

茶カテキンとタウリンを配合した機能性飲料の開発と作成

— マウスを用いた基礎研究とその応用 —

Preparation of functional isotonic water containing green tea catechin and taurine

— basic animal experiment using mice and its practical application to the beverage —

寺嶋 正治*、田中 慎哉#、森屋 佳子#、居鳥 愛美、
筒井 佑衣、福井 まどか、藤井 美妃、藤井 美幸

Masaharu TERASHIMA Shinya TANAKA Yoshiko MORIYA Manami ITORI

Yui TSUTSUI Madoka FUKUI Miki FUJII Miyuki FUJII

東海学園大学 健康栄養学部 管理栄養学科

Department of Nutrition, Tokai Gakuen University

キーワード：カテキン、タウリン、メタボリックシンドローム、機能性飲料、清涼飲料水

Key words : catechin, taurine, metabolic syndrome, functional isotonic water,
refreshing beverage,

要約

先進諸国における高脂肪食の摂取ならびに運動不足は、メタボリックシンドロームを容易に惹起し、肥満、脂質異常症、糖尿病、高血圧など生活習慣病の元凶となる。われわれは、高脂肪食摂取マウスにおいて、茶カテキンとタウリンの同時摂取が肥満、内臓脂肪増加、脂質異常症、高血糖、脂肪肝を抑制することを明らかにした。また、この効果を応用した我が国で初めての茶カテキンとタウリンを同時に含有する機能性飲料「すいっち ACTIVE」を開発した。飲料摂取後のアンケート調査の結果では、「とても飲みやすい」+「飲みやすい」55%、「普通」35%、「飲みにくい」10%であった。多くの年齢層で大変好評な結果を得たが、「コストパフォーマンス」、「カロリー」、「美味しさ」について、今後の検討課題が残った。

Abstract

In advanced nations, high fat-induced obesity and lack of exercise easily cause metabolic syndrome, followed by lifestyle diseases such as dyslipidemia, diabetes mellitus, hypertension and fatty liver. We have found new evidence that administration of green tea catechin and taurine efficiently prevents obesity, increased visceral fats, dyslipidemia, hyperglycemia, and fatty liver, in high fat-fed mice. Thus, we attempted to apply these effects of catechin and taurine by preparing functional isotonic water (refreshing beverage). We made a “Switch ACTIVE” beverage, which included catechin, taurine, five amino acids, vitamins B and C, and sugar. The functional isotonic water “Switch ACTIVE” is the first beverage in Japan to include catechin and taurine. The drink was well received to many people, and felt “tasty”. We hope the beverage will encourage people towards health promotion.

緒言

先進諸国における日常的な高脂肪食の摂取ならびに運動不足は、メタボリックシンドロームを容易に惹起し、肥満、脂質異常症、糖尿病、高血圧など生活習慣病の元凶となる。さらに動脈硬化が進行すれば、脳血管障害、心筋梗塞を発症し、致命的もしくは恒久的障害を患う可能性も高い。わが国においては、メタボリックシンドロームの診断基準が2005年に発表され、2008年には特定健康診査・特定保健指導がはじまっている（菅原ら、2011）。しかし、長期間続いた個人の生活習慣は一朝一夕に改まることは難しく、保健師や医師、栄養士の忍耐的な努力が必要となる。

日本において愛飲されている緑茶中には、カテキン類と称されるフラバノールの単量体を主体とした低分子ポリフェノールが含まれている。代表的な茶カテキンには、エピカテキン（EC）、エピガロカテキン（EGC）エピカテキンガレート（ECG）、およびエピガロカテキンガレート（EGCG）がある。緑茶葉中には、通常、カテキン類の10～20%がEGCやEGCGとして存在しており、カテキン類には抗酸化作用、抗ガン作用、抗ウイルス作用、抗アレルギー作用、抗プラーク形成作用、放射線防衛作用、血圧低下作用など、多彩な作用が報告されている（土田隆ら2002, Suzuki Y et al. 2012）。

また、動物実験によって高脂肪食摂取時における体重・体脂肪蓄積抑制作用（Meguro S et al. 2001, Bose M et al. 2008）、脂質吸収抑制や血清中性脂肪低下作用（Raederstorff DG et al. 2003, Wang S et al. 2006）、脂肪燃焼作用（Murase T et al. 2001）、LDL-受容体を介した血清コレステロール低下作用（Goto T et al. 2012）、肝脂肪蓄積抑制作用（Bose M et al.

2008)など脂質代謝に対する作用、さらには血糖上昇抑制作用 (Koyama Y et al. 2004, Wolfram S et al. 2006)、動脈硬化抑制機序 (Terashima M et al. 2004-2005) などが認められている。カテキン類のヒト対象実験も検討されており、体脂肪蓄積抑制作用や糖代謝・脂質代謝改善作用 (Nagao T et al. 2001, 高瀬ら 2008) など生活習慣病の予防、進行阻止を示唆する有用な効果が確認されている。

タウリン (2-アミノメチルスルホン酸) は、生体内に非常に多く存在するスルホン酸で、浸透圧調節、細胞膜安定化、心臓保護、神経伝達調節、コレステロール排泄促進など、多彩な生理作用が知られている (Huxtable RJ, 1992)。また病態との関連では、心疾患や肝機能異常、疲労など幅広く研究されている (Chesney RW, 1985)。特に、タウリンが抗動脈効果作用を持ち、生活習慣病予防効果を示す可能性が複数の研究者から報告されている (Murakami S et al. 2002, Terashima M et al. 2003)。

通常、タウリンは肝臓内で胆汁酸のひとつであるコール酸とアミド結合したタウロコール酸の形で存在する。タウロコール酸のナトリウム塩は界面活性作用が強く、食物中の脂肪を強力に乳化することから、腸管内で脂肪分解酵素リパーゼの作用を受けやすくし、脂肪の消化吸収を助けると考えられている。ヒトの肝臓内での胆汁酸抱合に関与するアミノ酸はタウリンの他にグリシンも存在するが、ヒト肝 N-acyl transferase はグリシンよりもタウリンに対し高い親和力を有し、したがって肝臓に存在するタウリンを用いてタウリン抱合胆汁酸を優先的に生成する。しかし、ヒト肝臓のタウリンプールは比較的小さく、このため正常時に抱合すべき胆汁酸を 1/4 程度しかタウリン抱合体にすることができず、残りの 3/4 はグリシンと抱合され 1 日およそ 200 mg が排泄される (穂下, 1984)。

