

平成 21 年度 安全情報

項目	内容
テーマ	妊婦や子ども・青少年のカフェイン摂取に関するリスク評価と摂取量の助言について
概要	<p>2008 年、英国食品基準庁 (FSA) は、妊娠中の女性に対し、カフェインの摂取量を 1 日 200 mg (コーヒー約 2 杯) までに制限するよう助言した。これは、妊娠中のカフェイン摂取は胎児発育遅延のリスク増加に関連するという研究結果に基づいたものである。この研究では、英国の妊娠中の女性の平均カフェイン摂取量は 159mg/日であり、カフェインの 62% は紅茶から、14% はコーヒーから摂取していることについても報告されている。</p> <p>また、同年、北欧諸国は小児及び青年のカフェイン暴露についてリスク評価を行なった。カフェイン耐性の増加についての NOEL (無影響量) 値は 0.3 mg/kg bw で、これは体重 50kg で 1 日に約 15 mg に相当する。LOEL (最小影響量) 値は 1.0-1.3 mg/kg bw で、これは体重 50kg で 1 日に 50 mg を超えるとカフェイン耐性が増加する可能性があることを示す。不安感やイライラ感についての LOAEL (最小有害影響量) は、2.5 mg/kg bw (体重 50kg で 1 日に 125mg) とされた。北欧の 4~6 歳児におけるカフェイン暴露量は、小児の約 50% で耐性増加に関する NOEL より低く、10% では耐性が増加する可能性がある量を上回っている。ティーンエイジャーでは、約 20% はカフェイン含有ソフトドリンクから不安感やイライラ感を誘発する量のカフェインを摂取している可能性がある。</p> <p>なお、本リスク評価中で食品中のカフェイン含有量は、コーヒーがカップ 1 杯 (200 ml) で約 100mg、エネルギー飲料 1 缶 (330 ml) で約 105mg、コーラ 1 本 (500 ml) で 65 mg のカフェインを含むとされている。</p> <p>現在のところ、WHO や EU 等により、一日摂取許容量 (ADI) や上限耐容摂取量 (upper tolerable intake level) は設定されていない。</p> <p>我が国では、東京都健康安全研究センターが、市販の清涼飲料水、氷菓、アイスクリーム及び菓子類中のカフェイン含有量と、コーヒー豆や茶葉から通常飲用する条件で抽出した液のカフェイン含有量を調査している。</p> <p>調査の結果、市販のコーヒー飲料ではカフェインが平均 450 μg/g (0.45mg/g)、紅茶飲料は平均 170 μg/g (0.17 mg/g)、日本茶飲料は平均 140 μg/g (0.14 mg/g) が検出された。通常飲用する条件で抽出した液では、コーヒーのカフェインは平均 650 μg/g (0.65 mg/g)、紅茶は平均 360 μg/g (0.36 mg/g)、日本茶は平均 700 μg/g (0.70 mg/g) であった。日本茶はカフェイン量が高い玉露、抹茶を含む結果である。東京都健康安全研究センターが実施した別の調査では、日本茶を通常飲用する条件で抽出してカフェイン含有量を検査しているが、煎茶では平均量は 0.39mg/g で</p>

	あった。
対象	都民
今後の取組みの方向性	妊婦や青少年、特に高レベルの摂取者のカフェイン摂取量を調査し、情報提供のあり方を検討する。都民に対し、情報提供や注意喚起を行う。
添付資料	<ol style="list-style-type: none"> 1 食品安全情報 2008年 No. 23 (国立医薬品食品衛生研究所) FSA は妊娠女性にカフェインの摂取を制限するよう助言(英国食品基準庁) 2 食品安全情報 2008年 No. 24 (国立医薬品食品衛生研究所) 北欧諸国の子どもや青少年のカフェイン暴露についてリスク評価が完了(フィンランド食品安全局) 3 妊娠中の母親のカフェイン摂取と胎児発育遅延リスク:大規模前向き観察研究(CARE研究グループ)(英文) 4 北欧諸国の小児および青年におけるカフェインのリスク評価 要旨(北欧地域協力)(英文) 5 食品中のカフェイン、テオブロミン及びテオフィリンの含有量(守安貴子ら:食衛誌, vol. 37, 59-63, 1996.) 6 茶葉及び茶飲料中のカテキン類、メチルキサンチン類及びアスコルビン酸の分析(小林千種ら:東京衛研年報, 49, 135-143, 1998) 7 都民が食品から摂取するカフェイン量(推定) 8 東京都民の健康・栄養状況(平成18年都民健康・栄養調査 東京都・区実施分集計結果)(東京都福祉保健局) 9 低出生体重児(2,500g未満の出生児)数の年次推移(平成2年～平成16年) (厚生労働省 妊産婦のための食生活指針―「健やか親子21」推進検討会報告書 平成18年2月 より抜粋)

