論　文

ラットにおけるアボカド摂取による有用性について

― 大豆油との比較による血中脂質・大腸への影響 ―

小橋　惠津[※1]・鈴木　広美[※2]・神戸　絹代[※3]

The Effectiveness of Increased Avocado Intake in Rats

― Relative Triglyceride Levels and Effects on the Colon as Compared to a Soybean Based Diet ―

Etsu KOHASHI[※1], Hiromi SUZUKI[※2] and Kinuyo KANBE[※3]

ABSTRACT

Over the past few years, the number of Japanese people diagnosed with metabolic syndrome rose rapidly, so the Japanese public has become significantly more health-conscious. In particular, the public has turned to a variety of different approaches to improve their overall health care including exercise and diet control. With regards to diet control one of the most popular methods has been to control one's intake of saturated fatty acids. Historically, Japanese diets which target controlling saturated fatty acid intake have relied heavily on soybeans. However, recent studies indicate that avocado intake may be a more effective method of reducing one's saturated fatty acid intake. The purpose of this research is to determine whether or not increased avocado intake leads to improved health care as it pertains to body weight, blood pressure, waist size, stool related issues, blood sugar levels, triglyceride and cholesterol levels.

Our results indicate that although there were insignificant differences in some areas, as compared to soybean consumption, avocado consumption led to significantly lower triglyceride levels, higher level of satiety and had less adverse effects on one's colon, thus this served as a better dietary control for metabolic syndrome.

1．はじめに

近年、食文化の変化により我が国においてメタボリックシンドロームや肥満などが原因となる生活習慣病が増加している。その対策として各種食品の成分とその作用効果の研究が進み、トマトに含まれるリコピンの動脈硬化予防作用、食物繊維の大腸がん予防効果、大豆に含まれるペプチドの降圧効果などが解明されている[1)]。

アボカドは、脂質含有量が高く、構成する脂肪分の８割以上はオレイン酸、リノール酸、α－リノレン酸など、良質な不飽和脂肪酸で構成され、果物には珍しくビタミンEも豊富で、その上、多くのミネラルや食物繊維[2)3)]を含有し、世界一栄養価の高い果物である。また、多く含まれるビタミンEには、老化の原因と考えられている過酸化脂質を抑制する働きがある[4)]。また、Pérez Méndez O, Garcia Hernández Lら[5)]によると、アボカド摂取ラットは、コントロール食群と比し、血漿のトリグリセライド値が約27％低下し、一方高密度リポタンパク質（以下HDL）コレステロールは、コントロール食群と比して高値を示したと報告し、アボカドを含む食事は血中トリグリセリドを減少させ、HDLコレステロールを上昇さ

※１　日本大学短期大学部（三島校舎）　元教授　Former Professor, Junior College (Mishima Campus), Nihon University
※２　社会福祉法人旭福祉会みどりご保育園　管理栄養士　Registered Dietitian, Shakaifukushihoujin Asahifukushikai Midorigo nursery school
※３　日本大学短期大学部（三島校舎）　教授　Professor, Junior College (Mishima Campus), Nihon University

せる働きがある事を示唆している。また、Fulgoni VL 3rd、Dreher M Davenport Aj.ら[6]によるとアボカド摂取はメタボリックシンドロームの危険を減少させると報告している。その他、アボカドに期待される効果として、動脈硬化予防、細胞老化防止、糖尿病予防、ガン抑制、高血圧予防、便秘予防、貧血改善、解毒作用があるといわれている[7]。

そこで今回、欧米でよく食用され、1993年と比較すると、2013年の日本全国への輸入数量は13倍[8]と消費量が増加し、わが国でも身近な食品となったアボカドの有用性を検討する。その比較対象として、古くから常用されている大豆油（植物性油）を用い、同じ割合の脂質と食物繊維を含むように調整し、コントロールとした。アボカドの有用性が、アボカド特有のものか、その脂肪酸組成の違い、食物繊維の違いによるものかを比較検討し、アボカドの摂取によるメタボリックシンドローム改善効果つき、若干の知見を得たので報告する。

本研究は、日本大学動物委員会に申請し許可を得て実施した。

2．実験方法

実験動物は生後４週のウィスター系雄性ラット12頭を２群に分け、１群はコントロール食群（以下１群)、２群は、アボカド食群（以下２群）とし、比較検討を行った。尚、大豆油（Soybean oil）とアボカドの脂肪酸組成の比較[9]を表１に示す。

飼育条件は室温約25℃、12時間の明暗サイクル（８：00点灯、20：00消灯）とし、金属ケージにて個別飼育し11週飼育後に、採血と解剖を行い、肝臓、大腸の組織学的検討を加えた。

2．1　測定項目

１）連日測定項目：飼料摂取量、水分量、糞便量

２）週１回測定項目：体重、腹囲、便通時間、

血圧（３回測定し記録後その平均値を算出)：血圧は、ソフトロン社製のラット・マウス非観血式血圧測定装置（BP-98A）を用いて測定した。

空腹時血糖（ニプロフリースタイル測定器、FS血糖センサーライト：商品コード11-776、製造：アボット・ジャパン株式会社）

３）便通時間：各飼料にカルミン酸色素（東京化成工業株式会社、製品コードC0782）を加え、飼料投与後より色素便排出までの時間を測定した。

４）血液生化学検査（11週後)：血糖（以下BS）値・血中トリグリセライド（以下TG）値・総コレステロール（以下TC）値・アスパラギン酸アミノトランスフェラーゼ（以下AST）値・アラニントランスアミナーゼ（以下ALT）値・クレアチニン（以下Cr）値・尿素窒素（以下BUN）値は、検査会社SRL八王子ラボセンターに依頼し測定した。

５）臓器の重量：心臓、肝臓、腎臓

６）標本組織：HE染色（肝臓：脂肪滴の空胞変性をカウント、大腸：ポリープ数と組織）

①脂肪滴の測定：HE染色の空胞変性部分をカウントした。接眼ミクロメーター（OLYMPUS：Eyepiece Micrometer方眼10mm10等分）を用い、各群とも一頭につき10視野、各群計60視野測定し比較した。

