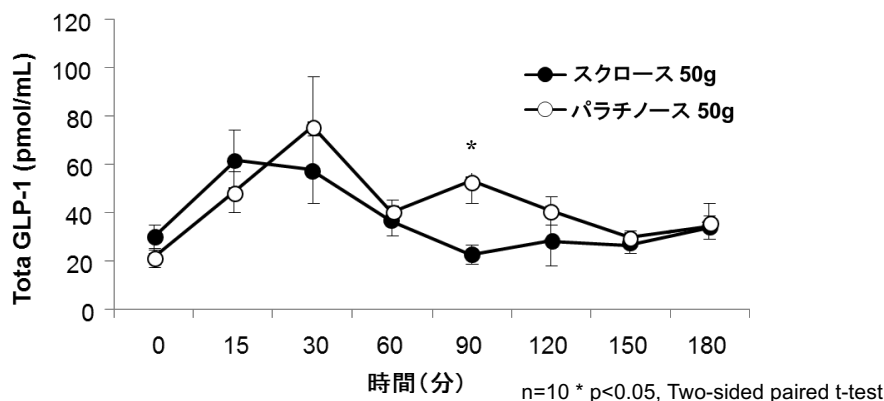


図 30 スクロースまたはパラチノース摂取が GLP-1 分泌に及ぼす影響

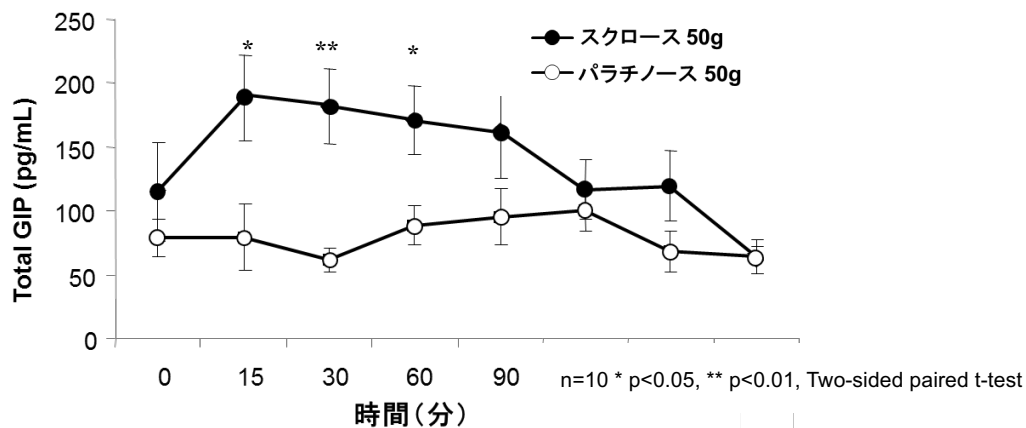


図 31 スクロースまたはパラチノース摂取が GIP 分泌に及ぼす影響

※GLP-1 は小腸下部に多く存在する L 細胞への糖質の刺激によって分泌され、胃排出能抑制、食欲抑制作用などにより満腹感を長く感じさせるホルモンです。また、血糖値に応じたインスリン分泌を促進し、ランゲルハンス島の  $\beta$  細胞の増殖作用、血糖を上昇させるホルモンであるグルカゴンの分泌抑制などの効果があり、2 型糖尿病治療の分野で注目を浴びています。

※GIP は小腸上部にある K 細胞への糖質の刺激によって分泌され、脂質や糖質の取り込みを促進することがわかっています。

さらに、日本人肥満男性 16 名（BMI 平均 27）に対して医師・栄養士による特定保健指導を行う際に、パラチノースの摂取がどのような影響を及ぼすかについて調査が行われています。

まず、特定健診の一環であるクッキーテスト※を施行する際に、20g のスクロースまたはパラチノースを同時に摂取してもらい、血糖、インスリン、GLP-1 に与える影響について二重盲検クロスオーバー試験を用いた比較が行われました。結果、パラチノースを同時摂取した場合のクッキーテスト時の GLP-1 分泌量は、スクロースを同時摂取した場合のクッキーテスト時に比べ有意に増加することが明らかとなりました（図 32）<sup>72)73)74)</sup>。

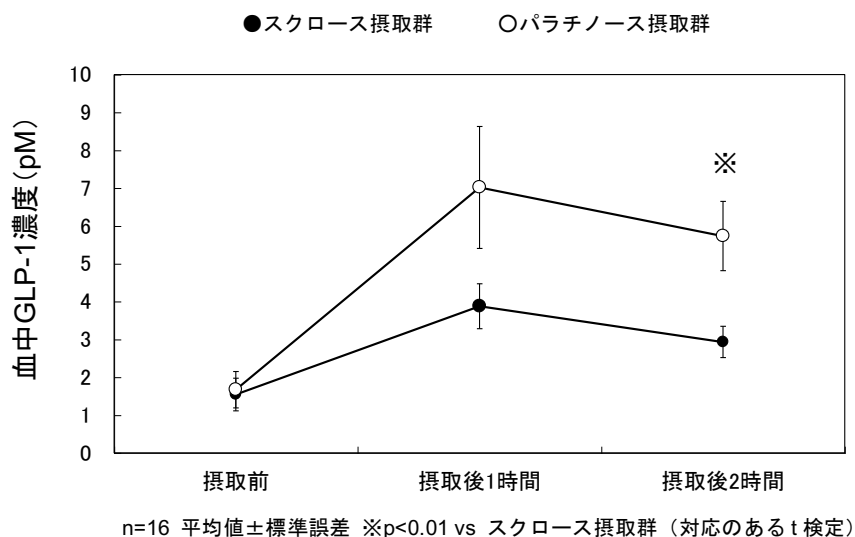


図 32 クッキーテスト時の GLP-1 の変動

※クッキーテストとは、被験者に一定量のクッキーを摂食してもらい、摂食前、摂取後 1 および 2 時間での採血を行う検査です。この検査は生活習慣病の主要代謝性因子である、耐糖能異常、高脂血症、高血圧、高インスリン血症、インスリン抵抗性が簡易に検出できるという特徴があります。

他にも、海外の2型糖尿病患者11名を対象とした試験では、体重1kgあたり1gのパラチノースの摂取によって、同じ量のスクロースの摂取と比べて、摂取60～210分後のGLP-1の分泌量が有意に増加し、摂取60～120分後のGIPの分泌量が有意に減少することが確認されています<sup>89)</sup>。

同様に、2型糖尿病患者10名を対象に50gのパラチノースを摂取したところ、同量のスクロースの摂取と比べて、摂取0～180分後のGLP-1の分泌量が有意に増加し、GIPの分泌量が有意に減少することが報告されています(図33)<sup>90)</sup>。

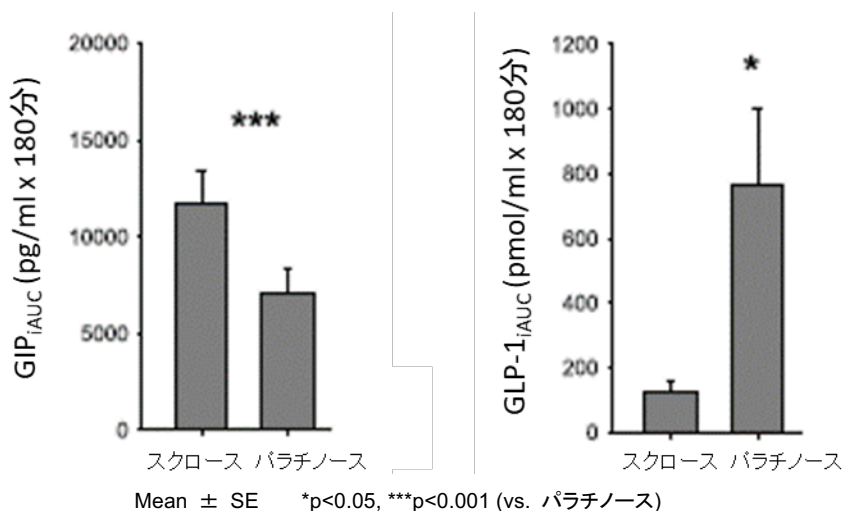


図33 2型糖尿病患者におけるGIP、GLP-1の変動

また、GLP-1産生細胞株を使った*in vitro*の試験では、GLP-1産生細胞にグルコースを投与した場合はGLP-1の分泌が見られたものの、スクロースやパラチノースの投与では分泌が起こらないことが確認されました<sup>91)92)</sup>。このことから、パラチノースによるGLP-1分泌の亢進は、パラチノースが小腸全体を使ってゆっくり分解され、小腸下部にてグルコースとして吸収されることが要因であると推測されます。

## 10-2. 空腹感の抑制

66名の若年女性を対象として75gのパラチノース、75gのグルコース、もしくは水を摂取して空腹感を測定した試験では、パラチノースは摂取150分後において空腹感を抑制していることが分かりました(パラチノース: 73.22 ± 5.55、グルコース: 100.31 ± 5.88、水 88.50 ± 5.55)<sup>93)</sup>。