食品安全情報 No. 23 / 2008 (2008. 11.05)

国立医薬品食品衛生研究所 安全情報部

(<http://www.nihs.go.jp/hse/food-info/foodinfonews/index.html>)

● 英国 食品基準庁 (FSA : Food Standards Agency) <http://www.food.gov.uk/>

1. FSA は妊娠女性にカフェインの摂取を制限するよう助言

Pregnant women advised to limit caffeine consumption (3 November 2008)

<http://www.food.gov.uk/news/newsarchive/2008/nov/caffeinenov08>

FSA は、妊娠中の女性のカフェイン摂取について、新しい助言を発表した (*1)。これは FSA のファンドによる新しい研究結果 (*2) にもとづいたものである。

FSA は、妊娠中の女性に対し、カフェインの摂取量を 1 日 200 mg (コーヒー約 2 杯) までに制限するよう助言している。カフェインの過剰摂取は赤ん坊の出生時体重を減らし、その結果、その後の人生における各種の健康リスクを増加させる。また、カフェインの過剰摂取は自然流産を誘発する可能性があるとするいくつかのエビデンスがある。カフェインは、コーヒー、紅茶、チョコレート、ある種のソフトドリンク、医薬品などに含まれる。FSA は、これまで 1 日の最大摂取量を 300 mg にするよう助言してきたが、新しい研究では、200 mg に制限することでさらにリスクを低減できることを示唆している。カフェインの平均摂取量はこれまでも 200 mg 以下であり、多くの妊娠女性にとって助言の変更による影響はない。

*1 : FSA の助言

Food Standards Agency publishes new caffeine advice for pregnant women

<http://www.food.gov.uk/news/pressreleases/2008/nov/caffeineadvice>

*2 : BMJ の論文 : 妊娠中の母親のカフェイン摂取と胎児の成長抑制リスク : 大規模前向き観察研究 (オープンアクセス)

Maternal caffeine intake during pregnancy and risk of fetal growth restriction: a large prospective observational study

http://www.bmj.com/cgi/content/full/337/nov03_2/a2332

国立医薬品食品衛生研究所 安全情報部

(<http://www.nihs.go.jp/hse/food-info/foodinfonews/index.html>)

- フィンランド 食品安全局 (EVIRA : Finnish Food Safety Authority)
<http://www.evira.fi/portal/en/evira/>

1. 北欧諸国の子どもや青少年のカフェイン暴露についてリスク評価が完了

A risk assessment has been completed on the exposure of children and adolescents to caffeine in the Nordic countries (11.11.2008)

http://www.evira.fi/portal/en/food/current_issues/?id=1473

EVIRA は、北欧諸国（フィンランド、アイスランド、ノルウェー、スウェーデン）の子どもや青少年のカフェイン暴露について評価するプロジェクトに参加してきた。このリスク評価で、たとえわずかな量のカフェインでも、カフェイン耐性の増加、禁断症状、不安、イライラ感などの悪影響があることが示された。発表された研究報告によれば、1日に約 15 mg のカフェインは、通常体重 50kg の若者に対する悪影響はないが、1日に 50 mg を超えるとカフェイン耐性が増加する可能性がある。カフェイン耐性の増加は、カフェイン依存性の徴候である。1日に 125mg を超えると、不安やイライラ感が観察された。体重がより軽い人の場合、少ない量のカフェインで有害影響が出る。カフェインの感受性には個人差があると考えられる。

コーヒーカップ 1 杯は約 100mg のカフェインを含み、エネルギードリンク 1 缶は約 105mg、コーラ 1 本は 65 mg のカフェインを含む。成人では、体重 60kg の人の場合、約 85mg で睡眠障害が誘発される可能性がある。

◇報告書：北欧諸国の子どもや青少年のカフェイン暴露に関するリスク評価

Risk assessment of caffeine among children and adolescents in the Nordic countries

<http://www.norden.org/pub/sk/showpub.asp?pubnr=2008:551>

Maternal caffeine intake during pregnancy and risk of fetal growth restriction: a large prospective observational study

CARE Study Group

Correspondence to: Justin C Konje, Department of Cancer Studies and Molecular Medicine, University of Leicester, Leicester LE2 7LX, jck4@le.ac.uk. Alternative correspondence: Janet E Cade, Centre for Epidemiology and Biostatistics, University of Leeds, Leeds LS2 9JT, j.e.cade@leeds.ac.uk

Cite this as: *BMJ* 2008;337:a2332
doi:10.1136/bmj.a2332

ABSTRACT

Objective To examine the association of maternal caffeine intake with fetal growth restriction.