②大腸腸管粘膜の測定

a 解剖時大腸の粘膜を観察し、ポリープ様隆起性病変部を測定した。

b 大腸粘膜標本より粘膜の高さの測定と組織型の比較は（接眼ミクロメーター OLYMPUS：Eyepiece Micrometer 10mm100等分）を用い、各群一匹につき10視野、各群計60視野を測定した。

2．2　飼料作成と栄養価[10]

飼料は表２の様に調整した。栄養価を表３に示す。

１)コントロール食:PMI Nutrition International（USA）製のPicoLab Rodent Diet 20 5053を使用した。

２）アボカド食：アボカド食は、コントロール食とPFC比率（19：21：60）が同様になる様に、大豆油（Soybean oil）をアボカドに置き換えて調整し作成した。アボカドは生のまま乳鉢ですり、ミルサーで混ぜて使用した。

2．3　統計解析

各ラットの体重差を調整するため、１週間毎の各群の平均値を算出し、その後エクセル統計を用いて一元配置分散分析を用い、これに基づいてｔ検定を実施し、両側で５％を有意水準として差の検定を行った。

3．結　　果

3．1　平均飼料摂取量

平均飼料摂取量の推移を図１に、平均飼料摂取量を図２に示す。飼料の摂取量は４週目から２群間に差を認め、２群＞１群の傾向を示したが、有意差は認めなかった。２群のアボカド摂取量と体重の変化を図３に示す。７週目まではアボカドの摂取量と体重の増加は平行して増加がみられたが、８週目よりアボカド摂取量は平行線をたどった。図４に示すよ

うに、体重１g当たりのアボカド摂取量は月例ともに減少を示した。

３．２　体重増加量及び腹囲測定

平均体重増加の推移を図５に、平均体重増加量を図６に示す。１群＞２群の傾向を示したが、両群間に有意差を認めなかった。腹囲の推移を図７、平均腹囲を図８に示す。腹囲においても１群＞２群の傾向を示したが、有意差は認められなかった。

３．３　エネルギー摂取量

飼料摂取量から平均エネルギー摂取量を算出した。平均エネルギー摂取量の推移を図９、平均エネルギー摂取量を図10に示す。両群間に有意差はなかった。また、体重１g当たりの平均エネルギー摂取量（図11）で検討すると、２群が少ない傾向を示したが、有意差は認められなかった。

３．４　糞便量・便通通過時間

アボカドに含まれる食物繊維による消化吸収時間や便量に対する効果を検討する為に、セルロースそのものを摂取させた１群との間で比較し、糞便重量の推移を図12、平均糞便量を図13、平均便通通過時間を図14、平均便通通過時間を図15に示す。いずれも有意差は認めなかったが、２群において、平均糞便重量が多く、平均便通通過時間も長い傾向を示した。

３．５　血圧の変化

平均最小血圧の推移を図16、平均最小血圧を図17、平均最大血圧の推移を図18、平均最大血圧を図19に示す。最大血圧・最小血圧とも有意差を認めなかった。

３．６　血液データ

平均BS値の推移を図20、平均BS値を図21に示す。いずれも２群が低い傾向を示したが、有意差を認めなかった。

平均TG値を図22に示す。平均TG値は２群が１群に比して有意に減少していた。

平均TC値の比較を図23に示す。有意差を認めなかった。

肝機能障害の検討のため、平均AST値を図24、平均ALTを図25に示す。両群とも異常値は示さず、両群間に差を認めなかった。

腎機能障害の検討のため、平均Cr値を図25に示す。異常値は示さず両群間に差を認めなかった。

３．７　臓器重量

肝臓、腎臓、心臓に対する負荷を検討する上で、解剖時の各臓器の重量を測定した。肝臓（１群の平均15.92g、２群の平均15.53g）、心臓（１群の平均1.23g、２群の平均1.18g）、腎臓（１群の平均1.23g、２群の平均1.18g）であり、体重１g当たりの重量に調整した結果（図27～29）では、両群間に有意差を認めなかった。

３．８　標本組織

便量や便通通過時間が大腸粘膜組織状態と関係するかを検討する為に、大腸粘膜腺管の長さを測定し、その形態を観察し（写真１～５）、大腸粘膜の高さとポリープの有無を測定・検討した。粘膜の高さは１群＞２群と、１群が高かったが、有意差は認めなかった。一方、大腸粘膜内に認めたポリープ数を比較すると、１群の合計14個、２群の合計16個でほぼ同数であった。

組織学的検討は、表４に示すように、２群は過形成性ポリープの形態を示したものが約47％であるのに対し、１群では、約８％と低く、そのほとんどが炎症性ポリープの形態を呈していたが、有意差を認めなかった。この様に２群においては、炎症性ポリープが少なく、過形成ポリープの比率が高い事は、アボカドには何らかの抗炎症作用が有することを示唆するものと考えた。

肝臓内への脂肪の取り込みを検討する為に、HE染色にて、肝組織内での空胞変性を測定した（写真６、７）。各群とも20視野カウントした結果、その合計は、１群が41個、２群が37個であり、２群間に有意差は認められなかった。

４．考　　察

脂質成分としてアボカド摂取による有効性の検討を行った。大豆油を使用した飼料と同じ脂質エネルギー比率でアボカドから摂取した場合、アボカド食は100g中のエネルギー量は低いため、体重増加率も有意差を認めなかった。アボカドには水分含有量が多いため、水分による重量感が満腹感となり、摂取エネルギー量は低く抑えられると考えられる。また、ヒトにおいて体重当たりの栄養素等摂取量は、成人に比べて小児の方が高い。今回のラットにおけるアボカド摂取量の栄養素等摂取量も同じ傾向を示していたので、月例と共に適正な量を摂取していたと考

えられる事より、成人におけるダイエット食としての有用性があることが示唆された。

今回の実験により、アボカドに血漿中の中性脂肪を減少させる働きが認められた。この結果はアボカドを摂取したラットの血漿トリアシルグリセロール濃度が低下したとしたPérezらの研究報告と一致するものであった。一方、コレステロールについては、TC値で影響が見られなかった。アボカドの脂肪酸組成の特徴は、表１のように、大豆油に比べ、オレイン酸が多く含まれていることである。オレイン酸には、LDLコレステロール低下作用、HDLコレステロール上昇作用があるといわれている[9)]。これらに関わる実験を行い、その効果を検討することは今後の課題としたい。