タウリンは食肉類にも含まれているが、魚介類を中心とした海産物に多量に含まれており、貝類の旨味成分を形成する化学物質のひとつとしても知られている。ヒトはタウリン生合成能が比較的 low、その多くは食事により摂取されている。タウリンは魚介類に多く含まれることが知られているため、魚介類を中心とした食事を常日頃摂っている日本人は、欧米人と比較してタウリンを多く摂取していると考えられる。

われわれは、高脂肪食摂取マウスにおいて、茶カテキンやタウリンが肥満、脂質異常症、高血糖、脂肪肝を抑制する事実を見いだしてきた (平成 23~24 年度、東海学園大学 寺嶋研究室 卒業論文、非公表)。今回、茶カテキンとタウリンを同時摂取することで、それらの効果をさらに高めることが出来、肥満を初めとするメタボリックシンドロームや生活習慣病の予防に有用であることを新たに見いだした。また、カテキン・タウリンの生活習慣病予防効果を応用した機能性飲料の開発ならびに作成を行ったので合わせて報告する。

方法

1. 動物、飼料・飲料および飼育、他

5週齢の雄性 C57BL/6NCrSlc マウス（日本エスエルシー株式会社）を5～6匹ずつ6群に分け、チップを敷いたプラスチックケージで、群飼いたした。飼育環境は、室温 24℃、湿度 50～65%とし、照明時間は12時間とした。マウス飼料は、通常飼料（標準飼料 MF、オリエンタル酵母）および高脂肪飼料（HFD-60、オリエンタル酵母）を用いた。それぞれの飼料の組成を表1に示す。飲料は、お〜いお茶濃い味（伊藤園、カテキン含有量 400mg/500ml ボトル）、タウリン（1% w/v、ナカライテスク）、コーヒー飲料（ヘルシア無糖、花王）を用いた。実験期間中は飼料と飲料は自由に摂取させ、2日に1回、飲料の交換と飼料摂取量の記録をし、週に1回体重測定を行った。マウスは、表2に示す飼料・飲料の組み合わせで、12週間飼育した。動物実験の内容については、東海学園大学動物実験委員会の承認、大学長の許可（整理番号 平成 25-003）を受け、東海学園大学動物実験実施マニュアルに準拠して、実施した。

統計学的検定は、Student's t-test を用い、 $p < 0.05$ を有意差ありと判定した。

表1 通常飼料(ND)と高脂肪飼料(HFD)の組成

	ND (通常飼料)		HFD (高脂肪飼料)	
	g %	cal %	g %	cal %
タンパク質	23	25.8	23	18.2
炭水化物	55	61.6	25.3	19.6
脂質	5	12.6	35	62.2
kcal/g	3.57		5.06	

表2 マウス実験群と飼料・飲料の組み合わせ

実験群	飼料	飲料
ND (Normal Diet)	通常飼料	水
HFD (High Fat Diet)	高脂肪飼料	水
HFD+カテキン	高脂肪飼料	お〜いお茶
HFD+タウリン	高脂肪飼料	1%タウリン
HFD+カテキン+タウリン	高脂肪飼料	お〜いお茶+1%タウリン
HFD+コーヒー飲料	高脂肪飼料	お〜いお茶+ヘルシアコーヒー

2. 血液、内臓脂肪、肝臓の採取

飼育開始時から12週間経過後に、夜間絶食させたマウスをエーテル麻酔後、頸椎脱臼を加えた。その後ただちに開腹し、腹部大静脈より採血し、さらに内臓脂肪（腸間膜脂肪、腎周囲脂肪、後腹膜脂肪、副睪丸脂肪）、肝臓、心臓を採取し、肉眼的観察および重量測定を行った。血液は、

採取時に EGTA（終濃度 約 2.5mM）を加えた後、遠心分離し、血漿を分析時まで-80℃で保存した。

3. 生化学検査

アラニンアミノトランスフェラーゼ（ALT）、総コレステロール（T-CHO）、中性脂肪（TG）、LDL-コレステロール（LDL-C）、血糖値（GLU）は、長浜バイオサイエンスラボラトリー（滋賀県長浜市）に測定を依頼した。

4. 食品および食品添加物

タウリン（清涼飲料水用天然抽出物：三菱化学フーズ、動物実験用化学合成品：ナカライテスク）、カテキン（緑茶抽出物 MF：丸善製薬）、レモンフレーバー HQ-3282（高砂香料）、ポッカレモン（ポッカ）を使用した。その他、清涼飲料作成に用いた砂糖、ブドウ糖、アミノ酸、クエン酸、ビタミン等の食品および食品添加物は、（株）日比商店（愛知県愛西市）より購入して使用した。

5. 機能性飲料（清涼飲料水）の作成、ならびに試飲アンケート調査

タウリン（天然抽出物）、カテキン（緑茶抽出物）、アミノ酸（アルギニン、グルタミン酸、バリン、ロイシン、イソロイシン）、ビタミン B1、ビタミン B2、ビタミン B6、糖類（砂糖、ブドウ糖）、果汁類（ポッカレモン）、フレーバー類、クエン酸、塩類について、種類選別と濃度を変えたサンプル飲料を多数作成し、数ヶ月間の試行錯誤を繰り返し、機能性飲料の組成成分を決定した（表 3）。実際の機能性飲料（種別：清涼飲料水）作成は、鈴木鉦泉（株）に依頼した。

表 3 機能性飲料「すいっち ACTIVE」の組成

すいっち ACTIVE 1本（500ml）あたり			
エネルギー	165 kcal	カテキン	250mg
タウリン	250 mg	糖類	40 g
レモン果汁	5 ml	クエン酸	250 mg
アルギニン	250 mg	グルタミン酸	250 mg
分岐鎖アミノ酸 （バリン、ロイシン、 イソロイシン）	各 100 mg	ビタミン B 群 （ビタミン B1、 B2、B6）	各 0.5 mg
ビタミン C	250 mg	塩化ナトリウム	100 mg

機能性飲料（清涼飲料水）は、多数の方々に試飲してもらい、可能な限りアンケートを依頼し、総数 250 名からの回答を得た。総数 250 名のうち年齢構成は、10 代 81 名、20 代 47 名、30 代 57 名、40 代 29 名、50 代以上 36 名であった。表 4 にアンケートの内容について示した。