Design Prospective longitudinal observational study.

Setting Two large UK hospital maternity units.

Participants 2635 low risk pregnant women recruited between 8-12 weeks of pregnancy.

Investigations Quantification of total caffeine intake from 4 weeks before conception and throughout pregnancy was undertaken with a validated caffeine assessment tool. Caffeine half life (proxy for clearance) was determined by measuring caffeine in saliva after a caffeine challenge. Smoking and alcohol were assessed by self reported status and by measuring salivary cotinine concentrations.

Main outcome measures Fetal growth restriction, as defined by customised birth weight centile, adjusted for alcohol intake and salivary cotinine concentrations.

Results Caffeine consumption throughout pregnancy was associated with an increased risk of fetal growth restriction (odds ratios 1.2 (95% CI 0.9 to 1.6) for 100-199 mg/day, 1.5 (1.1 to 2.1) for 200-299 mg/day, and 1.4 (1.0 to 2.0) for >300 mg/day compared with <100 mg/day; test for trend $P<0.001$). Mean caffeine consumption decreased in the first trimester and increased in the third. The association between caffeine and fetal growth restriction was stronger in women with a faster compared to a slower caffeine clearance (test for interaction, $P=0.06$).

Conclusions Caffeine consumption during pregnancy was associated with an increased risk of fetal growth restriction and this association continued throughout pregnancy. Sensible advice would be to reduce caffeine intake before conception and throughout pregnancy.

INTRODUCTION

Caffeine is the most widely consumed xenobiotic in pregnancy, with the potential to adversely affect the developing fetoplacental unit. Maternal caffeine intake has been reported to be associated with a reduction in birth weight,¹⁻⁵ but the precise level of intake above which the risk is increased remains unknown. Caffeine intake of ≥ 300 mg/day has been associated with fetal growth restriction,⁶⁻⁸ but Vlainac et al found a significant reduction in infant birth weight of 114 g with maternal caffeine consumption of as little as 141 mg/day.⁹ More controversially, others have shown that maternal caffeine concentration has an inverse association with birth weight when confounders such as smoking were

taken into account.^{2,10,11} In 2001 the Committee on Toxicity of Chemicals in Food, UK, after a thorough review of the literature, concluded that, although caffeine intake >300 mg/day might be associated with low birth weight and spontaneous miscarriage, the evidence was inconclusive.¹²

Possible reasons for these inconsistent outcomes include inaccurate estimation of caffeine consumption, including an assumption that tea and coffee are the only sources of caffeine,^{3,9,10} retrospective assessment of caffeine intake,^{2,10,13-15} assessment of association based on consumption in individual trimesters rather than throughout pregnancy,^{4,9,10,13} failure to allow for individual variations in caffeine metabolism,^{4,16} inadequate control for confounding factors such as smoking and alcohol consumption,^{17,18} and non-uniformity in defining the primary outcome measures.^{12,4,6,9,10,15,16}

Caffeine is rapidly absorbed and crosses the placenta freely.¹⁹ After ingestion of 200 mg caffeine, intervillous blood flow in the placenta was found to be reduced by 25%.²⁰ Cytochrome P450 1A2, the principal enzyme involved in caffeine metabolism, is absent in the placenta and the fetus.²¹ The amount of caffeine and metabolites available to the fetoplacental unit therefore depends on the maternal caffeine metabolism, which shows marked variation between individuals because of genetic and environmental factors such as nicotine.²²⁻²⁴ Variations in caffeine metabolic activity have been found to be more closely associated with fetal growth restriction than have blood caffeine concentrations.²⁵ Therefore, any comprehensive study of the effects of caffeine on fetal growth must include an assessment of caffeine metabolism.

In order to examine the association of maternal caffeine intake on fetal growth, we used a validated, robust caffeine assessment tool to quantify total caffeine intake, from all possible sources, throughout pregnancy.²⁶ Using these data, and taking into account individual variation in caffeine metabolism, we aimed to establish the safe upper limit of caffeine consumption with respect to adverse pregnancy outcome (specifically fetal growth restriction).