また、アボカドの大腸腺管粘膜内に認められたポリープの組織学的検討により、アボカド食群（２群）は過形成性ポリープが多く、一方、コントロール群は、炎症性ポリープが多く観察された事により、アボカドは、腸内細菌叢に何らかの影響を与える抗炎症作用を有し、腸管免疫にも寄与しているのではないかと推察された。

５．ま と め

今回の検討により、アボカドの摂取量は多いにもかかわらず、体重の増加率に差を認めなかった事、アボカドの血中トリグリセライド値の減少作用が認められた事で、アボカド有用性が判明したが、LDLコレステロールおよびHDLコレステロールを測定する実験などを追加し、LDL/HDLの比を検討することにより、更なる効果を検討していきたい。また、腸内細菌との関係を検討することで、便通、腸管免疫対する効用も明らかになるものと考えた。

６．終わりに

年々増加しているメタボリックシンドロームの予防対策の一つとして、アボカドの有用性を検討した所、血中トリグリセライド抑制効果がラットにおいては著明に認められ、メタボリックシンドローム対策の為の食品としての有用性が判明した。さらに、脂質異常症を対象に、アボカドを加えた献立による食事指導を行う臨床試験も、今後行って行きたい。

本研究は、平成25年日本大学国際関係学部生活科学研究所個人研究費で行い、利益相反に相当する事項はない。

７．参考文献

１）西川研次郎：食品機能性の科学，編集委員会，産業技術サービスセンター，p.42，2008.
２）辻啓介：食品成分シリーズ，食物繊維の科学，朝倉書店，p.1，1998.
３）森田達也：食物繊維－基礎と応用，p.42，2008.
４）米本仁巳：新特産シリーズ，アボカド－露地でつくれる熱帯果樹の栽培と利用，pp.1-17，2007.
５）Pérez Méndez O, Garcia Hernández L: Avocado consumption is associated with better diet quality and nutrient intake, and lower metabolic syndrome risk in US adults: results from the National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES) 2001-2008. Nutrition Journal, 2013.
６）Victor L Flgonilll, Mark Dreher, Adrienne J Davenpor: High-density lipoproteins (HDL) size and composition are modified in the rat by a diet supplemented with “Hass” avocado, Arch Cardiol Mex, 77(1), pp.17-24, 2007.
７）五明紀春：食材健康大辞典－502品目1590種まいにちを楽しむ，時事通信出版社，p.160，2005.
８）東京都関税資料：URL:http://www.customs.go.jp/tokyo/content/toku2601.pdf#search, 2013.
９）田中清，幣憲一郎：脂質栄養と健康，建帛社，2005.
10）資源調査分科会報告：日本食品標準成分表2010.

表１　大豆油とアボカドの脂肪酸組成の比較

〈大豆油〉100g			(基準)	〈アボカド〉100g			(基準)
脂肪酸総量	92.76	SMP		脂肪酸総量	16.22	SMP	
飽和脂肪酸	14.87	16.0	30	飽和脂肪酸	3.21	19.8	30
一価不飽和脂肪酸	22.12	23.8	40	一価不飽和脂肪酸	10.82	66.7	40
多価不飽和脂肪酸	55.78	60.1	30	多価不飽和脂肪酸	2.16	13.3	30
n-3系多価不飽和脂肪酸	6.1			n-3系多価不飽和脂肪酸	0.13		
n-6系多価不飽和脂肪酸	49.67			n-6系多価不飽和脂肪酸	2.03		
n-6系/n-3比	8.14		1:4	n-6系/n-3比	15.62		1:4
		脂肪酸組成（%）				脂肪酸組成（%）	
ミリスチン酸（14:0） mg	71	0.08		ミリスチン酸（14:0） mg	6	0.04	
ペンタデカン酸（15:0） mg	42	0.05		ペンタデカン酸（15:0） mg	0	0.00	
パルミチン酸（16:0） mg	9900	10.62		パルミチン酸（16:0） mg	3100	19.16	
ヘプタデカン酸（17:0） mg	0	0.00		ヘプタデカン酸（17:0） mg	4	0.02	
ステアリン酸（18:0） mg	4000	4.29		ステアリン酸（18:0） mg	88	0.54	
アラキジン酸（20:0） mg	350	0.38		アラキジン酸（20:0） mg	4	0.02	
ベヘン酸（22:0） mg	370	0.40		ベヘン酸（22:0） mg	0	0.00	
リグノセリン酸（24:0） mg	130	0.14		リグノセリン酸（24:0） mg	0	0.00	
パルミトレイン酸(16:1） mg	84	0.09		パルミトレイン酸(16:1） mg	1300	8.03	
ヘプタデセン酸（17:1） mg	0	0.00		ヘプタデセン酸（17:1） mg	13	0.08	
オレイン酸（18:1） mg	22000	23.60		オレイン酸（18:1） mg	9500	58.71	
イコセン酸（20:1） mg	190	0.20		イコセン酸（20:1） mg	35	0.22	
リノール酸（18:2） mg	50000	53.63		リノール酸（18:2） mg	2000	12.36	
α－リノレン酸（18:3） mg	6100	6.54		α－リノレン酸（18:3） mg	130	0.80	
総脂肪酸量 mg	93237	100		総脂肪酸量 mg	16180	100.00	

表２　飼料の成分量

〈コントロール食〉	重量（g）	〈アボカド食〉	重量（g）
とうもろこしでん粉	52.95	とうもろこしでん粉	50.38
casein	20	casein	19.25
車糖・上白糖（sucrose）	10	車糖・上白糖（sucrose）	10
大豆油	7	アボカド-生	41.42
cellolose powder	5	mineral mix	3.5
mineral mix	3.5	vitamin mix	1
vitamin mix	1	L-cysteine	0.3
L-cysteine	0.3	cholinbitartrate	0.25
cholinbitartrate	0.25	tert-Butylhydroqunone	0.014
tert-Butylhydroqunone	0.014	合計	126.1
合計	100.00		

表３　100g当たりの飼料の栄養価

	エネルギー（kcal）	水分（g）	たんぱく質（g）	脂質（g）	炭水化物（g）	食物繊維（g）
コントロール食	367	6.9	17.6	7.7	55.6	2.3
アボカド食	292	28.6	14.2	6.7	44.4	1.7