また、9-2に記載されている運動後の摂取試験では、満腹感のVAS※による評価と、血液中のGLP-1濃度の測定も行われています。

この試験の結果、パラチノース摂取群において、果糖ブドウ糖液糖摂取群よりも感覚的な満腹感と血液中のGLP-1濃度が増加するという結果が得られています（図34）<sup>94)</sup>。

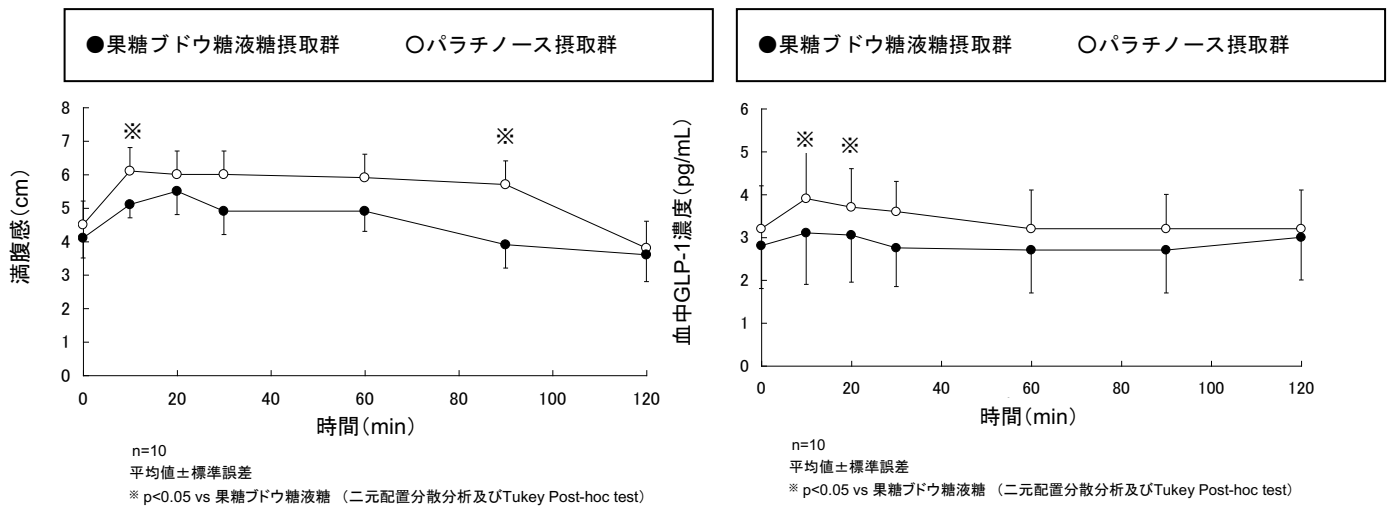
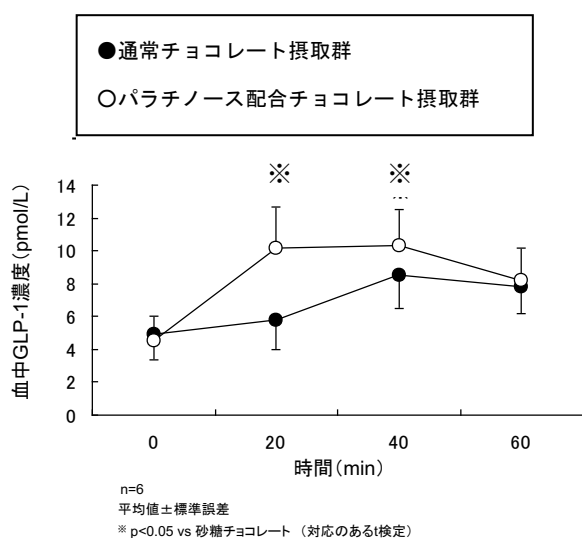


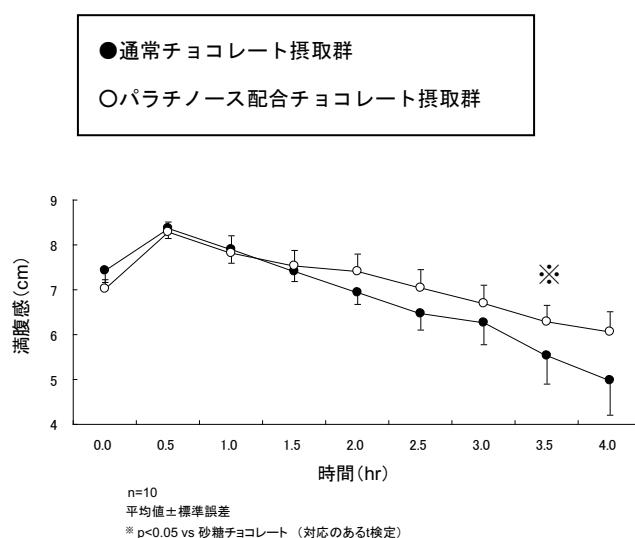
図 34 パラチノース摂取が満腹感と GLP-1 分泌に及ぼす影響

※Visual Analogue Scale。満腹感や痛みなどの感覚的な事象に関して、0 から 10 までの目盛りがついた直線状に主観的に印を記してもらう（例えば満腹感であれば、満腹でこれ以上食べられない場合は 10、限界まで空腹な場合は 0、満腹でも空腹でもない場合は 5、かなり空腹である場合は 2 など）ことで、感覚的な事象において数値での回答を得ることができる。

さらに、健康な成人6名を被験者とし、パラチノースを配合したチョコレートと通常のチョコレート（パラチノースを全てスクロースに置換）をダブルブラインド・クロスオーバー法にて摂取してもらい、経時的に採血し、血糖、インスリン、GLP-1濃度を測定する試験も行われています<sup>95)</sup>。その結果、パラチノースを配合したチョコレート摂取後の血糖上昇は通常のチョコレートに比べて有意に抑制された一方で、GLP-1の分泌が有意に増加しました（図35a）。さらに、これらのチョコレートの摂食時および摂食後の満腹感について、健康成人10名を被験者とし、同様にダブルブラインド・クロスオーバー法でそれぞれを摂取してもらい、VASによる評価が行われています<sup>95)</sup>。その結果、パラチノースを配合したチョコレートでは満腹感が有意に持続していました（図35b）。



**図 35a**  
チョコレート摂取時の GLP-1 の変化



**図 35b**  
チョコレート摂取時の満腹感の変化

### 10-3. 食欲を制御するホルモンに及ぼす影響

欧米における試験で、パラチノース摂取後はスクロース摂取後に比べ、摂取3時間後においてグレリン（空腹感を感じさせるホルモン）の分泌を抑制することが報告されています<sup>52)</sup>。

さらに8-3で述べた健康者50名を対象とした12週間の介入試験では、空腹時レプチン<sup>\*</sup>の量が有意に減少し、レプチンに対する感受性が高まったという結果が得られています<sup>67)</sup>。

※レプチンは脂肪細胞から分泌されるホルモンで、満腹感を感じさせるホルモンと言われています。ところが肥満になると、レプチンが分泌されても満腹感を感じにくくなるため、レプチンがより多く分泌されるようになります（レプチン抵抗性という）。空腹時のレプチンの量が少ないのは、レプチンに対する感受性が高い、つまり満腹感を感じやすい状態ということを示しています。

## 11. 脳機能維持・向上効果

糖は脳にとって不可欠な存在であり、糖の種類や供給形態が異なると脳へ与える影響も異なります。パラチノースは砂糖や他の糖に比べゆっくり吸収されることから、長時間にわたり脳機能を維持・向上する効果が期待されており、それを裏付けるような様々な研究結果が報告されています。

### 11-1. 注意力、計算および記憶能力維持効果

広範囲の脳機能領域を測定する Cognitrax<sup>®</sup>を用いて 40 名の健常な日本人男女を対象とした試験では、20g のパラチノースを摂取した際の単純注意力 (Simple attention) の標準化スコアの変化量において、同量のグルコースを摂取したときと比較して、摂取 60 分、180 分後では有意に高値を示しました (図 36)<sup>96)</sup>。また、持続的注意力 (Sustained attention) においても高い傾向を示しました。