表 4

「すいっち ACTIVE」アンケート	
学生()年生 ・ 学生以外()才 男・女	
○「すいっち ACTIVE」の飲みやすさはいかがでしたか？	
1. とても飲みやすい 2. 飲みやすい 3. 普通 4. 飲みにくい	
○「すいっち ACTIVE」のレモン風味はいかがでしたか？(香り、酸味を含む)	
1. とてもよい 2. よい 3. 普通 4. あまりよくない 5. よくない	
○「すいっち ACTIVE」の甘味はいかがでしたか？	
1. 甘すぎる 2. 甘い 3. 普通 4. やや足りない 5. 足りない	
○「すいっち ACTIVE」のカロリー量はどのように感じましたか？(100mLあたり 33kcal)	
1. 多すぎる 2. 多い 3. ちょうどよい 4. 少ない 5. 少なすぎる	
○「すいっち ACTIVE」は総合的にいかがでしたか？	
1. 大変よい 2. よい 3. 普通 4. 悪い 5. とても悪い	
○カテキンには、様々な効能(肥満、コレステロールの改善など)があることをご存知ですか？	
1. はい 2. いいえ	
○「すいっち ACTIVE」にはカテキン(緑茶抽出物として)が250mg含まれています。	
このことに魅力を感じますか？(ヘルシアの場合540mg)	
1. はい 2. いいえ 3. どちらともいえない	
○タウリンには、脂質代謝や肝機能の改善効果があることをご存知ですか？	
1. はい 2. いいえ	
○「すいっち ACTIVE」にはタウリンが250mg含まれています。	
このことに魅力を感じますか？(リボビタミンDの場合1000mg)	
1. はい 2. いいえ 3. どちらともいえない	
○「すいっち ACTIVE」は、カテキンとタウリンを両方含む「はじめての飲料」です。	
このことに魅力を感じますか？	
1. はい 2. いいえ 3. どちらともいえない	
○ご意見・感想等ございましたらご記入お願いいたします。	

ご協力ありがとうございました。管理栄養学科 寺嶋ゼミ3年	

結果

1. 高脂肪食摂取マウスにおけるカテキンおよびタウリンの効果

1) マウス各群における体重推移

5週齢の雄性 C57BL/6NCrSlc マウスを通常飼料 (ND: Normal Diet) または高脂肪飼料 (HFD: High Fat Diet) で飼育し、高脂肪飼料の摂取と同時に、1%タウリン (タウリン)、お〜いお茶濃い味 (カテキン)、カテキン+タウリン (カテ+タウ)、ヘルシアコーヒー無糖 (コーヒー) を自由に摂取させた。飼育12週間の体重変化の推移を図1Aに示した。また、12週時点

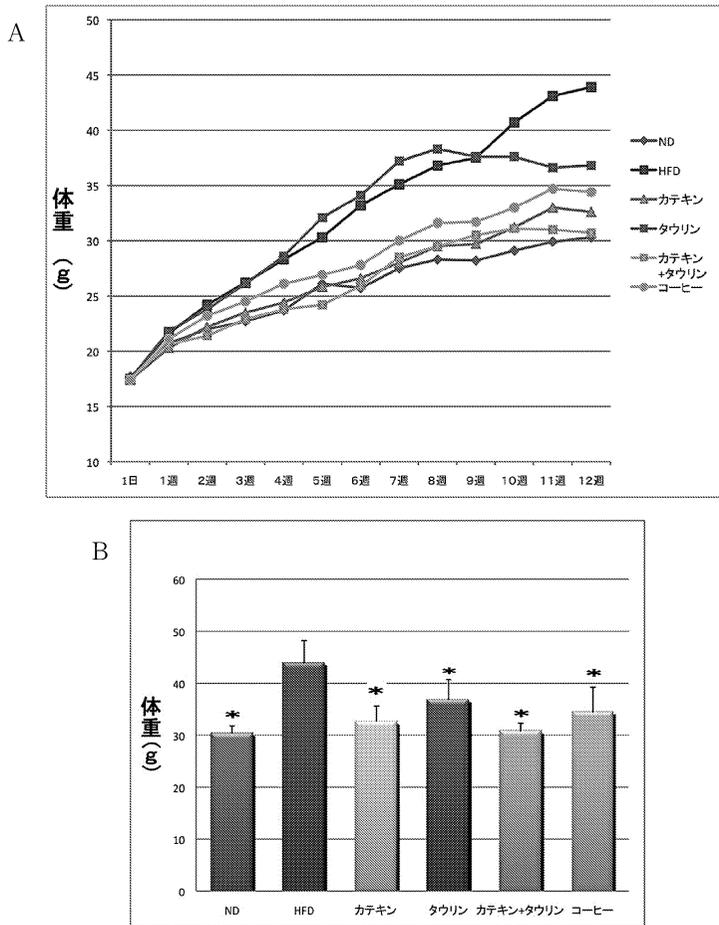


図1 マウス体重増加の推移

A: 各マウス群の平均体重推移。マウスは、ND (通常飼料摂取群)、HFD (高脂肪飼料摂取群)、カテキン (高脂肪飼料と「濃いお茶」摂取群)、タウリン (高脂肪飼料と1%タウリン摂取群)、カテキン+タウリン (高脂肪飼料と「濃いお茶」および1%タウリン摂取群) 群およびコーヒー群 (高脂肪食飼料と無糖コーヒー摂取群) に分け (5~6 匹/群)、12 週間飼育した。飼料および飲料は ad lib で摂取させ、体重は週に一回測定した。

B: 12 週時における各マウス群の平均体重。ND、HFD、カテキン、タウリン、カテキン+タウリン群およびコーヒー群の内容は A に同じである。HFD 群に対する全ての群で $p < 0.01$ の有意差を認めた (*)。エラーバーは標準偏差を表す。

での各マウス群の体重を図 1 B に示した。HFD 群では、12 週時点で 43.9g、ND 群では 30.3g の平均体重であり、HFD に加え、タウリン、カテキン、カテキン+タウリンを摂取させると、体重の増加が顕著に抑制された。体重増加率は、12 週の時点で HFD 群 (103.2%)、HFD+タウリン群 (68.9%)、HFD+カテキン群 (60.6%)、HFD+カテキン+タウリン群 (49.0%)、ND 群 (46.4%) の順になった。12 週時点における各群のマウスの体重 (g) は、HFD+カテキン+