表４　ポリープの組織学的検討

	炎症性	過形成	ポリープ数
１群	24（92.31%）	2（ 7.69%）	26（100%）
２群	17（53.13%）	15（46.88%）	32（100%）

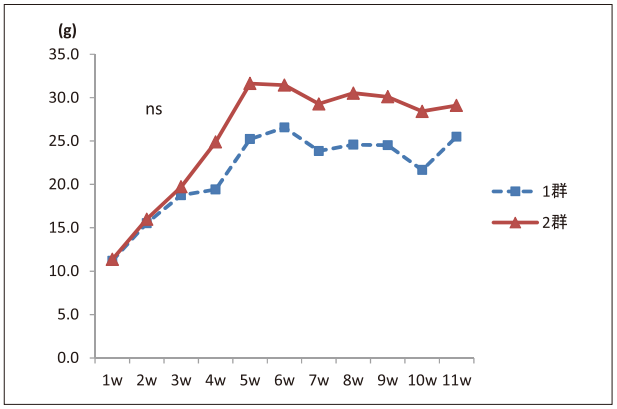

図１　平均飼料摂取量の推移

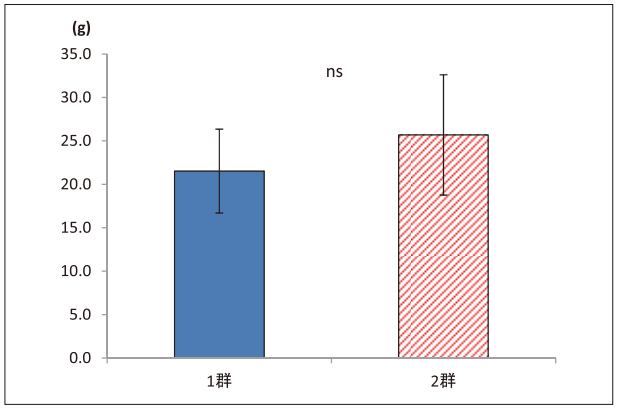

図２　平均飼料摂取量

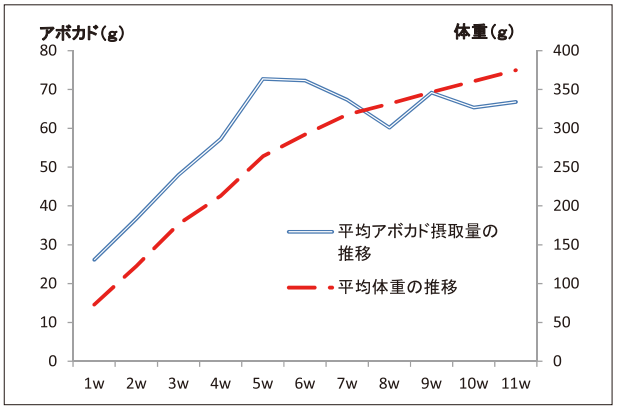

図３　２群のアボカド摂取量と体重の推移

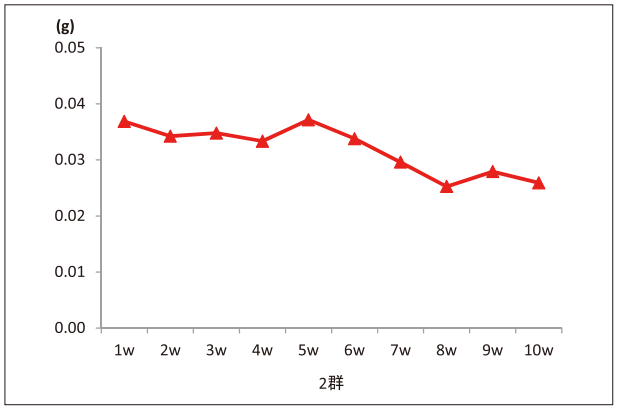

図４　体重１g当りのアボカド摂取量の推移

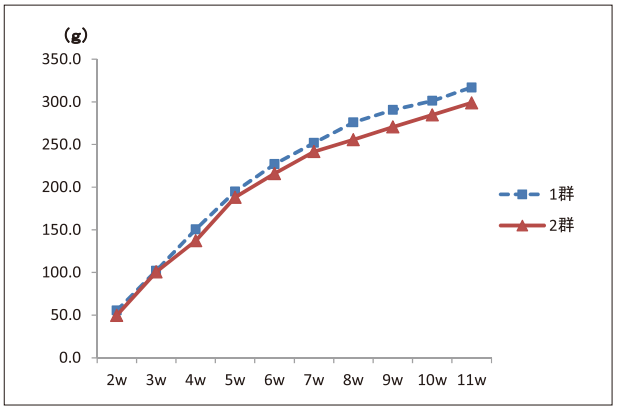

図５　平均体重増加の推移

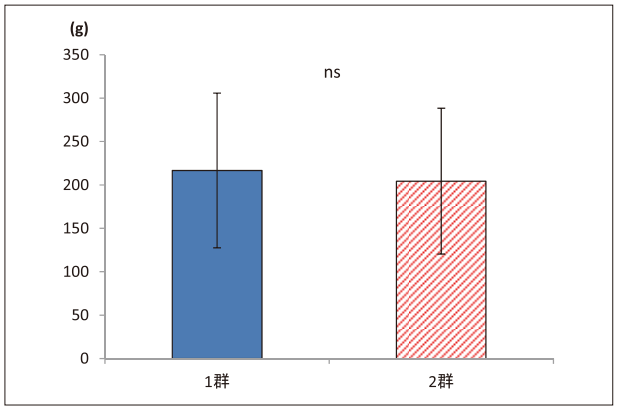