METHODS

Participants

We prospectively recruited low risk pregnant women from two large UK teaching hospital maternity units (Leeds and Leicester) from September 2003 to June

2006. The inclusion criteria included age 18-45 years and singleton pregnancies accurately dated by ultrasound. Women with concurrent medical disorders, psychiatric illness, HIV infection, or hepatitis B infection were excluded. We identified eligible women by screening their pre-booking maternity notes, then sent them detailed information about the study and asked them to return a reply slip about their willingness to take part in the study. Personal contacts were then made with those who agreed to participate. This initial visit was conducted at the hospital or at the volunteer's general practice or home by a clinical research fellow (Leicester) or a midwife (Leicester and Leeds) at 8-12 weeks gestation. Volunteers' demographic details (age, parity, maternal height, weight, socioeconomic status, and gestational age) were recorded by means of a questionnaire.

Quantification of caffeine intake

Caffeine intake was estimated with a validated caffeine assessment tool, a questionnaire designed at the University of Leeds, to record habitual caffeine intake before and during pregnancy.²⁶ Information in the questionnaire included estimates of caffeine content from all potential dietary sources and over the counter drugs and details of potential confounders such as smoking, alcohol intake, and nausea. We recorded specific brand names, portion sizes, methods of preparation, and quantity and frequency of intake for different gestational periods. We also obtained details of caffeine content for each item from published reports,²⁷ manufacturers, and coffee houses, and, from these, we estimated precise caffeine intakes using an SPSSv14 program developed in-house.²⁶ Three caffeine assessment tools were administered by the clinical research fellow and research midwives to determine caffeine intake in pregnancy—the first, administered at recruitment by the researcher,

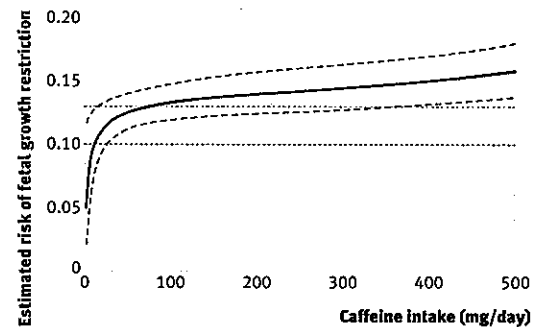


Fig 1 Relation between risk of fetal growth restriction and caffeine intake (mg/day) during pregnancy. The relation is modelled by the best-fitting second-order fractional polynomial, with 95% confidence intervals. The graph is restricted to <500 mg/day for clarity. Horizontal dotted lines mark national average risk of fetal growth restriction (10%) and average risk in study cohort (13%)

included aspects of recall of caffeine intake from four weeks before pregnancy until recruitment into the study at 8-12 weeks of pregnancy; the second covered the period 13-28 weeks; and the third included the period 29-40 weeks of pregnancy.

Saliva sample collection, storage, and transport

Saliva samples for determining nicotine exposure (defined as baseline values before the caffeine challenge) were collected from women at recruitment, using a Salivette (Sarstedt, Aktiengesellschaft, Loughborough, UK) kept in the mouth for 5-10 minutes. Additionally, we assessed caffeine half life from a caffeine challenge test (adapted from Butler et al²⁸) performed within two weeks of recruitment. We provided participants with appropriate materials and instructions to perform the test at home, and the samples were then returned in a prepaid envelope. The test involved overnight fasting, followed by the challenge (a drink of 500 ml diet cola containing 63.5 mg caffeine ingested over a period of 20 minutes) with no other caffeine consumed during the challenge. Participants then collected saliva samples about one and five hours after the challenge. Precise sample collection times and details of drinks or food consumed during the test period were recorded on a questionnaire. When samples arrived at the laboratory, saliva was isolated from the Salivettes by centrifugation and stored at -80°C.

Biochemical analyses

All samples were analysed in the Molecular Epidemiology Unit (University of Leeds).

Salivary caffeine—Salivary caffeine was extracted and quantified using liquid-liquid extraction and reversed phase high performance liquid chromatography (HPLC) with ultraviolet detection.²⁶ We calculated the half life for caffeine from salivary caffeine concentrations recorded at one and five hours after the caffeine challenge.