タウリン群とND群とではほぼ同じであり、タウリンを単独で与えた群よりも肥満抑制作用が強かった。また、各群におけるマウス1匹あたりの総摂取飼料量、総摂取カロリー量を表5に示した。ND群においては、総摂取飼料量は270g、総摂取カロリー量は961kcalであり、HFD群においてはそれぞれ213g、1079kcalであった。HFDに加えて、カテキン、タウリン、カテキン+タウリン、コーヒーを同時摂取させても、総摂取飼料量、総摂取カロリー量に大きな変化はなかった。総摂取カロリー量はND群に対してHFD群は12%増えていたが、体重増加率は45%と、摂取エネルギー以上の増加率を示した。

表5 総摂取飼料量と総摂取カロリー量

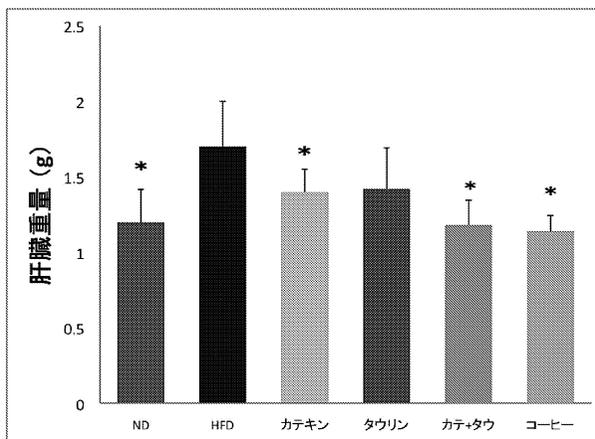
	ND	HFD	タウリン	カテキン	カテ+タウ	コーヒー
総摂取飼料量 (g)	270	213	212	217	220	219
総摂取カロリー量 (kcal)	961	1079	1072	1098	1115	1110

表中の「タウリン」はHFD+タウリン摂取、「カテキン」はHFD+カテキン摂取、「カテ+タウ」はHFD+カテキン+タウリン摂取、「コーヒー」はHFD+コーヒー摂取を示す。

2) 開腹ならびに肝臓、内臓脂肪重量

HFD群は外観からして既に肥満傾向を示しており、また開腹時の肝臓の色調も黄褐色であり、肥大の程度も大きかった (data not shown)。肝臓の重量はHFD群で平均1.7gであり、カテキンやタウリン、コーヒーを摂取させると、重量の増加が抑制された (図2A)。内臓脂肪の平均重量は、HFD群 (4.8g)、HFD+タウリン群 (3.2g)、HFD+カテキン群 (2.1g)、HFD+カテキン+タウリン群 (2.0g)、ND群 (1.6g) と、体重変化と同様の結果が得られた (図2B)。特に、カテキンとカテキン+タウリン、コーヒーが内臓脂肪量の増加を顕著に抑制していた。

A: 各マウス群の飼育12週時点での肝臓重量



B: 各マウス群の飼育 12 週時点での内臓脂肪重量

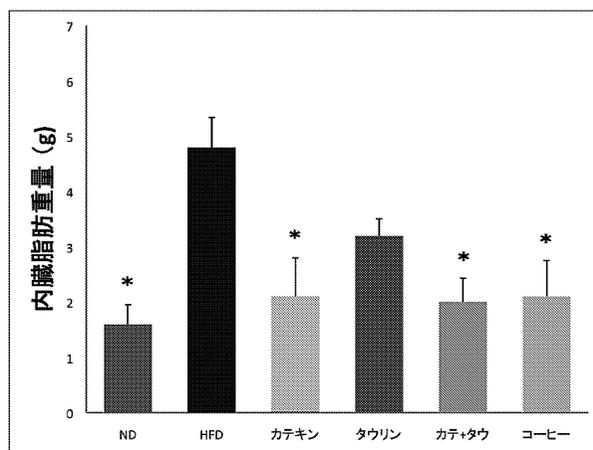


図2 マウス肝臓重量(A)と内臓脂肪重量(B)

それぞれの群の略称・内容は、図1と同じである。HFD群に対して $p < 0.05$ の有意差を認めた群には、アスタリスク(*)を付す。エラーバーは標準偏差を表す。

3) 生化学検査

マウスから採取した血液を用いて、アラニンアミノトランスフェラーゼ (ALT)、総コレステロール (T-CHO)、中性脂肪 (TG)、LDL-コレステロール (LDL-C)、血糖値 (GLU) を測定した (図3 A~E)。

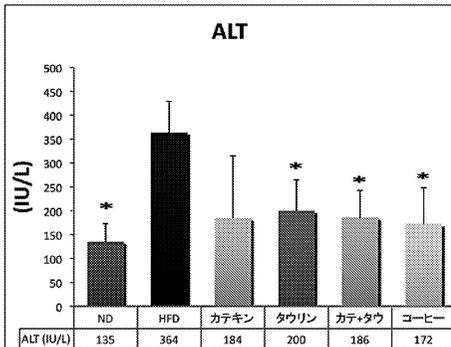
ALTは、HFD群で平均364 IU/LとND群の135 IU/Lと比べると顕著に増加していたが、カテキンやタウリン、コーヒーでALTの増加が抑制された (図3 A)。HFDマウス群の開腹時の肝臓の色調、重量などと合わせて考えると、HFD群は、長期間の高脂肪食により脂肪肝の状態を呈していたと考えられ、カテキンやタウリン、コーヒーが、脂肪肝形成を抑制する効果を持つものと考えられた。

脂質代謝においても、カテキンやタウリン、コーヒーがHFD群における総コレステロールや中性脂肪、LDL-コレステロールの増加を有意に抑制していた (図3 B~D)。特に、総コレステロールや中性脂肪値において、カテキンとタウリンを同時に投与した群においては、ND群とほぼ変わらない数値となっていた。これらの結果は、高脂肪食摂取においても、カテキンやタウリン、コーヒーを同時に摂取することにより、脂質代謝を改善することが出来る可能性を示唆している。