図６　平均体重増加量

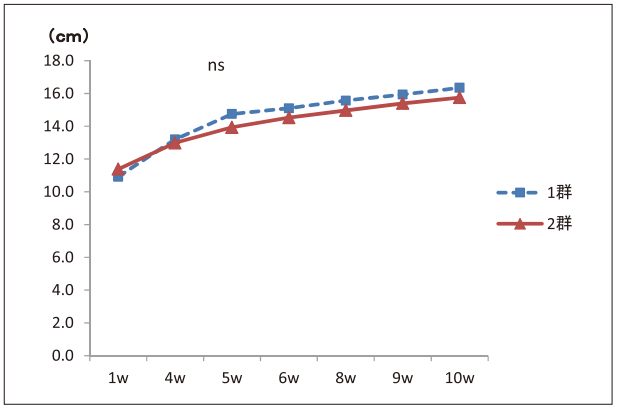

図７　平均腹囲の推移

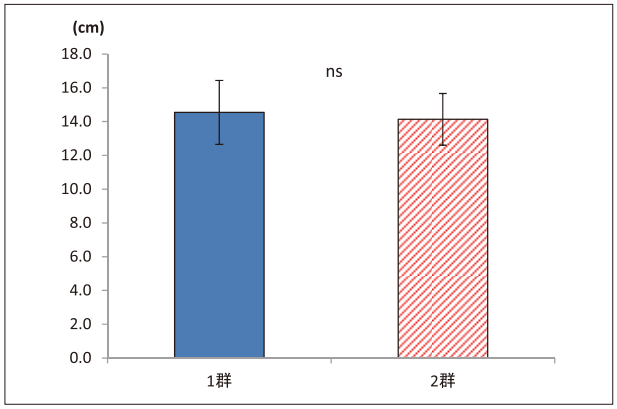

図８　平均腹囲

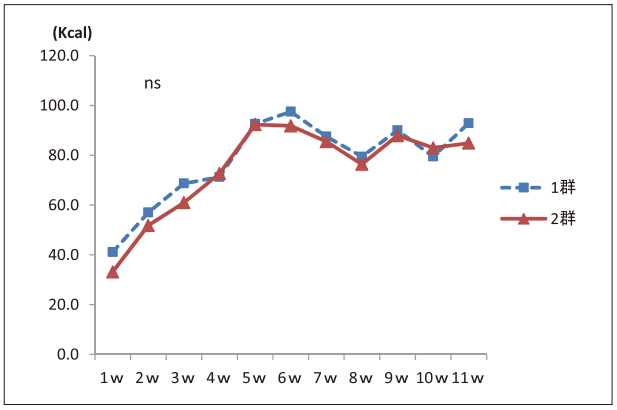

図９　平均エネルギー摂取量の推移

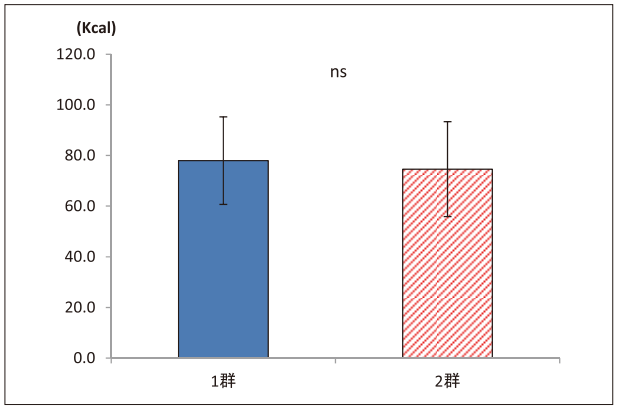

図10　平均エネルギー摂取量

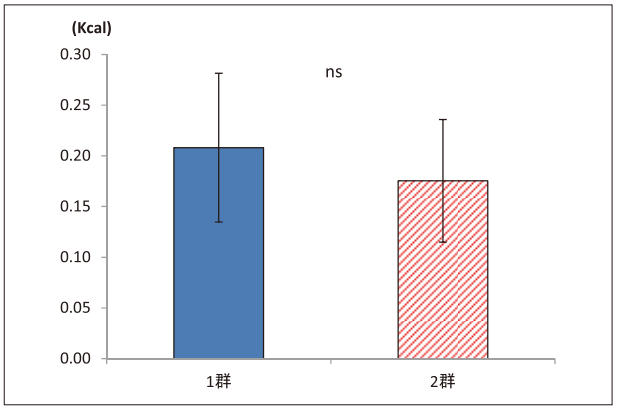

図11　体重１g当たり平均エネルギー摂取量

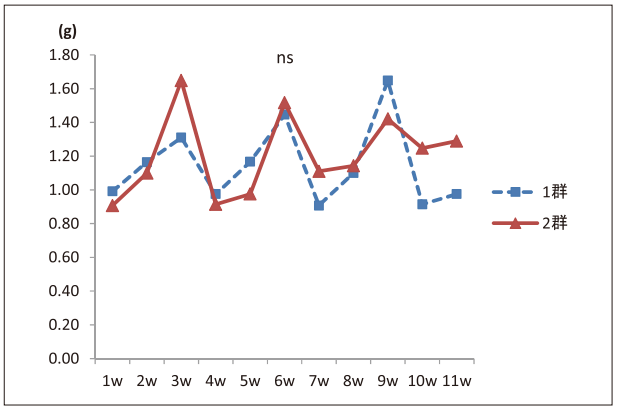

図12　平均糞便量の推移

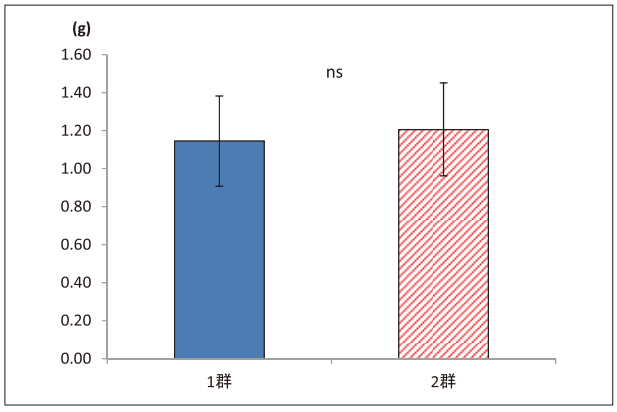

図13　平均糞便量

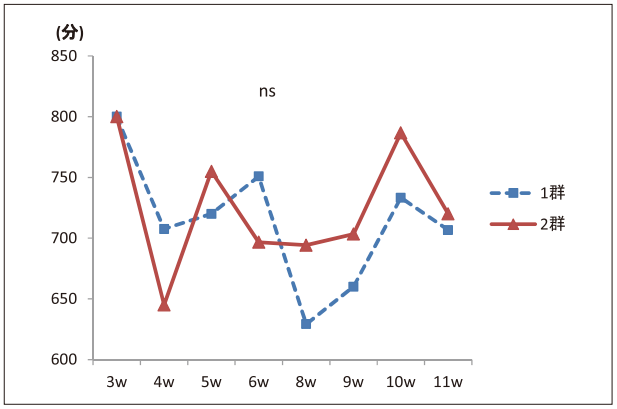