Table 1 Demographic and clinical characteristics of 2635 pregnant women and their babies, according to pregnancy outcome. Values are numbers (percentages) unless stated otherwise

	Pregnancy outcome		
	Fetal growth restriction (n=343)	Appropriate fetal growth (n=2292)	Total (n=2635)
Maternal characteristics			
Mean (SD) age (years)	30.0 (6.6)	29.8 (6.5)	30 (6.6)
Mean (SD) weight before pregnancy (kg)	66.7 (13.2)	66.8 (12.6)	66.8 (13.1)
Mean (SD) body mass index before pregnancy (kg/m ²)	24.5 (4.5)	24.5 (4.6)	24.5 (4.5)
Primiparous	186 (55)	1042 (46)	1228 (47)
Preterm labour	29 (8)	77 (3)	106 (4)
Gestational hypertension or pre-eclampsia	25 (7)	42 (2)	67 (3)
Stillbirth	3 (0.9)	6 (0.3)	9 (0.3)
Late miscarriage	3 (0.9)	16 (0.7)	19 (0.7)
Neonatal characteristics			
Mean (SD) gestational age at delivery (weeks)	40 (3)	40 (2)	40 (2)
Mean (SD) birth weight (g)	2750 (520)	3560 (470)	3450 (550)
Male	172 (50)	1152 (52)	1324 (51)

Salivary cotinine—Salivary cotinine concentrations in samples taken at recruitment were quantified by means of enzyme linked immunosorbent assay (ELISA) (Cozart Bioscience, Oxfordshire, UK) according to the manufacturer's instructions. We then classified participants on the basis of these cotinine concentrations as active smokers (>5 ng/ml), passive smokers (1–5 ng/ml), or non-smokers (<1 ng/ml).²⁹

Pregnancy outcomes

We obtained information on antenatal pregnancy complications and delivery details (gestational age at delivery, birth weight, and sex of the baby) from the electronic maternity databases.

The primary outcome measure was fetal growth restriction defined as birth weight <10 th centile on a customised centile chart which takes into account maternal height, weight, ethnicity, and parity and neonatal birth weight and sex (www.gestation.net).³⁰ We chose this definition as it is the most commonly used and because, although not all those cases classified as fetal growth restriction would be pathological, it is likely to include most pathological fetal growth restrictions. In addition, we assessed the association of maternal caffeine intake with birth weight.

Other pregnancy outcomes studied were late miscarriage (spontaneous pregnancy loss between 12 and 24 weeks), preterm delivery (delivery at <37 completed weeks), gestational hypertension (blood pressure $\geq 140/90$ mmHg on more than one occasion 4 hours apart after >20 weeks of pregnancy),

proteinuric hypertension (gestational hypertension and proteinuria of ≥ 300 mg protein in 24 hours, based on the International Society for the Study of Hypertension in Pregnancy³¹), and stillbirth (delivery ≥ 24 weeks with no signs of life at birth).

Statistical methods

We expressed participants' caffeine consumption in mg/day averaged over the whole pregnancy and for the individual trimesters. To estimate the sample size required, we assumed that the mean caffeine intake during pregnancy was 206 mg/day,⁴ and that caffeine followed a log normal distribution, with a coefficient of variation of 1. Assuming that 10% of births showed fetal growth restriction, then 3000 births would give 80% power to detect a difference of 30 mg/day in caffeine intakes between mothers of babies with restricted fetal growth and mothers of babies of appropriate weight for gestational age with type I error set at 0.05. This also gave 80% power to detect an odds ratio for fetal growth restriction of 1.4 between high and low caffeine consumers (defined as being above or below the median caffeine intake).

We performed unconditional logistic regression modelling for fetal growth restriction and general linear modelling for birth weight, with stratification for the two maternity units, using Stata version 10 survey facilities.³² Maternal height, weight, ethnicity, and parity at booking and neonatal gestation at delivery and sex were taken into account in the definition for fetal growth restriction, and were adjusted for in the model for birth weight. We also made statistical adjustment for salivary cotinine levels and self reported alcohol consumption in all models. We conducted sensitivity analyses to assess the robustness of the results to adjustment for nausea, exclusion of high risk pregnancies, multiparity, extremely high or low caffeine intakes, and the maternity unit.

We also assessed the relation between the risk of fetal growth restriction and maternal caffeine intake during pregnancy by considering caffeine intake as a continuous variable: after adjusting for the factors mentioned above, we performed modelling using the best fitting, second order, fractional polynomial with 95% confidence intervals.