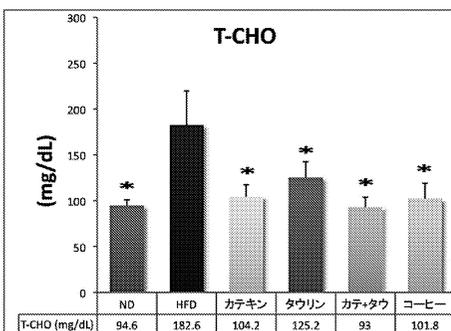
血糖値においても、ND群の平均血糖値は220mg/dLであるが、HFD群では380mg/dLであり、内臓脂肪量増加による耐糖能低下、インスリン抵抗性の増加が示唆された。しかし、カテキンやタウリン、コーヒーの投与は血糖値を有意に降下させ、ほぼND群と同じレベルまでに改善させた (図3 E)。マウスを用いた実験結果より、カテキンとタウリンの同時摂取は、高脂

肪食摂取時における脂質代謝ならびに糖質代謝の改善をもたらすものと考えられた。具体的には、①肥満抑制効果、②血中総コレステロール、LDL-コレステロール低下作用、③血中中性脂肪低下作用、④血糖値低下作用、⑤脂肪肝形成抑制作用が、今回の実験より認められた。

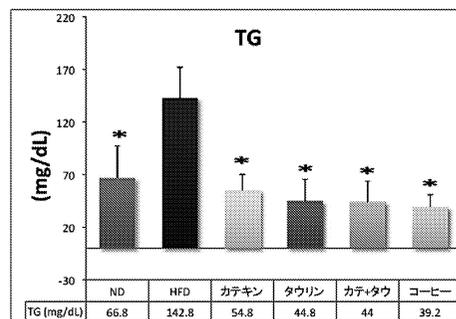
A：アラニンアミノトランスフェラーゼ(ALT)



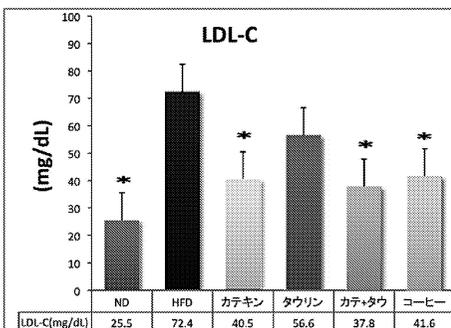
B：総コレステロール(T-CHO)



C：中性脂肪(トリアシルグリセロール、TG)



D：LDL-コレステロール(LDL-CHO)



E：血糖値(GLU)

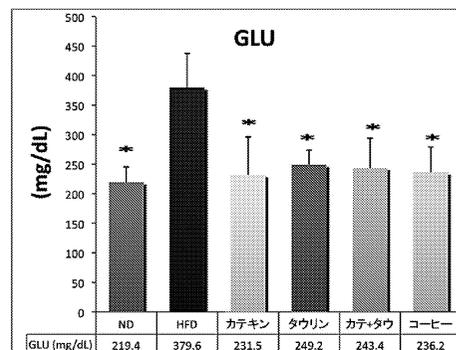


図3 生化学検査

それぞれの群の略称は、図2と同じである。HFD群に対して $p < 0.05$ の有意差を認めた群には、アスタリスク (*) を示す。エラーバーは標準偏差を表す。

2. 機能性飲料「すいっち ACTIVE」の作成と評価

1) 機能性飲料「すいっち ACTIVE」の作成

マウスを用いた基礎研究より、カテキンとタウリンを同時に摂取できる飲料を作成し、カテキンとタウリンの効果を実践してみようと考えた。そこで、カテキン、タウリンを含む機能性飲料(500ml ペットボトル)のレシピを考案した。カテキンやタウリンの量、さらにはアミノ酸でアルギニン、グルタミン酸、分岐鎖アミノ酸であるバリン、ロイシン、イソロイシン、クエン酸、糖質(砂糖、グルコース)の量を変えて、3ヶ月間試行錯誤を繰り返しながら、試作品を作成した。その最終組成を表3に示した。

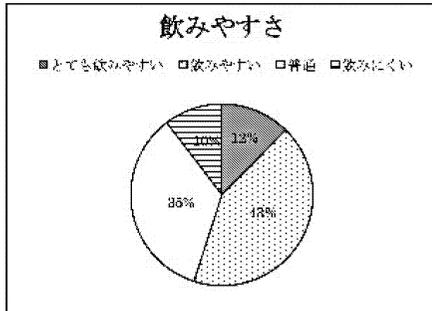
作成時の工夫点は以下の通りである、①カテキンの種類と量：各社から市販されているカテキンをサンプルとして提供してもらい、溶解した時の味と匂い、色調、溶解性をつぶさに検討した。その結果、丸善製薬のカテキン MF が最適であると判断し、飲料作成に用いた。②糖分、クエン酸：カテキンの苦みを抑えるために砂糖、ブドウ糖を用いた。当初、低カロリーの飲料作成を計画していたが、苦みの軽減を図るには砂糖の使用が欠かせなかった。③アミノ酸、ビタミンの配合：アミノ酸は、一般的に血圧降下作用が期待されるアルギニン、脳賦活化作用が期待されるグルタミン酸、疲労回復に効果のある分岐鎖アミノ酸であるバリン、ロイシン、およびイソロイシン、ビタミン B 群を配合した。④ビタミン B2 を配合することから、全体的に黄色を呈するため、レモン果汁、レモンフレーバーを加えて、「レモン味」の飲料とし、これらの配合した原材料から、その頭文字をとって、「すいっち ACTIVE」と命名した。

2) アンケート評価

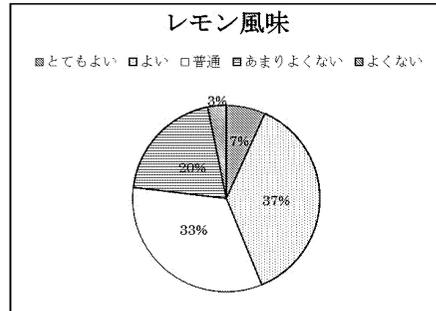
機能性飲料のアンケート(表4)を適宜実施し、総数250名からの回答を得た。総数250名のうち年齢構成は、10代81名、20代47名、30代57名、40代29名、50代以上36名であった。アンケートの結果を図4A~Jに示す。「すいっち ACTIVE」の「飲みやすさ」については、「とても飲みやすい」、「飲みやすい」、「普通」と答えた方が9割であり、「飲みにくい」と答えたのは1割であった(図4A)。「レモン風味」に関しては、「とてもよい」「よい」「ふつう」と肯定的にとらえた方が8割近くであった(図4B)が、少し匂いが気になり飲むことに抵抗を感じる方もいたようであった。匂いは、緑茶抽出物とビタミン B 群のものと考えられた。「甘味」に関しては、「甘すぎる」「甘い」と答えた方は3割であり、6割の方は「普通」と評価した(図4C)。「カロリー量」については、「ちょうどよい」と答えた方が7割であり(図4D)、気になるほどのカロリー量(165kcal/本)ではないと評価された。しかし、一方でカロリーについて、「多い」、「多すぎる」と4人に1人の方が答え、「カロリーが高すぎて1本は飲めない」との意見もあった。総合評価については、約5割の方が「大変よい」、「よい」と感じており、「普通」と合わせて8割以上の方が肯定的な評価をしてくれた。