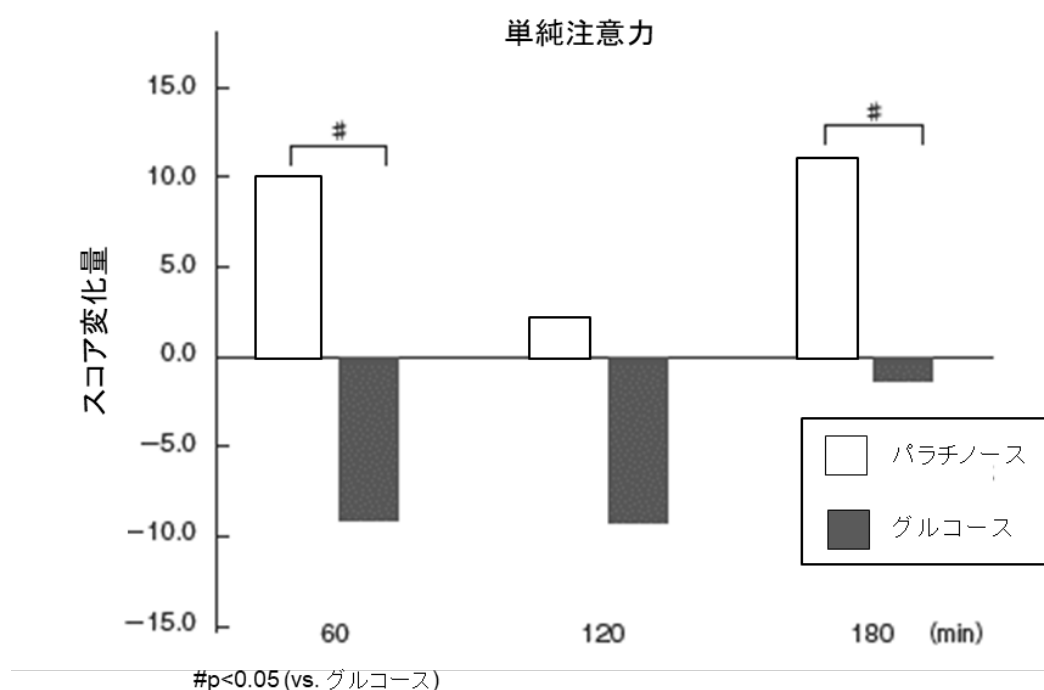
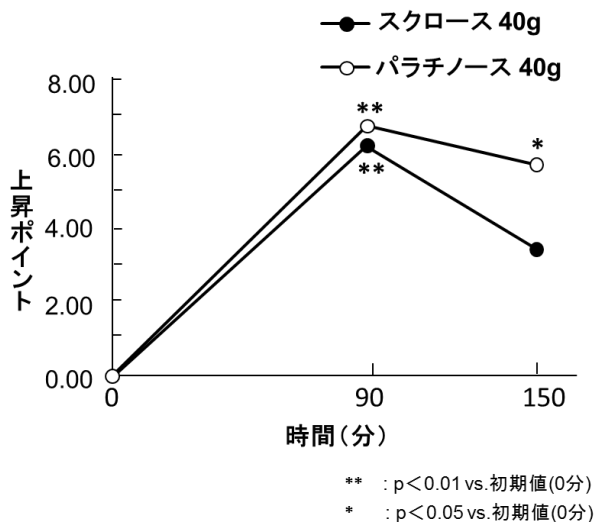


図 36 パラチノースまたはグルコース摂取後の単純注意力の変化

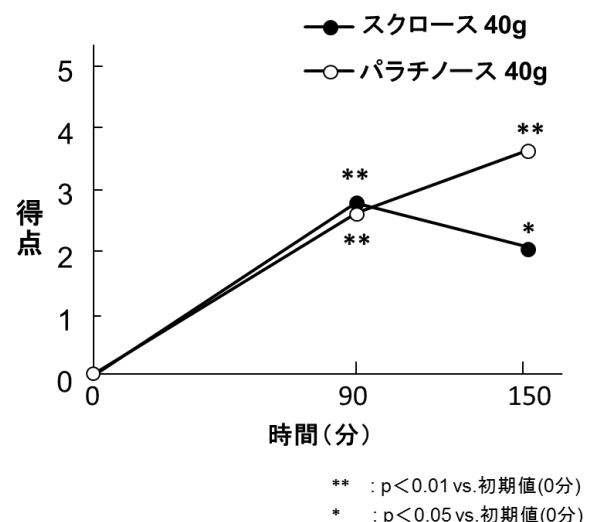
※Cognitrax : 米国の CNS Vital Signs 社が開発した、既存の認知機能検査を基にしたコンピューターを用いて実施する認知機能検査。記憶力・注意力・処理速度・実行機能等の様々な脳機能を測定することが可能。

また、スクロースまたはパラチノースをそれぞれ 40g ずつ摂取した場合の集中力に及ぼす影響について、内田クレペリンテストおよび系列記憶テスト<sup>97)</sup>を用いた評価試験が行われています。

スクロースやパラチノースの摂取により、内田クレペリンテストおよび系列記憶テストともに 90 分後のスコアが有意に増加しましたが、特にパラチノース摂取では 150 分の時点でも有意な増加が続くという結果が得られました（図 37a、b）。この結果は、パラチノースはスクロースより長く、少なくとも 150 分間は内田クレペリンテストや系列記憶テストのスコアを上昇・維持させる効果があることを示しています。



**図 37a**  
パラチノースまたはスクロース摂取が  
内田クレペリンテスト成果に及ぼす影響



**図 37b**  
パラチノースまたはスクロース摂取が  
系列記憶テスト成果に及ぼす影響

また、パラチノースは 5g の摂取であっても、糖を含まないプラセボ（アスパルテーム+アセスルファムカリウム）よりも、内田クレペリンテストのスコアを有意に上昇させることが報告されています<sup>97)</sup>。

特に耐糖能が良い被験者においてパラチノース配合食の摂取が、対照としたスクロース食やグルコース食よりも 195 分後の数字記憶能力を維持したとする報告があります<sup>98)</sup>。

さらには幼児用成育ミルクを模した飲料数種類を 5~6 歳児に摂取させた試験では、パラチノースを配合した成育ミルクはパラチノースを配合していない成育ミルクより、摂取 3 時間後の注意力の指標や数字に関する作業記憶力を低下させなかった、とする報告もあります<sup>99)100)</sup>。

## 11-2. 眠気の抑制効果

11-1 で述べた Cognitrix を用いた日本人男女を対象とした試験において、VAS によって被験者の主観的な眠気を測定したところ、グルコースの摂取と比較してパラチノースを摂取した場合、有意に眠気を抑制することが分かりました（図 38）<sup>96)</sup>。

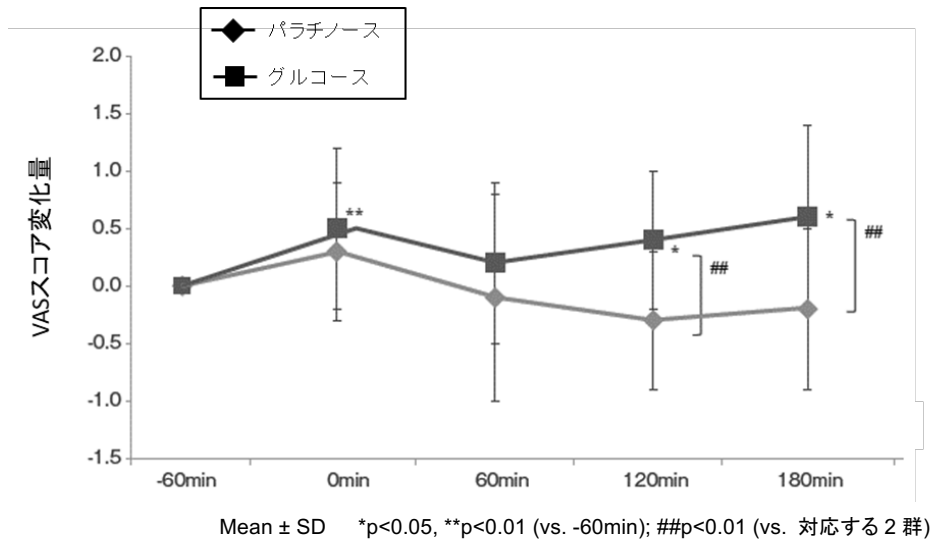


図 38 パラチノースまたはグルコース摂取後の眠気の変化

### 11-3. α波放出効果

スクロースまたはパラチノースをそれぞれ 40g ずつ摂取した後のα波<sup>\*</sup>の放出状況について評価する試験が行われています<sup>101)</sup>。

スクロースまたはパラチノース 40g を摂取させ、摂取前、摂取後、150 分後のα波を測定した結果、パラチノースを摂取した場合、摂取する前やショ糖を摂取した場合と比較してα波の放出率が有意に上昇しました (図 39a)。代表的な被験者のα波放出状況は図 39b のようになっていました。

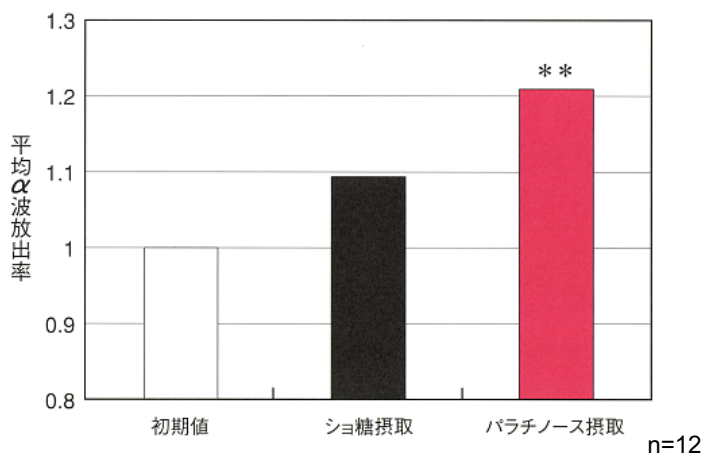


図 39a パラチノースまたはスクロース摂取がα波放出に及ぼす影響

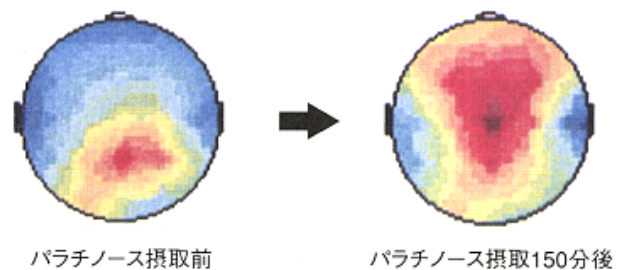


図 39b パラチノース摂取後にα波放出が増加した被験者の一例

以上からパラチノースはスクロースよりも長時間にわたり脳にα波を発生させやすい糖質であると考えられます。

※ヒトの脳波はその周波数の範囲から、 $\delta$ 波、 $\theta$ 波、 $\alpha$ 波、 $\beta$ 波といった分類されており、 $\delta$ 波は熟睡時、 $\theta$ 波はまどろみ状態に、 $\alpha$ 波は安静やリラックス時に、そして $\beta$ 波は興奮時にそれぞれ出現しやすくなるといわれています [エラー! 参照元が見つかりません](#)。そのため $\alpha$ 波は安静やリラックス、あるいは注意力の指標に使われることがあります。