Caffeine half life as assessed by the caffeine challenge test was not normally distributed. We therefore categorised women in relation to the median value as having a shorter half life (faster caffeine clearance from the circulation) or longer half life (slower clearance). We stratified the odds ratio for fetal growth restriction by caffeine half life (as a proxy for clearance) and intake after taking account of maternal age, weight, height, ethnicity, and parity and neonatal gestation and sex and adjusting for smoking status, amount smoked (cotinine concentration), and alcohol intake.

RESULTS

Over a period of three years, 13071 eligible women were invited to participate from the two maternity

Table 2 | Mean caffeine and alcohol intake and smoking status among 2635 pregnant women according to pregnancy outcome. Values are numbers (percentages) unless stated otherwise

Characteristic	Pregnancy outcome		
	Fetal growth restriction (n=343)	Appropriate fetal growth (n=2292)	Total (n=2635)
Mean (SD) caffeine intake (mg/day):			
Throughout pregnancy	200 (202)	153 (145)	159 (154)
First trimester	201 (206)	157 (160)	163 (167)
Second trimester	184 (207)	141 (144)	147 (156)
Third trimester	197 (222)	143 (146)	153 (164)
Caffeine intake during pregnancy:			
<100 mg/day	122 (36)	1000 (46)	1122 (44)
100–199 mg/day	90 (27)	601 (27)	691 (27)
200–299 mg/day	63 (19)	313 (14)	376 (15)
≥ 300 mg/day	63 (19)	284 (13)	347 (14)
Mean (SD) alcohol intake (units/day):			
Throughout pregnancy	0.4 (0.7)	0.4 (0.5)	0.4 (0.6)
First trimester	0.6 (0.9)	0.4 (0.7)	0.5 (0.8)
Second trimester	0.2 (0.4)	0.2 (0.5)	0.2 (0.5)
Third trimester	0.3 (0.4)	0.2 (0.5)	0.3 (0.5)
Smoking status (n=2509)*:			
Non-smoker	213 (64)	1622 (75)	1835 (73)
Passive smoker	39 (12)	268 (12)	307 (12)
Current smoker	79 (24)	288 (13)	367 (15)

*Smoking status based on salivary cotinine concentrations: non-smoker <1 ng/ml, passive smoker 1–5 ng/ml, current smoker >5 ng/ml.

Table 3 | Risk of fetal growth restriction among offspring of 2635 pregnant women according to caffeine intake during pregnancy

Caffeine intake (mg/day)	Unadjusted risk*		Adjusted risk†	
	Odds ratio (95% CI)	Test for trend	Odds ratio (95% CI)	Test for trend
Average over pregnancy:				
<100	1		1	
100-199	1.2 (0.9 to 1.6)	P<0.001	1.2 (0.9 to 1.6)	P=0.02
200-299	1.6 (1.2 to 2.3)		1.5 (1.1 to 2.1)	
≥300	1.8 (1.3 to 2.5)		1.4 (1.0 to 2.0)	
In weeks 5-12:				
<100	1		1	
100-199	1.2 (0.9 to 1.6)	P<0.001	1.1 (0.8 to 1.5)	P=0.05
200-299	1.4 (1.0 to 2.0)		1.3 (0.9 to 1.9)	
≥300	1.8 (1.3 to 2.5)		1.4 (1.0 to 1.9)	
In weeks 13-28:				
<100	1		1	
100-199	1.5 (1.1 to 2.0)	P=0.001	1.4 (1.0 to 2.0)	P=0.02
200-299	1.8 (1.3 to 2.6)		1.7 (1.2 to 2.4)	
≥300	1.6 (1.1 to 2.4)		1.3 (0.9 to 2.0)	
In weeks 29-40:				
<100	1		1	
100-199	1.4 (1.0 to 1.9)	P<0.001	1.4 (1.0 to 2.0)	P=0.004
200-299	1.9 (1.3 to 2.8)		1.8 (1.2 to 2.7)	
≥300	1.9 (1.3 to 2.8)		1.6 (1.0 to 2.4)	

*Unadjusted odds ratios take account of maternal age, weight, height, ethnicity, and parity and neonatal gestational age at delivery and sex.

†Adjusted odds ratios are also adjusted for smoking status (salivary cotinine concentration) and alcohol intake.

units, and 2635 (20%) consented. Table 1 shows the demographic and clinical characteristics of the study population. The prevalence of fetal growth restriction in the cohort was 343/2635 (13%). The mean alcohol intake during pregnancy was 0.4 (95% confidence interval 0 to 9) units/day, with the highest consumption occurring, as might be expected, before conception and during the first four weeks of pregnancy.