図4 機能性飲料「すいっち ACTIVE」のアンケート結果

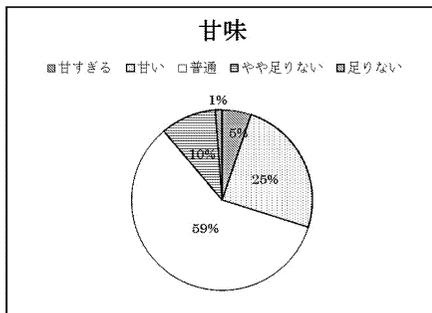
A: 飲みやすさについて



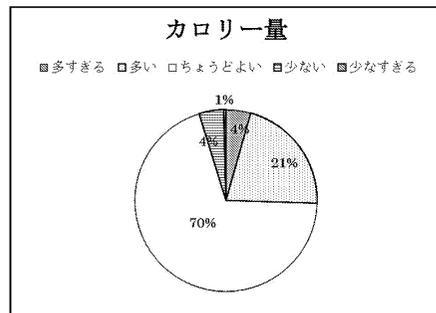
B: レモン風味について



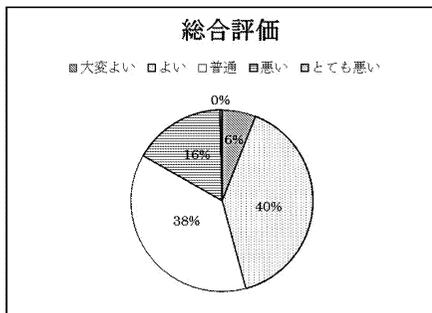
C: 甘味について



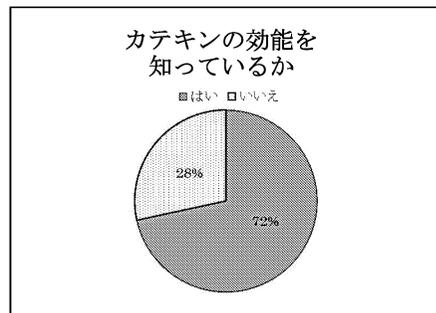
D: カロリー量について



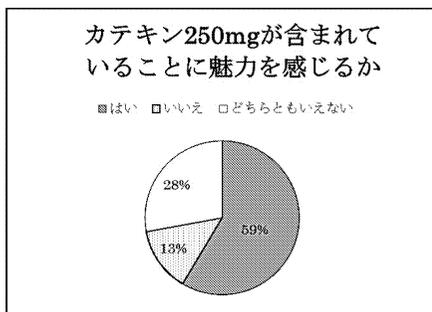
E: 総合評価



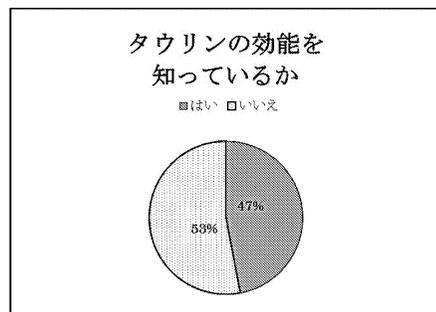
F: カテキンの効能について



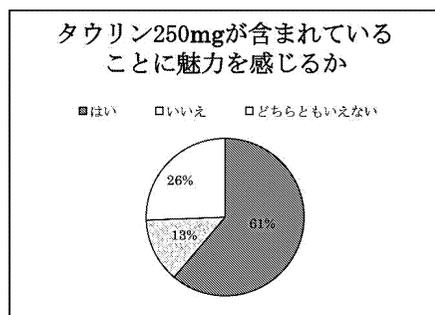
G: カテキン含有量について



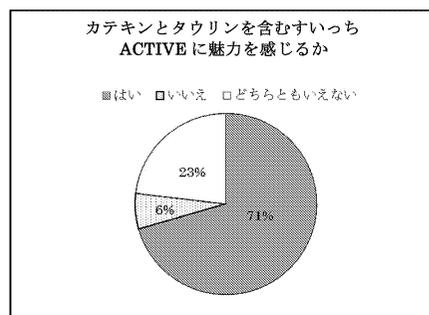
H: タウリンの効能について



I：タウリンの含有量について



J：すいっち ACTIVE の魅力について



カテキンの効能を知っていると答えた方は約7割であったが、タウリンの効能に関しては知らないと答える方が多く、半数以上となった(図4 F、H)。しかし、タウリンが250mg入っていることと、カテキンが250mg入っていることについては、それぞれ約6割の方が同程度に魅力を感じているようであった。最後に、カテキンとタウリン両者とも含む「すいっち ACTIVE」に魅力を感じる方は7割を超え(図4 J)、両者の効能についてある程度関心を示してくれているようであった。

考察

1. 高脂肪食摂取マウスにおけるカテキンおよびタウリンの効果

高脂肪食摂取マウスにおいて、カテキンとタウリンの同時摂取は、①肥満抑制効果、②血中総コレステロール、LDL-コレステロール低下作用、③血中中性脂肪低下作用、④血糖値低下作用、⑤脂肪肝形成抑制作用、をもたらすことが分かった。このため、カテキンとタウリンの日常的な継続摂取は、メタボリックシンドロームや生活習慣病の効果的な予防に役立つと考えられる。