#### 11-4. 脳機能についての考察

【11-1. 注意力、計算および記憶能力維持効果】および【11-2.  $\alpha$ 波放出効果】の結果を見ると、パラチノースの摂取は他の糖質と比較して好ましい脳機能向上・維持効果を持っていると推測されます。脳に関する研究は未知の部分も多く、現時点ではなぜこのような結果が得られているのか正確なメカニズムの解明には至っておりませんが、ここではパラチノースのこういった特性が脳機能向上・維持効果を示したかを、主に血糖値の変化に注目して推察してみます。

ヒトは脳内のニューロン（神経細胞）やグリア（神経膠細胞）、血液・脳関門などに存在する糖輸送体を経由して脳に糖を輸送していますが、この中でも血液・脳関門に存在する輸送体は血糖の影響を受けやすく、少しでも血液中のグルコース糖濃度が増すと、より脳にグルコースを多く送りやすくなります<sup>※</sup>。パラチノースはグルコースやスクロースと比較して急激な血糖値上昇を抑制するとともにその後の低下をも防ぐことで、長時間において血糖値を高めに維持するという報告があります<sup>20)21)</sup>。この持続性が脳にグルコースを送りやすい状態を長く作り出し、スコアを持続できた一因となったものと推察されます。

糖の種類や摂取形態を変化させることで、実際に脳機能に関するスコアに差が表れるという報告は他にも存在しており、例えば低GIな糖質を含む朝食の摂取は朝食抜きの場合よりも注意力や集中力が高く、高GIな糖質を含む朝食の摂取よりも120分後の短期記憶能力が有意に向上し、正答率も高かったという報告などが例として挙げられます<sup>103)</sup>。

また近年、生活習慣病の有無、あるいはその予防の有無が、老化に伴う長期的な意味での脳機能の低下に影響するという報告もあります。インスリン抵抗性が亢進しているとアルツハイマー病のリスクが高まること<sup>104)</sup>、肥満に生活習慣病のリスク因子が重なるほど認知機能スコアが低下するということ<sup>105)</sup>などが報告されています。

以上から、パラチノースのように血糖値の変化が穏やかで、かつ生活習慣病の予防に貢献する糖質は、より長い時間にわたり脳機能を維持・向上させるだけでなく、長期的な脳機能の維持についても役に立つ可能性があると言えるでしょう。

今後研究が進めば、糖と脳との複雑な関係が明らかになっていくものと期待されます。

※ 血液・脳関門輸送体のKm値（輸送体のブドウ糖に対する親和性）は、概ね6~8mMのオーダーであり、通常の血糖濃度（=グルコースの濃度、5mM前後）よりも少し高い値と報告されているため、通常の血糖濃度ではこの輸送体は十分飽和されていません。ですが、両者の値がかなり近いいため、少し血糖濃度が上がっただけでも輸送能力に大きな影響をおよぼし、脳内へグルコースが入りやすくなります [エラー! 参照元が見つかりません](#)。

## 12. 実用例

パラチノースは血糖値が上昇しにくく、インスリン低刺激性であり、他の糖質の血糖値上昇抑制効果、血糖の安定化による低血糖の回避、インスリン使用量の減量やインスリン抵抗性の改善、栄養状態の改善、肥満の改善等、様々な利用可能性があることが数多く報告されています。以下にパラチノースの実用例、応用例を紹介します。

### 12-1. 短期実用例

- 小児 1 型糖尿病患者への甘味料 <sup>107)108)109)110)</sup>

小児 1 型糖尿病患者に対し、6 日間・全 15 食に甘味料としてパラチノース配合糖（スクロース：パラチノース＝1：1）を使用した。この際に、下痢や腹痛などの消化器症状を示す人は現れませんでした。

小児 1 型糖尿病患者 11 名を対象とし、パラチノース配合糖とスクロース摂取による血糖値上昇を比較検討したところ、スクロース摂取後は有意に血糖値が上昇したのに対し、パラチノース配合糖摂取の場合は有意差が認められませんでした。また、スクロース摂取後に 1 名に低血糖が観察されたのに対し、パラチノース配合糖摂取では観察されませんでした。

小児 1 型糖尿病患者 19 名を対象とし、パラチノース配合糖を摂取した場合の血糖維持作用について、スクロースの場合と比較検討したところ、パラチノース配合糖を用いたおやつを摂取した場合には食後 2 時間においても血糖値が維持されていたのに対し、スクロースで作ったおやつを摂取した場合には食後 2 時間において血糖値が減少傾向にありました。

- 調理や菓子

2 型糖尿病患者がパラチノースを配合したチョコレート 50g（糖質 24.2g、うちパラチノース 10g 配合）を摂取したところ、パラチノースをすべてスクロースで置き換えたチョコレートを摂取した場合より、摂取後の血糖値上昇が有意に抑制されました <sup>111)</sup>。

実験動物、健常成人及び 1 型糖尿病患者でパラチノース配合アイスと、通常のアイス（いずれも難消化性デキストリン入り）を摂取したところ、いずれの集団においてもパラチノース配合アイスを摂取した群は、通常のアイスを摂取した群と比較して摂取後の血糖値上昇が抑制されました <sup>112)</sup>。

かぼちゃ、さつまいもの煮物、棒状クッキー、マドレーヌ、ショートケーキの原料としてスクロースまたはパラチノースを使用して調理し、それぞれの食品摂取後の血糖値変化を比較検討したところ、いずれの食品においてもパラチノースを使用した食品の方が摂取後の血糖値上昇が有意に抑制されました <sup>113)</sup>。

健康なボランティア学生 37 名を対象に、スクロース（17.0g）のみを使用した大福を摂取する群と、スクロース（10.2g）とパラチノース（6.8g）を併用した大福を摂取する群の 2 群に分け、大福摂取後の血糖値の変化を検討したところ、パラチノースが入った大福を摂取した群において、摂取後の血糖値上昇が有意に抑制されました <sup>114)</sup>。

- 糖尿病性腎症患者向けのエネルギー補給食品<sup>115)116)117)</sup>

市販のマルトオリゴ糖とスクロースからなるエネルギー補給用ゼリーと、その糖質の一部をパラチノースで置き換えたゼリーを、それぞれ健康な男性 21 名に摂取してもらい、血糖値の推移を調査したところ、パラチノース配合ゼリーを摂取したほうが摂取 45 分後の血糖値上昇が有意に抑制されました。また、同様のゼリーをそれぞれ健康な男性 7 名に摂取してもらい、血糖値および血中インスリン濃度の推移を調査したところ、パラチノース配合ゼリーを摂取したほうが摂取 60 分後の血糖値および血中インスリン濃度が有意に抑制されました。
- 手術後の患者向けの流動食

食道切除術後の患者群にパラチノース配合流動食を使用したところ、通常の流動食を使用した群よりも食後血糖値が有意に低値を示し、血糖値の日内変動も安定しました<sup>118)</sup>。

## 12-2. 中長期実用例

- 耐糖能異常者向けの流動食

インスリンを使用している 2 型糖尿病患者群において、パラチノース配合流動食を使用したところ、パラチノース配合流動食を使用した群は、通常の流動食を使用した群に比べ、空腹時及び食後血糖の有意な低下と、1 日あたりの平均インスリン必要量の有意な減少が認められました<sup>42)</sup>。

インスリンを使用している 2 型糖尿病患者群において、パラチノース配合流動食を使用したところ、血糖値の日内変動の安定やインスリン使用量の減量が可能となりました<sup>119)</sup>。

糖尿病合併高齢者 2 名にパラチノースを配合した流動食を使用したところ、1 名ではインスリン使用量の減量が、もう 1 名では血糖コントロールを悪化させずに栄養状態の改善を行うことができたという症例報告があります<sup>120)</sup>。

パラチノースを配合した流動食を 3 ヶ月間朝食に含めて投与した糖尿病患者群では、HbA1c の改善効果が見られ、境界型糖尿病患者では体重、体脂肪率が減少しました<sup>121)122)</sup>。

境界型糖尿病と診断されたヒトを被験者として、パラチノースが配合された流動食を長期投与したところ、非摂取群に比べてヒップ周囲径、腹部脂肪面積、拡張期血圧、遊離脂肪酸濃度の有意な低下が確認されました<sup>123)</sup>。
- 2 型糖尿病患者への甘味料