図14　平均便通時間の推移

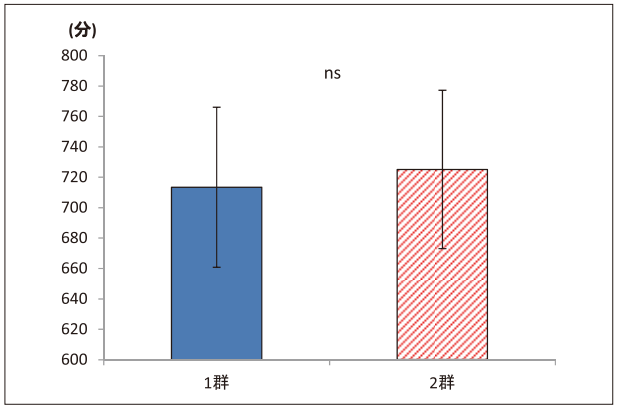

図15　平均便通時間

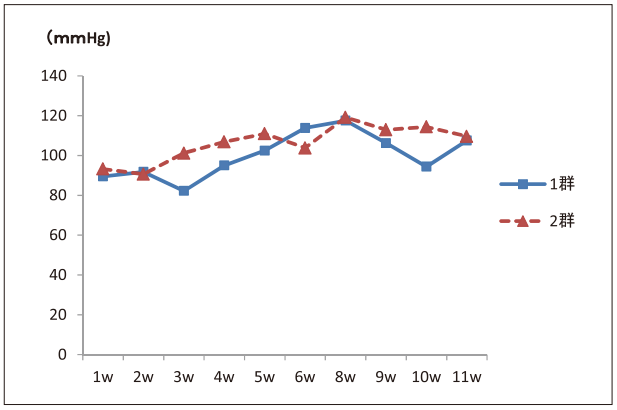

図16　平均最小血圧の推移

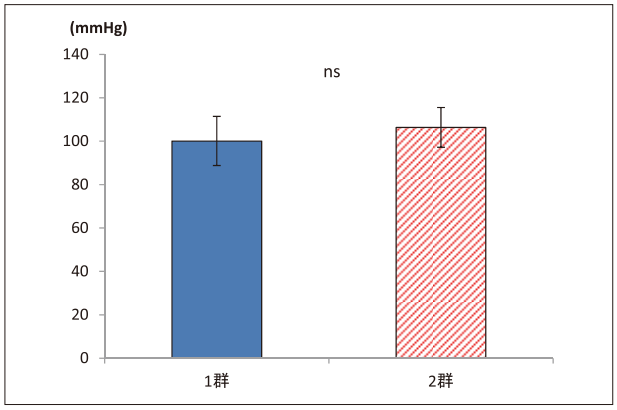

図17　平均最小血圧

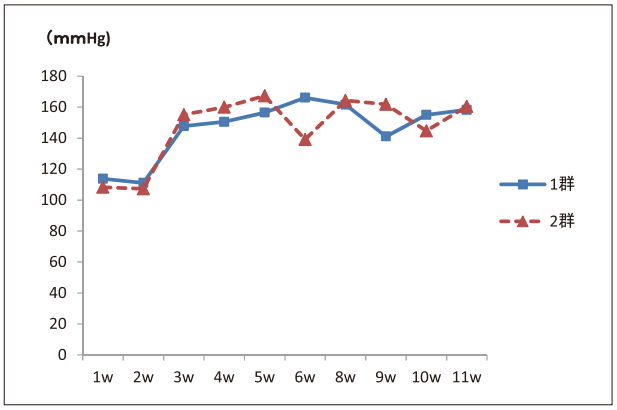

図18　平均最大血圧の推移

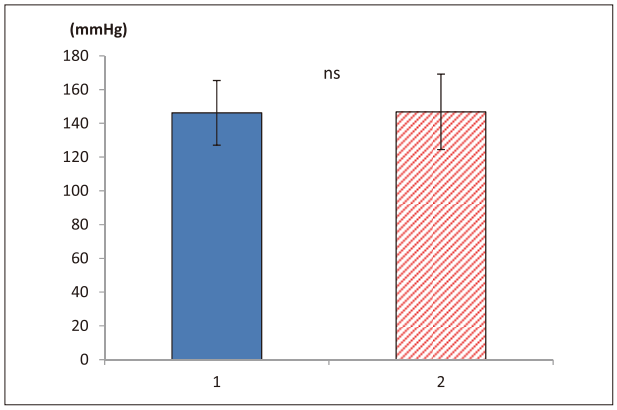

図19　平均最大血圧

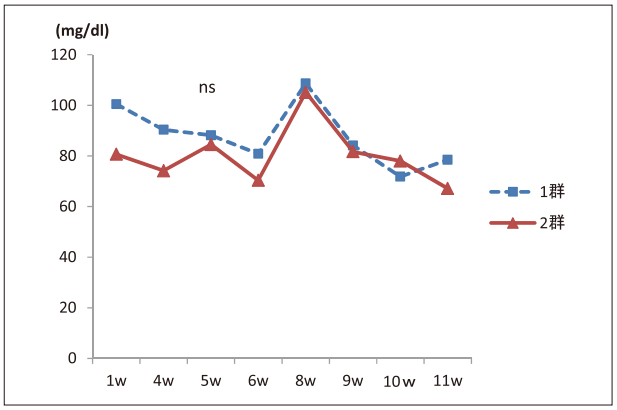

図20　平均血糖値の推移

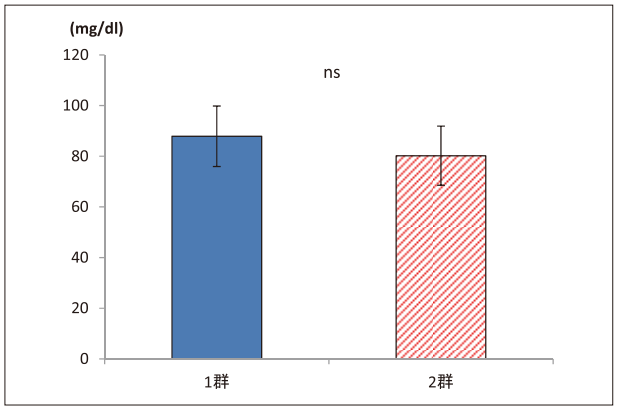

図21　平均血糖値

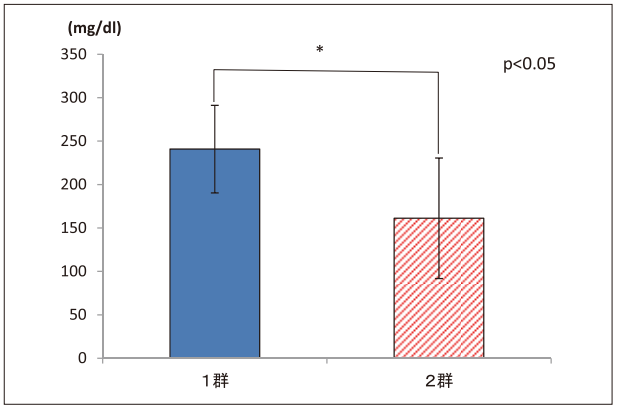