食事中の脂質摂取量が多いほど体脂肪率が高いという調査が報告されており、脂肪の蓄積、特に内臓脂肪の蓄積が糖尿病、高脂血症、高血圧及び動脈硬化性疾患等いわゆる生活習慣病と深くかかわることが明らかになっている(Nagao T et al. 2001)。今回の実験結果から、お茶に含まれるカテキンには、現在までに多くの研究者らが報告している体重・体脂肪蓄積抑制作用(Meguro S et al. 2001, Bose M et al. 2008)があり、さらには、脂質吸収抑制や血清中性脂肪低下作用(Raederstorff DG et al. 2003, Wang S et al. 2006)、脂肪燃焼作用(Murase T et al. 2001)、LDL-受容体を介した血清コレステロール低下作用(Goto T et al. 2012)、肝脂肪蓄積抑制作用(Bose M et al. 2008)など脂質代謝に対する作用、さらには血糖上昇抑制作用(Koyama Y et al. 2004, Wolfram S et al. 2006)が認められた。肥満気味の健常者への茶カテキン類の摂取は、顕著な体重、BMI、ウエスト周囲長、体脂肪率、腹部脂肪量の低減作用を有することも報告されており(Meguro S et al. 2001)、継続的な緑茶の摂取は、特に肥満・

メタボリックシンドロームである人々に、強くお勧めしたい。また最近、緑茶カテキンの受容体 67LR が報告され、カテキン、特にガレート型カテキン (EGCG, ECG) の受容体である可能性が高いことが分かった (立花、2008)。カテキンの多彩な生理作用、病態改善作用の解明が待たれる。

さらに、タウリンにはコレステロール排泄促進作用があるため (Huxtable RJ, 1992)、カテキンとタウリンの同時摂取によりさらに有用な効果が得られた。特に、脂肪肝形成抑制作用や血中コレステロール低下作用は、カテキンとタウリンの摂取がより効果的であると考えられた。魚介類、特にさざえ、かき、まぐろなどに豊富に含まれるタウリンは、古くから食べられてきた和食を見直すことにより、容易に摂取できると考えられる (家森、2010)。現在、日本文化である和食がユネスコ無形文化遺産に登録されようとしているが (農林水産省 HP 参照、平成 25 年 12 月決定予定)、登録の暁には、再度和食が見直され、緑茶の摂取とともにタウリンの摂取が一層進むと考えられる。

今回の実験からマウスの寿命が 2 年~2 年半であり、飲料を 12 週間摂取させ続けたことを寿命が 80 歳のヒトに換算すると 7.5 年になる。つまり、5~10 年の継続的な摂取によりマウスと同等な結果が期待できると考えられる。さらに、カテキン (緑茶) の摂取目安であるが、今回の実験ならびに文献的考察から、一日数 100mg~1g の摂取が、有用な効果をもたらすと考えられた。この値は、今回用いた「お~いお茶濃い味」であれば、500ml から 1000ml の摂取で実現できるものである。

2. すいっち ACTIVE の作成時の問題点

タウリンは、栄養補給及び中毒時の補助治療等を目的とした動物用医薬品に承認・指定され利用されており、昭和 62 年にヒト用医薬品製剤として承認されている。また、天然由来タウリンが食品添加物として既存添加物名簿に「タウリン (抽出物)」として食品衛生法に記載されている。

われわれが、今回天然抽出物のタウリンを使用した理由として、日本ではタウリン合成品は医薬部外品であるため清涼飲料水に配合することはできず、その代わりに天然抽出物のタウリンは食品添加物として清涼飲料水への使用が認められているからである。しかし、天然抽出物タウリンは、合成品に比べ値段が高くなる難点がある。作成したすいっち ACTIVE 1 本 (500ml) あたりタウリンを 250mg 含有しており、すいっち ACTIVE の原価が 220~230 円と高価になってしまった原因のひとつになっている。もちろん、作成数が少ないことが原価の高い、最たる原因である。現時点で、高濃度のタウリンやカテキンを含む飲料を安価に作成するためには、医薬部外品として、既存の栄養ドリンク (リポビタミン D など) のような形態にすれば可能である。諸外国においては、清涼飲料水でのタウリン合成品の使用が認められているため、近い将来、日本

でもタウリン合成品が使用できる可能性も高いと考えられる。

次に、カテキンと甘味の関係であるが、緑茶抽出物カテキンは苦みが強いため、飲料の口当たりを改善するために、当初はブドウ糖を用いた。しかし、やはり砂糖のように甘味の強い糖分を使用しなければ苦みの改善は出来ず、最終的には100mlあたり8gの糖質（砂糖4g、ブドウ糖4g、カロリー換算32kcal）を用いることとなった。機能性飲料というコンセプトを考えていたので、あまりカロリーを高くしたくなかったが、結果として少し高めのカロリーとなってしまった。次回の作成時には、人工甘味料の使用や炭酸水などの選択も検討したい。

3. アンケート結果の考察

「すいっち ACTIVE」は多くの年齢層で総合的に大変好評であったが、甘味、カロリー、匂いについて、今後の課題が残った。アンケートより、約3割の方が「甘すぎる」、「甘い」、さらに4人に1人がカロリーが「多すぎる」、「多い」と答え、さらに匂いが気になり飲むことにためらいを感じると答えた方もいたため、これらに対して検討する必要がある。「すいっち ACTIVE」の組成と一般に売られている清涼飲料水、スポーツドリンク、機能性飲料を比較すると、表6のようになった。「すいっち ACTIVE」は、清涼飲料水、いわゆる無果汁の甘いジュースと位置づけられる飲料よりは糖質含有量・カロリーは低いが、スポーツ飲料・機能性飲料の範疇の中では、糖質含有量・カロリーが高い結果となってしまった。原因としては、カテキン独特の苦味が出てしまい、和らげるためにグルコースより甘みが強い砂糖を多く入れ、飲みやすいよう調節したからである。匂いについては、「すいっち ACTIVE」に含まれているビタミンB群が原因であると考えられる。匂いは個人差もあるが、用量を調節して抑えることも今後の課題である。

表6 「すいっち ACTIVE」と他の清涼飲料水の糖質含有量およびカロリーの比較

	商品名/会社名	Kcal/100mL	糖質(g/500mL)
	すいっち ACTIVE	33	40
清涼飲料水	ファンタグレープ/コカ・コーラ	46	57.5
	三ツ矢サイダー/アサヒ飲料	42	55
	純粹ぶどう/キリンビバレッジ	48	60
	平均	45.3	57.5
スポーツ飲料	アクエリアス/コカ・コーラ	19	23.5
	ポカリスエット/大塚製薬	25	31
	スーパー H ₂ O/アサヒ飲料	13	16
	平均	19	23.5
機能性飲料	アミール S/カルピス	17	18
	ビタミンウォーター/サントリー	18	24
	ヘルシアスパークリング/花王	3.6	9
	平均	12.9	17