Caffeine intake during pregnancy

The women's mean caffeine intake during pregnancy was 159 mg/day (table 2). It decreased from 238 mg/day before pregnancy to 139 mg/day between weeks 5 and 12 of pregnancy and remained at about this level until the third trimester, when it gradually increased to 153 mg/day. About 62% of the caffeine ingested by the women during pregnancy was from tea. Other important sources were coffee (14%), cola drinks (12%), chocolate (8%), and soft drinks (2%). Hot chocolate, energy drinks, and alcoholic drinks contributed 2%, 1%, and <1% respectively. Over the counter drugs made a negligible contribution to the total caffeine intake.

Relation between caffeine intake in pregnancy and fetal growth

The relation between total caffeine intake in pregnancy and fetal growth restriction showed a significant trend with increasing caffeine intake (test for trend $P=0.02$, table 3). Compared with caffeine intake of <100 mg/day, the odds ratio of having a growth restricted baby increased to 1.2 (95% confidence interval 0.9 to 1.6) for intakes of 100-199 mg/day, to 1.5 (1.1 to 2.1) for intakes

of 200-299 mg/day, and to 1.4 (1.0 to 2.0) for intakes of ≥300 mg/day. This relation was consistent across all three trimesters.

Caffeine consumption of >200 mg/day during pregnancy was associated with a reduction in birth weight of about 60-70 g, with a significant trend for greater reduction in birth weight with higher caffeine intake ($P=0.004$). This relation was consistent across all three trimesters (table 4).

In a small cohort of women ($n=109$) who had reduced their caffeine intake from 300 mg/day before pregnancy to <50 mg/day by weeks 5-12 of pregnancy their offspring's mean birth weight was higher than that of those who maintained their caffeine intake at >300 mg/day ($n=193$) (difference in birth weight 161 g (95% confidence interval 24 to 297 g), $P=0.02$).

To examine possible threshold effects, we analysed the relation between the estimated risk of delivering a growth restricted fetus and maternal caffeine intake during pregnancy measured as a continuous variable (fig 1). There was a rapid increase in associated risk from increasing caffeine intake up to about 30 mg/day. Thereafter, estimated risk continued to rise roughly linearly in a dose-response relation. At no point did the estimated risk cease to increase with increasing caffeine intake. There was no observed plateau effect.

Relation between caffeine clearance and fetal growth

Using maternal caffeine half life as a proxy for clearance rate, we found some evidence that the association between caffeine intake and fetal growth restriction was stronger in women with a faster caffeine

clearance than in those with slower clearance (test for interaction, $P=0.06$) (table 5).

Relation between smoking in pregnancy and fetal growth
Women classified as active smokers (based on their salivary cotinine concentrations) had nearly twice the risk of fetal growth restriction compared with women classified as non-smokers (adjusted odds ratio 1.9 (95% confidence interval 1.4 to 2.6), $P<0.001$). The birth weights of babies born to active smokers were 178 g lighter (95% confidence interval 127 to 230 g) than those born to non-smokers ($P<0.001$). Adjusting for nausea (reported by 81% of the population in the first trimester) did not alter these results.

DISCUSSION

This is one of the largest prospective studies investigating the association of maternal caffeine intake with fetal growth. Maternal caffeine intake was associated with an increased risk of fetal growth restriction even after adjustment for smoking and alcohol intake. We could find no level of intake at which there was no association with increased risk of fetal growth restriction. The size of the association for caffeine was of a similar size to that for alcohol intake in pregnant women in this study (data not shown).

The strong association between caffeine intake and birth weight was maintained across all of the trimesters. However, from these results we cannot define a critical time window for any maximal effect. This clearly warrants further investigation.

Strengths and weaknesses of the study

Although only 20% of the women we invited took part in the study, this low response rate does not lessen the validity of our data, as the association of caffeine with birth weight should not be different from that in the general population, especially as various confounders were taken into consideration. In addition, examination of our maternity databases indicated that the population we studied was similar to that of the maternity units as a whole.

A major strength of our study is that we have objectively quantified caffeine from all known sources. Caffeine intake was validated by comparison with a food diary and repeated measures of exposure from saliva samples,²⁷ and we believe that, for the first time, this reflects a true picture of total caffeine intake by women during pregnancy. More than 60% of the caffeine consumed was from tea, and only 14% from coffee. Our findings emphasise the weaknesses of studies where caffeine intake was equated to that of coffee alone. Weng et al reported that coffee was the sole source of caffeine in 19% of their pregnant cohort, and 44% consumed caffeine from combined caffeine and non-caffeine sources.³³ Since 26% of caffeine intake in our cohort was from neither coffee nor tea, studies that concentrated on coffee and tea alone would have grossly underestimated caffeine intake.