中高年の 2 型糖尿病患者にパラチノースを長期間使用したところ、食後の血糖値の抑制とインスリンの節約、HbA1c の改善、薬剤使用量の軽減、肥満改善結果が得られたという症例報告があります<sup>124)</sup>。
- 女子中高生へのパラチノースおよびカスピ海ヨーグルト摂取試験

食育検診に参加した女子中高生を対象とし、パラチノースやカスピ海ヨーグルトを使用した菓子類を、4 週間にわたり朝食摂取時または夕食前の間食時に摂取してもらったところ、血糖値が高めの群においてインスリンの有意な低下と、HOMA-IR の有意な改善が確認された<sup>125)</sup>。



### 13. まとめ

パラチノースはスクロースから作られる天然の甘味料であり、世界各地で一般食品、飲料、医療食等に用いられている安全な糖質です。パラチノースは小腸でゆっくりかつ完全に消化吸収されるため、下痢の心配は無く、4 kcal/g を有しており、虫歯の原因とならず、スクロースによる虫歯を抑える効果があります。

パラチノースは摂食後の高血糖や高インスリンを引き起こさないだけでなく、砂糖をはじめとする同時に摂取した他の糖質による高血糖を抑制する働きもあります。また、パラチノースは膵臓に与える負担が小さく、内臓脂肪が蓄積しにくい糖質であるため、肥満や食後高血糖に起因する生活習慣病の予防のため、あるいは耐糖能が低下した人が栄養を補給するために適した糖質です。

さらにパラチノースは持続的な糖質の供給や脂肪燃焼の維持のために適しており、空腹感の抑制によるカロリーコントロールが行える可能性もあることから、アスリート、あるいは健康維持やダイエットのために運動を行う人のために適した糖質でもあります。

今日に至るまで数多くの報告があり、今後のさらなる研究が期待されています。

本書は様々な企業・団体の情報提供をもとに、パラチノースについて現在までに得られた生理学的なエビデンスに関する概要書とすべく作成致しました。情報提供を頂きました多くの企業・団体、先生方に御礼申し上げ、本書が皆様にとって糖質の「質」の重要性を認識する一助となり、引いては我が国の健康増進に寄与できますことを願うものであります。

## 引用・参考文献

- 1) I. R. Siddiqui and B. Furgala, Isolation and characterization of oligosaccharides from honey. Part I . Disaccharides. *Journal of Apicultural Research*, 6(3), 139-145, 1967
- 2) Nicholas H. Low and Peter Sporns, Analysis and quantitation of minor di- and trisaccharides in honey, using capillary gas chromatography. *Journal of Food Science*, 53(2), 558-561, 1988
- 3) Nicholas H. Low, Donald L. Nelson and Peter Sporns, Carbohydrate analysis of western Canadian honeys and their nectar sources to determine the origin of honey oligosaccharides. *Journal of Apicultural Research*, 27(4), 245-251, 1988
- 4) 中島良和、パラチノースの製法と用途、*澱粉科学*、35(2), 131-139, 1988
- 5) B. A. R. Lina, D. Jonker and G. Kozianowski, Isomaltulose (Palatinose): a review of biological and toxicological studies. *Food and Chemical Toxicology*, 40, 1375-1381, 2002
- 6) 太田裕美子、田中睦生、江橋正、中島良和、パラチノースオリゴ糖の in vitro の消化試験、*精糖技術研究会誌*、39, 15-19, 1991
- 7) 合田敏尚・細谷憲政、ラット小腸粘膜の二糖類水解酵素によるパラチノースの水解について、*日本栄養・食糧学会誌*、36(3), 169-173, 1983
- 8) 星猛・藤田道也編集、*新生理科学大系(第18巻)消化と吸収の生理学*、(株)医学書院、p.140-141, 1988年発行
- 9) 丸尾文治・田宮信雄監修、*酵素ハンドブック*、(株)朝倉書店、p.497, p.508-509, 1986年発行
- 10) 樫村淳、中島良和、辨野義己、光岡知足、パラチノースとその縮重合物投与におけるヒト腸内フローラの比較、*日本栄養・食糧学会誌*、43(3), 175-180, 1990
- 11) 殿内秀和、山路健人、佐藤秋菜、小金井恵、樫村淳、鈴木康史、奥野雅浩、金子哲夫、瓜田純久、内田勝幸、佐々木一、糖質調整流動食インスロー®の糖質成分パラチノースの吸収・代謝に関するラット呼気試験による検討、*糖尿病*、51(Suppl1), s354, 2008
- 12) Tonouchi H, Yamaji T, Uchida M, Koganei M, Sasayama A, Kaneko T, Urita Y, Okuno M, Suzuki K, Kashimura J, Sasaki H. Studies on absorption and metabolism of palatinose (isomaltulose) in rats. *Br J Nutr.*, 105, 10-14, 2011
- 13) 堀内博、口腔内微小域 pH とその微生物相との関連性、昭和61年度科学研究費補助金(総合研究(A)、研究課題番号60304074)研究成果報告書、昭和62年3月
- 14) K. Ohta and I. Takazoe, Effect of isomaltulose on acid production and insoluble glucan synthesis by *Streptococcus mutans*. *Bull. Tokyo dent. Coll.*, 24(1), 1-11, 1983
- 15) 泉谷明、武井勉、大嶋隆、祖父江鎮雄、パラチノース配合キャンディーのヒトプラーク形成に及ぼす影響、*小児歯科学雑誌*、25(1), 142-147, 1987
- 16) T. Ooshima, A. Izumitani, S. Sobue, N. Okahashi and S. Hamada, Non-cariogenicity of the disaccharide palatinose in experimental dental caries of rats. *Infection and Immunity*, 39(1), 43-49, 1983
- 17) T. Ooshima, A. Izumitani, S. Sobue and S. Hamada, Cariostatic effect of palatinose on experimental dental caries in rats. *Japan J. Med. Sci. Biol.*, 36, 219-223, 1983
- 18) 荒木香織、佐野文美、手塚裕美子、宮坂清昭、佐久間理英、新井英一、市川陽子、砂糖代替物質としてのパラチノースの調理特異性の検討、第65回日本栄養・食糧学会大会講演要旨集、65, 197, 2011
- 19) Y. Tsuji, K. Yamada, N. Hosoya and S. Moriuchi, Digestion and absorption of sugars and sugar substitutes in rat small intestine. *J. Nutr. Sci. Vitaminol.*, 32, 93-100, 1986
- 20) K. Kawai, Y. Okuda and K. Yamashita, Changes in Blood Glucose and Insulin after an Oral Palatinose

- Administration in Normal Subjects. *Endocrinol. Japon.*, 32(6), 933-936, 1985
- 21) K. Kawai, H. Yoshikawa, Y. Murayama, Y. Okuda and K. Yamashita, Usefulness of palatinose as a caloric sweetener for diabetic patients. *Horm. Metabol. Res.*, 21, 338-340, 1989
  - 22) 坂崎未季、宮坂清昭、永井幸枝、パラチノースによる血糖値上昇抑制効果に関する定性的システマティック・レビュー、*日本食品科学工学会誌*、67(6)、193-202,2020
  - 23) L. Zhi-hong, F. Hua-di, Y. Bin, L. Yan-bing, H. Guo-liang, W. Jian-ping, 英語タイトル : Effect of Isomaltulose on Blood Glucose and Lipids of Diabetic Subjects. *Yingyang Xuebao Bianjibu*, 23(4), 373-375, 2001
  - 24) 樫村淳、永井幸枝、江橋正、パラチノースの血糖値抑制効果について、*日本栄養・食糧学会大会講演要旨集*, p.138, 2003
  - 25) 樫村淳、永井幸枝、清水健夫、江橋正、パラチノースに関する新たな知見、*精糖技術研究会誌*、51, 19-25, 2003
  - 26) H. Mori, M. Mori, Y. Yamori. Preventive Effect of Palatinose on the Risk of Lifestyle-related Disease. *Journal of Clinical Lipidology*, 2(5S), S190-S191, 2008
  - 27) 河野里美、佐久間理英、奥野雅浩、新井英一、パラチノース添加が他の糖質摂取による食後の血糖上昇を抑制する、*栄養学雑誌* 第 56 回日本栄養改善学会学術総会講演集, 67(5), 229, 2009
  - 28) 伊藤健太郎、小金井恵、柳樂明佳、藤原聖子、笹山秋菜、殿内秀和、金子哲夫、山地健人、食後高血糖抑制効果に及ぼす糖質調整流動食インスロー®の糖質組成に関する検討、*日本栄養食糧学会誌*, 126, 2009
  - 29) 荒木香織、佐野文美、手塚裕美子、宮坂清昭、望月和樹、新井英一、市川陽子、パラチノースを砂糖代替物質として使用した料理摂取による血糖およびインスリン上昇抑制効果、第 66 回日本栄養・食糧学会大会講演要旨集, 66, 216, 2012
  - 30) J. Kashimura and Y. Nagai, Inhibitory effect of palatinose on glucose absorption in everted rat gut. *J. Nutr. Sci. Vitaminol.*, 53. 87-89, 2007
  - 31) 樫村淳、永井幸枝、江橋正、合田敏尚、パラチノースが他の糖質の消化吸収に及ぼす影響について、第 59 回日本栄養・食糧学会大会講演要旨集、p.77、2005 年 5 月（東京）
  - 32) J. Kashimura, Y. Nagai and T. Goda, Inhibitory action of palatinose and its hydrogenated derivatives on the hydrolysis of alpha-glucosylsaccharides in the small intestine. *J. Agric. Food Chem.*, 56(14), 5892-5895, 2008
  - 33) H. Arai, A. Mizuno, M. Sakuma, M. Fukaya, K. Matsuo, K. Muto, H. Sasaki, M. Matsuura, H. Okumura, H. Yamamoto, Y. Taketani, T. Doi and E. Takeda, Effects of a palatinose-based liquid diet (Inslow) on glycemic control and the second-meal effect in healthy men. *Metabolism*, 56, 115-121, 2007
  - 34) 笹川克己、渡邊智昭、峰尾茂、佐藤真治、小西徹也、パラチノースのセカンドミール効果と摂食抑制効果、第 64 回日本栄養・食糧学会大会講演要旨集, 225, 2010
  - 35) 松澤佑次、藤田敏郎、門脇学、インスリン抵抗性、(株)医学書院、p.2,2006 年発行
  - 36) H. Lightowler, L. Schweitzer, S. Theis, C. J. Henry, Changes in Weight and Substrate Oxidation in Overweight Adults Following Isomaltulose Intake During a 12-Week Weight Loss Intervention: A Randomized, Double-Blind, Controlled Trial. *Nutrients*, 11(10), 2367, 2019
  - 37) M. Suzuki, D. Shindo, K. Goto, Y. Ohno, K. Miyasaka, M. Mizu, Effects of a palatinose-containing diet with exercise on progression of diabetic nephropathy and metabolic syndrome in obese-diabetic rats. *European Journal of Sports & Exercise science is an international*. 5(1), 27-36, 2017
  - 38) Y. Yamori, M. Mori, H. Mori, J. Kashimura, T. Sakuma, P. M. Ishikawa, E. Moriguchi and Y. Moriguchi, Japanese perspective on reduction in lifestyle disease risk in immigrant Japanese Brazilians: A double-blind, placebo-controlled intervention study on palatinose. *Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology*, 34, S5-S7,