4. 展望

現在、世界的な傾向として、がんや成人病を防ぐために食事の改善が叫ばれ、米や魚貝類、大豆製品を中心とした和食が、健康食・長寿食として注目されている。最近、アメリカで提案された理想的な食事目標をみると、その目標が丁度日本の目指した食品構成に近いことから、国際的立場からみて日本の伝統食は素晴らしいものと認められ、和食型食生活が見直されている。海外からも注目されている和食を日本人が守っていく必要があり、ファストフード等の脂質含有量が多い食事をするのではなく、昔から日本人に馴染みがある和食を積極的に摂る等、今一度自分自身の食事内容を見直す必要があるのではないかと考えられた。さらに、今回作成した「すいっち ACTIVE」を通してカテキンとタウリンの効能を多くの方に知っていただき、カテキンやタウリンを健康増進、メタボリックシンドロームや生活習慣病の予防に役立てて欲しい。また、わが国で初めてカテキンとタウリンを含有する「すいっち ACTIVE」は、多くの年齢層で大変好評な結果を得たが、「コストパフォーマンス」、「カロリー」、「美味しさ」について、今後の検討課題が残った。

謝辞

本研究の一部は、愛知健康増進財団「医学研究・健康増進活動等助成金」事業の援助を用いて実施された。

引用文献

- Bose M, Lambert JD, Ju J, Teuhl KR, Shapses SA, and Yang CS. The major green tea polyphenol, (-)-epigallocatechin-3-gallate, inhibits obesity, metabolic syndrome, and fatty liver disease in high-fat-fed mice. *J Nutr* 138: 1677-1683, 2008.
- Chesney RW. Taurine: its biological role and clinical implications. *Adv Pediatr* 32: 1-42, 1985.
- Goto T, Saito Y, Morikawa K, Kanamaru Y, and Nagaoka S. Epigallocatechin gallate changes mRNA expression level of genes involved in cholesterol metabolism in hepatocytes. *Br J Nutr* 107: 769-773, 2012.
- 穂下剛彦、胆汁酸の抱合様式と脱抱合反応、*日本臨床* 42: 1523-1528, 1984.
- Huxtable RJ. Physiological actions of taurine. *Physiol Rev* 72: 101-163, 1992.
- Koyama Y, Abe K, Sano Y, Ishizaki Y, Njelekela M, Shoji Y, Hara Y, Isemura M. Effects of green tea on gene expression of hepatic gluconeogenic enzymes in vivo. *Planta Med* 70: 1100-1102, 2004.
- Meguro S, Mizuno T, Onizawa K, Kawasaki K, Nakagiri H, Komine Y, Suzuki J, Matsui Y, Hase T, Tokimitsu I, Shimasaki H, and Itakura H. Effects of catechins on diet-induced obesity in mice. *J Oleo Sci* 50: 593-598, 2001.

- Murakami S, Kondo S, Sakurai T, Kitajima H, Nagate T. Taurine suppresses development of atherosclerosis in Watanabe heritable hyperlipidemic (WHHL) rabbits. *Atherosclerosis* 163: 79-87, 2002.
- Murase T, Nagasawa A, Hase T, Tokimitsu I, Shimasaki, H, and Itakura H. Dietary tea catechins reduce development of obesity accompanied with gene expression of lipid-metabolizing enzymes in mice. *J Oleo Sci* 50: 711-715, 2001.
- Nagao T, Meguro S, Soga S, Otsuka A, Tomonobu K, Fumoto S, Chikama A, Mori K, Yuzawa M, Watanabe H, Hase T, Tanaka Y, Tokimitsu I, Shimasaki H, and Itakura H. Tea catechins suppress accumulation of body fat in humans. *J Oleo Sci* 50: 717-728, 2001.
- Raederstorff DG, Schlachter MF, Elste V, Weber P. Effect of EGCG on lipid absorption and plasma lipid levels in rats. *J Nutr Biochem* 14: 326-332, 2003.
- 菅原歩美、曾根博仁、わが国におけるメタボリックシンドロームのエビデンスと診断基準、*栄養学雑誌* 69: 205-213, 2011.
- Suzuki Y, Miyoshi N, and Isemura M. Health-promoting effects of green tea. *Proc Jpn Acad Ser B* 88: 88-101, 2012.
- 立花宏文、緑茶カテキン受容体 67LR を介したカテキンの機能性発現機構、*日薬理誌* 132: 145-149, 2008.
- 高瀬秀人、長尾知紀、大塚和弘、目黒真一、小御門雅典、時光一郎、高濃度茶カテキンの継続摂取が内臓脂肪型肥満女性の内臓脂肪およびメタボリックシンドロームリスクに及ぼす影響、*薬理と治療* 36: 237-245, 2008.
- Terashima M, Mitani T, Hosokawa Y, Nariai Y, Imada K, Kageyama E, and Tanigawa Y. Suppressive effect of taurine on platelet-derived growth factor (PDGF) BB-induced c-fos and c-jun mRNA expressions through extracellular signal-regulated kinase (ERK) in mesenchymal cell lines. *J Nutr Sci Vitaminol* 49: 187-194, 2003.
- Terashima M, Takahashi M, Yoshimura H, Mitani T, Nariai Y, and Tanigawa Y. Suppressive effect of epigallocatechin-3-gallate, a constituent of green tea, on platelet-derived growth factor-BB signaling pathway in rat A7r5 cells. *Shimane J Med Sci* 22: 1-6, 2004-2005.
- 土田隆、板倉弘重、中村治雄、カテキン類の長期摂取による人の体脂肪低減作用、*Prog Med* 22: 2189-2203, 2002.
- Wang S, Noh SK, and Koo SI. Epigallocatechin gallate and caffeine differentially inhibit the intestinal absorption of cholesterol and fat in ovariectomized rats. *J Nutr* 136: 2791-2796, 2006.
- Wolfram S, Raederstorff D, Preller M, Wang Y, Teixeira SR, Riegger C, and Weber P. Epigallocatechin gallate supplementation alleviates diabetes in rodents. *J Nutr* 136: 2512-2518, 2006.
- 家森幸男、遺伝子が喜ぶ長生きごはん - タウリンとマグネシウムの健康パワー、朝日新聞出版、東京、2010.

#These authors contributed equally to this study.

*correspondence to Prof. M.Terashima

terashim@tokaigakuen-u.ac.jp

☎052-801-6643, extension 4369