図22　平均TG値

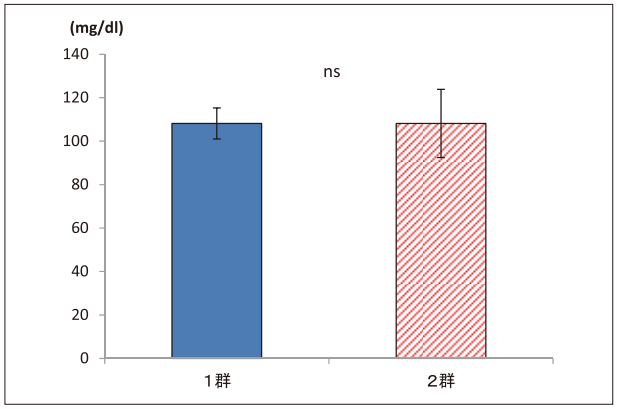

図23　平均TC値

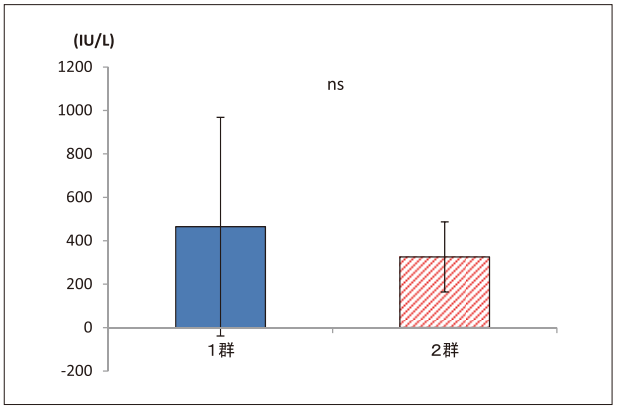

図24　平均AST値

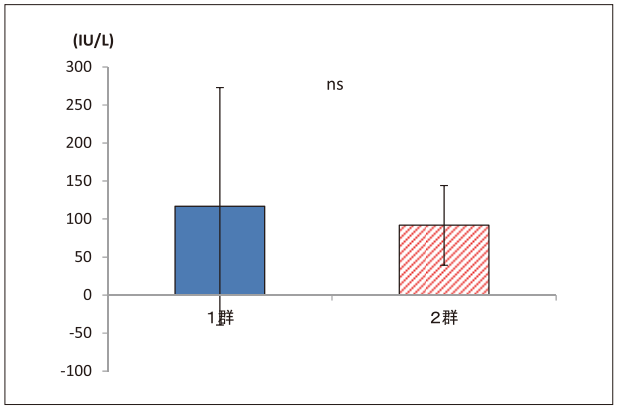

図25　平均ALT値

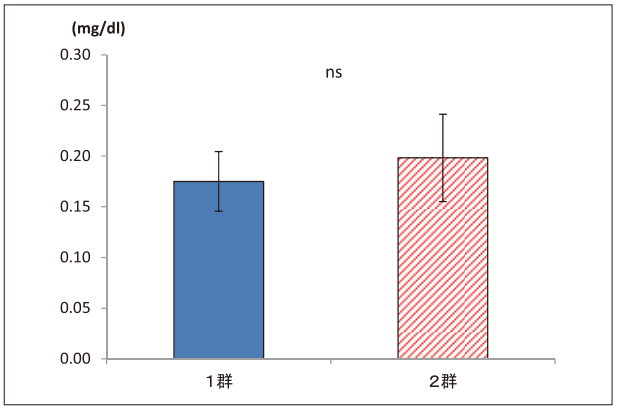

図26　平均Cr値

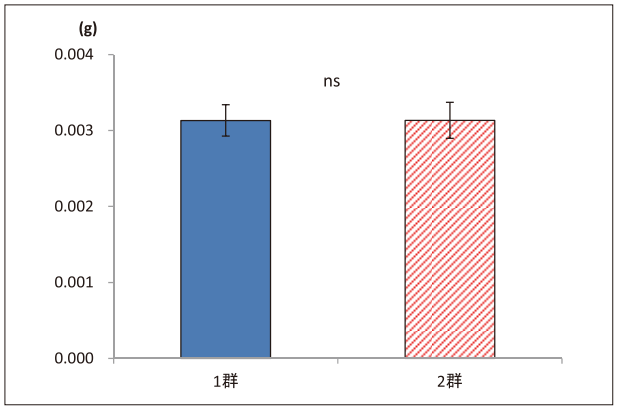

図27　平均体重１g当たりの心臓重量

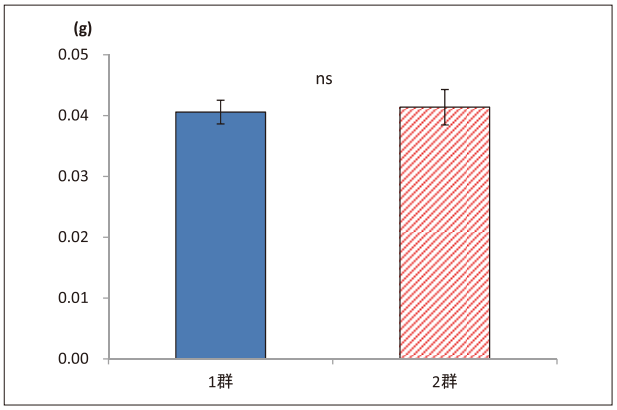

図28　平均体重１g当たりの肝臓重量

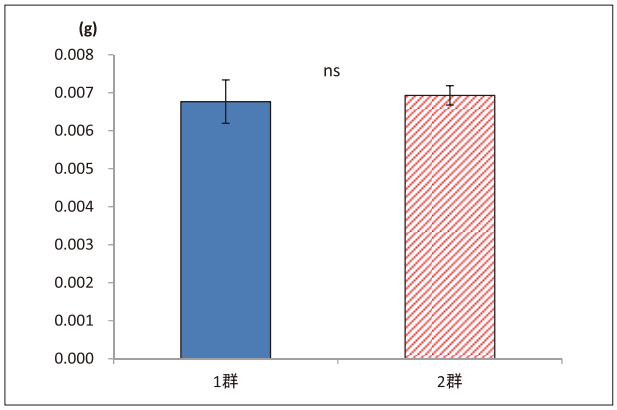

図29　平均体重１g当たりの腎臓重量