2007

- 39) 森真理、森英樹、家森幸男、内臓脂肪蓄積と食品機能成分：特にスローカロリーシュガーについて—日本人の食生活と砂糖；新しい糖、スローカロリーシュガー、*Functional Food*, 1(2), 153-158, 2008
- 40) M. Mori, E. Moriguchi, H. Mori, P. Ishikawa, T. Sakuma, Y. Moriguchi, Y. Yamori. The Effect of Palatinose on Blood Pressure and Visceral Fat in Male Japanese Brazilians. 18th Congress of the International Association of Gerontology. June 26-30, Brazil, 2005
- 41) M. Okuno, J. Kashimura, K. Suzuki, M. Mori, H. Mori and Y. Yamori, Palatinose Reduces the Risk of Metabolic Syndrome. *J. Clin. Biochem. Nutr.*, 41(suppl), 130, 2007
- 42) 水谷武雄、機能的食品素材としてのパラチノース、*New Food Industry*, 31(10), 1989
- 43) 鈴木正成、中村幸代、下村吉治、水谷武雄、高脂肪食に添加する糖質の種類による体脂肪蓄積効果の比較：パラチノース、還元パラチノース、砂糖、第43回日本栄養・食糧学会総会講演要旨集, 159, 1989
- 44) J. Kashimura and Y. Nagai, Addition Ratio of Palatinose and Body Fat Accumulation in Mice. *Food Sci. Technol. Res.*, 13(1), 81-84, 2007
- 45) 仲田朱妙、竹石欣司、笹川克己、峰尾茂、佐藤真治、小西徹也、坂口英、耐糖能悪化に対するパラチノースの予防効果、第62回日本栄養・食糧学会大会講演要旨集, 188, 2008
- 46) 小堀欣司、笹川克己、峰尾茂、佐藤真治、小西徹也、坂口英、メタボリック症候群の発症予防におけるパラチノースの有用性、日本薬学会第129年会要旨集, 2009
- 47) 岩澤美佐子、坂口英、ラットの体成分蓄積に及ぼすフラクトオリゴ糖及びパラチノースの効果、日本栄養・食糧学会大会講演要旨集, p.138, 2003
- 48) 岩澤美佐子、西山紋恵、坂口英、ラットの体成分蓄積に及ぼすフラクトオリゴ糖とパラチノースの効果、草食実験動物, 28, 51-63, 2004
- 49) S. Ishikawa, M. Sakurai, Y. Nomi, K. Sasagawa, K. Koshinaka, S. Sato. Effect of isomaltulose on skeletal muscle in high-fat/ high-sugar-fed rat. 第69回日本栄養・食糧学会大会講演要旨集, 69, 353, 2015
- 50) 水本憲司、麻生高伸、有馬裕史、佐々木一、新井英一、武田英二、水野昭、糖質調整流動食の体脂肪蓄積抑制効果、*静脈経腸栄養*, 19(2), 79-85, 2004
- 51) 戸谷麻美、新井英一、桑田鮎美、深谷牧子、佐藤佳瑞智、小金井恵、佐々木一、山本浩範、竹谷豊、武田英二、2型糖尿病モデルラットの病態に及ぼすエネルギー制限下での糖・脂質の組合せ効果、*日本病態栄養学会誌*, 10(4), 493, 2007
- 52) J.G.P. van Can, T.H. IJzerman, L.J.C. van Loon, F. Brouns and E.E. Blaak, Reduced glycaemic and insulinaemic responses following isomaltulose ingestion: implications for postprandial substrate use. *British Journal of Nutrition*, 102(10), 1408-13, 2009
- 53) D. König et al. Postprandial substrate use in overweight subjects with the metabolic syndrome after isomaltulose(palatinose) ingestion. *Nutrition*, 28, 651-656, 2012
- 54) 山内達基、佐久間理英、太田紘之、新井英一、食後高脂血症に対するパラチノースの影響、*栄養学雑誌* 第58回日本栄養改善学会学術総会講演集, 69(5), 301, 2011
- 55) 鈴木正成、糖質の栄養と健康、*科学と工業*、61(1), 17-24, 1987
- 56) K. Matsuo, H. Arai, K. Muto, M. Fukaya, T. Sato, A. Mizuno, M. Sakuma, H. Yamanaka-Okumura, H. Sasaki, H. Yamamoto, Y. Taketani, T. Doi and E. Takeda, The Anti-Obesity Effect of the Palatinose-Based Formula Inslow is Likely due to an Increase of in the Hepatic PPAR- $\alpha$  and Adipocyte PPAR- $\gamma$  Gene Expressions. *J. Clin. Biochem. Nutr.*, 40, 234-241, 2007

- 57) S. Wakasugi, T. Mita, N. Katakami, Y. Okada, H. Yoshii, T. Osonoi, N. Kuribayashi, Y. Taneda, Y. Kojima, M. Gosho, I. Shimomura, H. Watada, Associations between continuous glucose monitoring-derived metrics and arterial stiffness in Japanese patients with type 2 diabetes. *Cardiovasc Diabetol*, 20(1), 15, 2021
- 58) R. Kobayashi, K. Sato, M. Sakazaki, Y. Nagai, S. Iwanuma, N. Ohashi, T. Hashiguchi, Acute effects of difference in glucose intake on arterial stiffness in healthy subjects. *Cardiology Journal*, 28(3), 446-452, 2021
- 59) R. Kobayashi, K. Sato, M. Sakazaki, Y. Nagai, T. Takahashi, K. Asaki, S. Iwanuma, N. Ohashi, T. Hashiguchi, Acute changes in arterial stiffness with palatinose versus glucose intake in elderly. *Cariol Cardiovasc Med*, 4(3), 144-157, 2020
- 60) R. Kobayashi, M. Sakazaki, Y. Nagai, K. Asaki, T. Hashiguchi, H. Neguro, Effects of different types of carbohydrate on arterial stiffness: A comparison of isomaltulose and sucrose. *Nutrients*, 13, 4493, 2021
- 61) E. D. Groot, L. Schweitzer, S. Theis, Efficacy of isomaltulose compared to sucrose in modulating endothelial function in overweight adults. *Nutrients*, 12, 141, 2020
- 62) E. Moriguchi, M. Mori, H. Mori, P. Ishikawa, T. Sakuma, Y. Moriguchi and Y. Yamori, The effect of Palatinose on atherogenic index and visceral fat in male Japanese Brazilians. XIV International Symposium on Atherosclerosis, June 18-22, Italy, 432, 2006
- 63) 森真理, 森口エミリオ, 森英樹, Paulo Ishikawa, Tatsuya Sakuma, 森口幸雄, 家森幸男, パラチノース摂取による腹部内臓脂肪および動脈硬化指数への効果～日系ブラジル人男性への影響～, 第 60 回日本栄養食糧学会講演要旨集, 368, 2006
- 64) M. Mori, J. Wen Xu, H. Mori, Z. Sixiu, W. Wentao, G. Hongwei, Y. Yamori, The Effect of Palatinose on Multiple Risk Factors in Cardiovascular Diseases in Chinese. *Journal of Clinical Lipidology*, 2(5S), S190, 2008
- 65) 小金井恵、藤原聖子、伊藤健太郎、山地健人、佐々木一、高橋毅、血糖コントロールによる糖尿病性血管障害予防効果, 第 65 回日本栄養・食糧学会大会講演要旨集, 65, 196, 2011
- 66) 関東繁、山口征司、奥野雅浩、水雅美、永井幸枝、櫻村淳、森山貴、内臓脂肪型肥満者における内臓脂肪蓄積に及ぼすパラチノース®配合糖摂取の影響、健康・栄養食品研究、11(4)、2008
- 67) M. Okuno, MK. Kim, M. Mizu, M. Mori, H. Mori and Y. Yamori, Palatinose-blended sugar compared with sucrose: different effects on insulin sensitivity after 12 weeks supplementation in sedentary adults. *Int. J. Food Sci. Nutr*, 61, 643-651, 2010
- 68) K. Sato, H. Arai, Y. Miyazawa, M. Fukaya, T. Uebanso, M. Koganei, H. Sasaki, T. Sato, H. Yamamoto, Y. Taketani and E. Takeda, Palatinose and oleic acid act together to prevent pancreatic islet disruption in nondiabetic obese Zucker rats. *The Journal of Medical Investigation*, 55, 183-195, 2008
- 69) 河野里美、佐久間理英、奥野雅浩、新井英一、パラチノースの長期投与が膵臓機能に与える影響、第 64 回日本栄養・食糧学会大会講演要旨集, 134, 2010
- 70) M. Sakuma, H. Arai, A. Mizuno, M. Fukaya, M. Matsuura, H. Sasaki, H. Yamanaka-Okumura, H. Yamamoto, Y. Taketani, T. Doi, and E. Takeda. Improvement of Glucose Metabolism in Patients with Impaired Glucose Tolerance or Diabetes by Long-Term Administration of a Palatinose-Based Liquid Formula as a Part of Breakfast. *J. Clin. Biochem. Nutr.*, 45, 155-162, 2009
- 71) 上原昌哉、谷口佳奈子、碓富美子、大島さおり、安達きみ子、インスリン使用 2 型糖尿病患者に対するインスロ一の効果、日本病態栄養学会誌、10(3)、281-285, 2007
- 72) 前田亜耶、寒川淑子、芝地美樹、奥野雅浩、原納晶、渡會隆夫、原納優、MetS 又は予備群に対するクッキーテストによる特定保健指導の動機付け及び対策、第 29 回日本肥満学会プログラム・抄録集, 131, 2008

- 73) 寒川淑子、前田亜耶、奥野雅浩、原納晶、原納優、メタボリック症候群（MS、疑）例に対するクッキーテストによる動機付け及び食事・運動療法の指標としての意義、糖尿病, 52, S1, S252, 2009
- 74) 奥野雅浩、水雅美、永井幸枝、パラチノース®のメタボリックシンドローム予防効果、New Food Industry, 51(11), 2009
- 75) Finkel T, Holbrook NJ. Oxidants, oxidative stress and the biology of ageing. *Nature*, 9, 408(6809), 239-47, 2000
- 76) H. L. Notbohm, J. F. Feuerbacher, F. Papendorf, N. Friese, M. W. Jacobs, H. Predel, J. Zacher, W. Bloch, M. Schumann, Metabolic, hormonal and performance effects of isomaltulose ingestion before prolonged aerobic exercise: a double-blind, randomised, cross-over trial. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 18, 38, 2021
- 77) D. König, D. Zdzieblik, A. Holz, S. Theis, A. Gollhofer, Substrate utilization and cycling performance following palatinose™ ingestion: a randomized, double-blind, controlled trial. *Nutrients*, 8, 390, 2016
- 78) E. J. Stevenson, A. Watson, S. Theis, A. Holz, L. D. Harper. M. Russell, A comparison of isomaltulose versus maltodextrin ingestion during soccer-specific exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 117, 2321-2333, 2017
- 79) S. M. Schmitz, J. E. Hofheins, R. Lmieux, Nine weeks of supplementation with a multi-nutrient product augments gains in lean mass, strength, and muscular performance in resistance trained men. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 7, 40, 2010
- 80) J Achten, R L Jentjens, F Brouns, A E Jeukendrup, Exogenous Oxidation of Isomaltulose Is Lower than That of Sucrose during Exercise in Men. *The Journal of Nutrition*, 137, 1143-1148, 2007
- 81) D. König, W. Luther, V. Polland, A. Berg, Carbohydrates in sports nutrition impact of the glycemic index. *Agro Food*, 18(5), IX-X, 2007
- 82) MK. Kim, M. Okuno, T. Matsuo, MJ. Kim, K. Suzuki and K. Tanaka, Effects of Palatinose vs high-fructose corn syrup-induced substrate and metabolite after submaximal exercise in obese men. 13th annual congress of the ECSS (European College of Sport Science) book of abstracts, Estoril- Portugal, 361-362, 2008
- 83) 笹川克己、石川修平、峰尾茂ほか、イソマルチュロースが肝臓・骨格筋のグリコーゲン蓄積に及ぼす影響—運動能力を向上させる可能性の検討—、日本栄養食糧学会誌, 67 161, 2013
- 84) K. Koshihaka, R. Ando, A. Sato, Short-term replacement of starch with isomaltulose enhances both insulin-dependent and -independent glucose uptake in rat skeletal muscle. *Journal of Clinical Biochemistry and Nutrition*, 63(2), 113-122, 2018
- 85) M. Miyashita, Y. Hamada, K. Fujihira, S. Namura, M. Sakazaki, K. Miyasaka, Y. Nagai, The effects of isomaltulose ingestion on gastric parameters and cycling performance in young men. *Journal of Exercise Science & Fitness*, 17, 101-107, 2019
- 86) T. Amano, S. Katayama, Y. Okamoto, J. Otsuka, N. Fujii, G. P. Kenny, T. Nishiyasu, Y. Enoki, D. Maejima, Comparisons of isomaltulose, sucrose, and mixture of glucose and fructose ingestions on postexercise hydration state in young men. *European Journal of Nutrition*, 60(8), 4519-4529, 2021
- 87) 前田亜耶、美内雅之、永井悦子、徳田八大、楠宜樹、村井一樹、勝野朋也、宮川潤一郎、難波光義、原納優、天然二糖類(パラチノース及びスクロース)が健常人の血糖およびインクレチン分泌に与える影響、第 54 回日本糖尿病学会年次学術集会抄録集, 54, S129, 2011
- 88) A. Maeda, J. Miyagawa, M. Miuchi, E. Nagai, K. Konishi, T. Matsuo, M. Tokuda, Y. Kusunoki, H. Ochi, K. Murai, T. Katsuno, T. Hamaguchi, Y. Harano, M. Namba. Effects of the naturally-occurring disaccharides, palatinose and