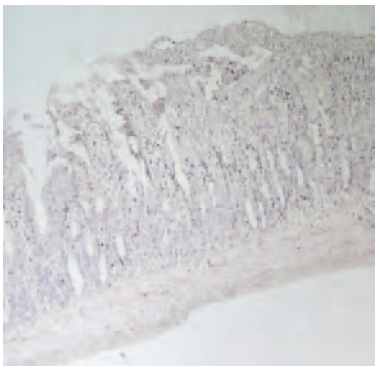

写真１　１群大腸腸管粘膜ポリープ（－）
10×10倍

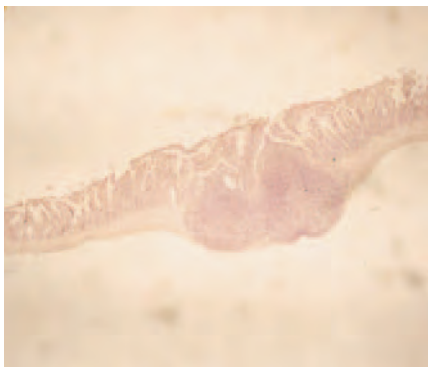

写真２　１群大腸炎症性ポリープ
10×４倍

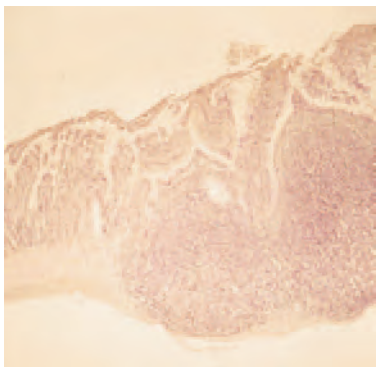

写真３　１群大腸炎症性ポリープ
10×10倍

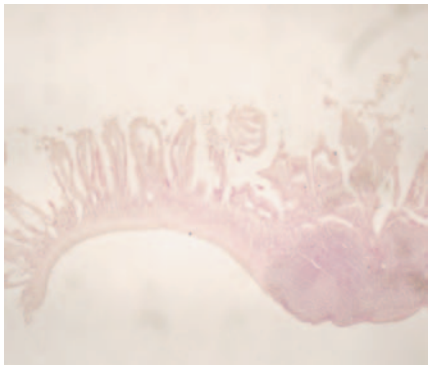

写真４　２群大腸過形性＋炎症性ポリープ
10×４倍

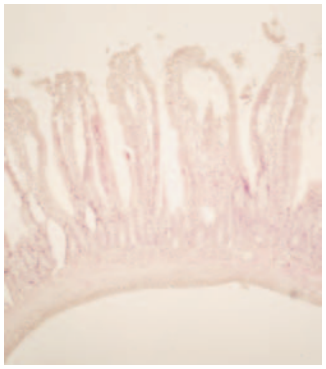

写真５　２群大腸過形性ポリープ
10×10倍

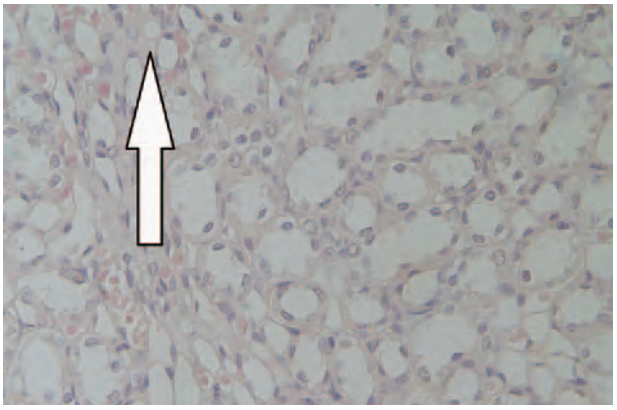

写真６　１群肝臓空胞変性
10×40倍

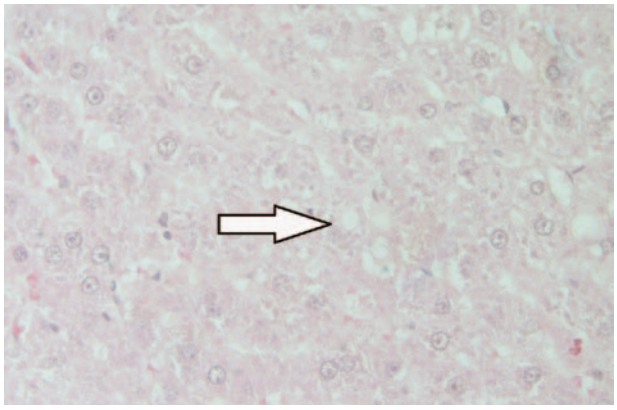

写真７　２群肝臓空胞変性
10×40倍