- sucrose, on incretin secretion in healthy non-obese subjects. *Journal of Diabetes Investigation*, 4, 281-286, 2013
- 89) M. Ang, T. Linn, Comparison of the effects of slowly and rapidly absorbed carbohydrates on postprandial glucose metabolism in type 2 diabetes mellitus patients: a randomized trial. *The American journal of clinical nutrition*, 100(4), 1059-1068, 2014.
- 90) F. Keyhani-Nejad, M. Kemper, R. Schueler, O. Pivovarova, N. Rudovich, A. F.H. Pfeiffer, Effects of palatinose and sucrose intake on glucose Metabolism and incretin secretion in subjects with type 2 diabetes. *Diabetes Care*, 39, e38-e39, 2016
- 91) 比良徹、村松茉耶、奥野雅浩、原博、パラチノースによる GLP-1 分泌促進機構の解析、第 31 回日本肥満学会プログラム・抄録集, 171, 2010
- 92) T Hira.,M Muramatsu., M Okuno, H Hara, GLP-I Secretion in Response to Oral and Luminal Palatinose (Isomaltulose) in Rats. *J Nutr Sci Vitaminol*, 57,30-35, 2011
- 93) H. A. Young, H. Watkins, Eating disinhibition and vagal tone moderate the postprandial response to glycemic load: a randomised controlled trial. *Scientific reports*, 6, 35740, 2016
- 94) 金孟奎、金美芝、田中喜代次、Effects of high-fructose corn syrup and palatinose consumption on circulating glucagons-like peptide-1 and appetite after submaximal exercise in obese men. 第 63 回日本体力医学会大会予稿集, 233, 2008
- 95) 前田亜耶、奥野雅浩、笹川克己、寒川淑子、塩山摩矢、原納晶、原納優、パラチノース®配合チョコレート の血糖上昇軽減及び癒し効果について、第 31 回日本臨床栄養学会総会講演要旨集, 190, 2009
- 96) M. Sakazaki, K. Miyasaka, Y. Ngai, Y. Ide, S. Imai, R. Takeda, The effect of Palatinose intake on cognitive function - A randomized double-blind placebo-controlled crossover study -. *薬理と治療*, 47(3),437-443, 2019
- 97) 櫻村淳、永井幸枝、清水建夫、江橋正、パラチノースに関する新たな知見, *精糖技術研究会誌*, 51, 19-25(2003)
- 98) H. Young, D. Benton. The glycemic load of meals, cognition and mood in middle and older aged adults with differences in glucose tolerance: A randomized trial. *e-SPEN Journal*, 9, e147-e154, 2014
- 99) Mohd NMT, Zalilah MS, Keith A.W, Hazizi AS, Sarina S, The effect of high lactose-isomaltulose on cognitive performance of young children. A double blind cross-over design study. *Appetite*, 58, 81-87, 2012
- 100) R. Sekartini, T. Wiguna, S. Bardosono, D. Novita, T. Arsianti, W. Calame and A. Schaafsma. The effect of lactose-isomaltulose-containing growing-up milk on cognitive performance of Indonesian children: a cross-over study. *British Journal of Nutrition*, 110, 1089-1097, 2013
- 101) Y. Nagai, H. Sato, J. Kashimura, T. Ebashi and Y. Machi. Effect of palatinose administration on  $\alpha 1$  brain waves in human volunteers. *Food Sci. Technol. Res.* 9,357-360, 2003
- 102) 永井幸枝、パラチノースのリラックス効果、*食品工業*、42-47, 2003
- 103) S. B. Cooper, S. Bandelow, M. L. Nute, J. G. Morris, M. E. Nevill, Breakfast glycaemic index and cognitive function in adolescent school children. *British Journal of Nutrition*, 107(12), 1823 - 1832, 2012
- 104) K. Talbot, H. Wang, H. Kazi, L. Han, K. P. Bakshi, A. Stucky, R. L. Fuino, K. R. Kawaguchi, A. J. Samoyedny, R. S. Wilson, Z. Arvanitakis, J. A. Schneider, B. A. Wolf, D. A. Bennett, J. Q. Trojanowski, S. E. Arnold, Demonstrated brain insulin resistance in Alzheimer's disease patients is associated with IGF-1 resistance, IRS-1 dysregulation, and cognitive decline. *J Clin Invest.*, 122(4), 1316-1338, 2012
- 105) A. Singh-Manoux, S. Czernichow, A. Elbaz, A. Dugravot, S. Sabia, G. Hagger-Johnson, S. Kaffashian, M. Zins, E. J. Brunner, H. Nabi, M. Kivimäki, Obesity phenotypes in midlife and cognition in early old age: the Whitehall II cohort study. *Neurology*, 79(8), 755-762, 2012

- 106) 中川八郎 脳の栄養—脳の活性化法を探る、共立出版, pp34, 1988
- 107) 西村一弘、藤原恵子、鈴木順子、川越智子、福島芳子、江田幸太郎、鈴木康史、酒井雅司、貴田岡正史、武居正太郎、兼松幸子、佐々木香織、小児1型糖尿病患者における甘味料（パラチノース配合糖）の検討、日本病態栄養学会要旨集, 9(4), 388, 2006
- 108) 西村一弘、藤原恵子、鈴木順子、川越智子、酒井雅司、調進一郎、佐久間昭子、加藤恭子、江田幸太郎、鈴木康史、武居正太郎、兼松幸子、佐々木香織、小児1型糖尿病患者に対するパラチノースの血糖上昇抑制作用の検討、日本病態栄養学会要旨集, 9(4), 485, 2006
- 109) 西村一弘、藤原恵子、鈴木順子、川越智子、酒井雅司、調進一郎、佐久間昭子、加藤恭子、江田幸太郎、鈴木康史、和田安代、武居正太郎、兼松幸子、佐々木香織、小児1型糖尿病患者に対するパラチノースの血糖上昇抑制作用の検討第Ⅱ報、日本病態栄養学会要旨集, 10(4), 478, 2007
- 110) 西村一弘、藤原恵子、鈴木順子、川越智子、靱山智子、佐々木雅子、松堂亜沙美、酒井雅司、調進一郎、佐久間昭子、江田幸太郎、鈴木康史、武居正太郎、兼松幸子、佐々木香織、小児1型糖尿病患者に対するパラチノースの血糖維持作用の検討、日本病態栄養学会要旨集, 11(5), 139, 2008
- 111) 前田亜耶、笹川克己、奥野雅浩、小笠原力一、原納優、パラチノース®配合チョコレート®の血糖上昇軽減効果とその意義、第57回日本栄養改善学会学術総会講演要旨集, 393, 2010
- 112) 藤原恵子、西村一弘、酒井雅司、兼松幸子、武居正太郎、麻生高伸、有馬裕史、高見正雄、佐々木香織、食後血糖上昇を穏やかにするパラチノース配合アイスの作用について—ラット、健常成人および1型糖尿病患者への作用—、日本病態栄養学会誌, 9(3), 283-288, 2006
- 113) 前田亜耶、寒川淑子、奥野雅浩、原納晶、渡會隆夫、原納優、食後血糖抑制に関するパラチノース®の砂糖代用甘味料としての効果とその意義、第30回日本臨床栄養学会総会講演要旨集, 223, 2008
- 114) 山本友香、中村吉博、山本祐輝、吉見佳子、三田加那恵、斉藤理、岩崎育夫、奥野雅浩、前田亜耶、原納優、植田福裕、パラチノースを使用した大福餅の血糖降下作用、日本病態栄養学会要旨集, 11(5), 108, 2008
- 115) 白石優子、前田亜耶、高野しおり、奥野雅浩、渡會隆夫、原納優、腎臓病用エネルギー補給食品へのパラチノース®の応用、栄養学雑誌 第55回日本栄養改善学会学術総会講演集, 66(5), 147, 2008
- 116) 前田亜耶、白石優子、高野しおり、奥野雅浩、福原公昭、渡會隆夫、原納優、糖尿病性腎症向けエネルギー補給食品へのパラチノース®の応用、新薬と臨床, 57(10), 108-114, 2008
- 117) 福原公昭、檜垣仁、奥野雅浩、渡會隆夫、原納優、糖尿病性腎症向けエネルギー補給用ゼリーへのパラチノースの応用、日本缶詰協会 第57回技術大会プログラム, 13, 2008
- 118) M. Egi, Y. Toda, H. Katayama, M. Yokoyama, K. Morita, H. Arai, T. Yamatsuji, M. Bailey and Y. Naomoto Safer glycemic control using isomaltulose-based enteral formula: A pilot randomized crossover trial. Journal of Critical Care, 25, 90-96, 2010
- 119) 近藤秀士、糖質調整栄養補助食品（グルコパル™）が血糖コントロールに有用であった糖尿病の1例、栄養-評価と治療, 24(6), 102(606)-105(609), 2007
- 120) 吉田貞夫、粉川洋幸、糖尿病合併高齢者に対する糖質調整栄養補助食品リソース®・グルコパル™の使用経験、臨床栄養, 111(6), 795-801, 2007
- 121) 庄司有里、新井英一、水野昭、佐々木一、水元憲司、有馬裕史、松浦基、粟根尚美、竹谷豊、土井俊夫、武田栄治、新規流動食（MHN-01）および従来流動食（SBF）の食後高血糖およびインスリン分泌量の比較、日本病態栄養学会誌, 6(3), 303-309, 2003
- 122) 樫村淳、永井幸枝、佐々木一、パラチノースの糖質コントロールについて、精糖技術研究会誌, 54, 1-8, 2006
- 123) 大泉俊英、亀田亘、山口宏、大沼寛、佐々木一、大門眞、加藤丈夫、糖質調整流動食（InslowR）の長期投与にお



- ける脂肪蓄積予防効果と諸相、糖尿病, 48(S2), 285, 2005
- 124) 西村一弘、病者用食品（栄養補助食品）を用いた2型糖尿病の主要栄養素の補給・抑制、Nutrition Care, 2(1), 28-32, 2009
- 125) 森真理、森英樹、津田謹輔、家森幸男、スローカロリーの実践が中高生でインスリン感受性に与える影響、栄養学雑誌 第58回日本栄養改善学会学術総会講演集, 69(5), 166, 2011.

**監修者略歴**

家森 幸男 (やもり ゆきお)	池田 義雄 (いけだ よしお)
昭和 12 年 京都生まれ	昭和 10 年 長野県生まれ
昭和 37 年 京都大学医学部卒業	昭和 36 年 東京慈恵会医科大学卒業
昭和 42 年 京都大学大学院 医学研究科博士課程修了	昭和 59 年 東京慈恵会医科大学内科学助教授
昭和 44 年 米国国立医学研究所客員研究員	平成 5 年 東京慈恵会医科大学 健康医学センター 健康医学科教授
昭和 50 年 京都大学医学部助教授	平成 12 年 タニタ体重化学研究所 所長
昭和 52 年 島根医科大学教授	日本生活習慣病予防協会理事長
平成 4 年 京都大学大学院人間・環境学研究科教授	
平成 13 年 京都大学名誉教授	
平成 18 年 武庫川女子大学教授国際健康開発研究所長	

スローカロリーな糖質「パラチノース」ガイドブック ver. 5.0

---

2022 年 6 月

監修： スローカロリー研究会 顧問  
家森 幸男  
池田 義雄

発行： 糖尿病ネットワーク「スローカロリーの情報ファイル」事務局

お問い合わせ： 一般社団法人スローカロリー研究会  
E-mail : info@slowcalorie.jp

---