Study results in comparison with other studies

Caffeine consumption almost halved in early pregnancy (from 250 mg/day before pregnancy to 150 mg/day in the first trimester), as has been reported

Table 4 | Unadjusted and adjusted linear regression for birth weight among offspring of 2635 pregnant women according to caffeine intake during pregnancy

Caffeine intake (mg/day)	Unadjusted change in birth weight (g)		Adjusted change in birth weight (g)*	
	Change (95% CI)	Test for trend	Change (95% CI)	Test for trend
Average over pregnancy:				
<100	0		0	
100-199	-1 (-51 to 50)	$P<0.001$	-21 (-62 to 20)	$P=0.004$
200-299	-63 (-129 to 4)		-70 (-123 to -18)	
≥300	-144 (-221 to -66)		-63 (-119 to -6)	
In weeks 5-12:				
<100	0		0	
100-199	-6 (-58 to 45)	$P<0.001$	-34 (-76 to 8)	$P=0.009$
200-299	-66 (-134 to 2)		-61 (-112 to -9)	
≥300	-144 (-220 to -69)		-59 (-114 to -4)	
In weeks 13-28:				
<100	0		0	
100-199	-15 (-74 to 44)	$P=0.003$	-24 (-72 to 24)	$P=0.006$
200-299	-44 (-119 to 30)		-65 (-124 to -6)	
≥300	-129 (-212 to 46)		-74 (-138 to -10)	
In weeks 29-40:				
<100	0		0	
100-199	-25 (-98 to 48)	$P=0.009$	-66 (-125 to -7)	$P=0.004$
200-299	-61 (-154 to 31)		-69 (-141 to 3)	
≥300	-119 (-211 to -27)		-89 (-158 to -21)	

*Adjusted estimates take account of maternal age, weight, height, ethnicity, parity, smoking status (salivary cotinine concentration), and alcohol intake and neonatal gestational age at delivery and sex.

Table 5 | Stratification of risk of fetal growth restriction among offspring of 2635 pregnant women according to caffeine intake during pregnancy and caffeine half life (proxy for clearance)

Caffeine intake (mg/day)	Risk of fetal growth restriction*	
	Odds ratio (95% CI)	Test for trend
Shorter caffeine half life (n=774)†		
<100	1	
100-199	1.6 (0.9 to 3.0)	P=0.02
200-299	2.4 (1.3 to 4.4)	
≥300	1.7 (0.9 to 3.3)	
Longer caffeine half life (n=764)†		
<100	1	
100-199	1.1 (0.6 to 1.7)	P=0.8
200-299	0.6 (0.3 to 1.3)	
≥300	1.5 (0.7 to 2.9)	

Test for interaction of half life P=0.06

*Adjusted for maternal age, weight, height, ethnicity, parity, smoking status (salivary cotinine concentration), and alcohol intake and neonatal gestational age at delivery and sex.

†Shorter caffeine half life (smedian value)=faster clearance; longer half life (lmedian value)=slower clearance.

elsewhere.³⁴ The mean caffeine intake throughout pregnancy was much lower than the limit of 300 mg/day recommended by the UK government's Food Standards Agency¹² and in the USA.³⁵

Several studies have concluded that caffeine intake of >300 mg/day is associated with low birth weight or fetal growth restriction.⁶⁻⁸ Our study confirms these findings and further defines the nature of the association. We could find no level of intake at which there was no association with increased risk of fetal growth restriction, and this risk was maintained throughout pregnancy. Although the overall size of the reduction in birth weight may be seen as small, an extra 60-70 g in weight could reduce perinatal morbidity and mortality in an already compromised fetus. The steep decline in risk associated with caffeine intakes of <30 mg/day may be attributable to unmeasured confounding. Furthermore, women who consume little or no caffeine may be generally more health conscious than those who consume more, and the effect may be one for which we have been unable to adjust.

We found that average caffeine consumption of >100 mg/day was associated with a reduction in birth weight of 34-59 g in the first trimester, 24-74 g in the second, and 66-89 g in the third (after adjustment for smoking status and alcohol intake). Similar results were seen by Bracken et al in a prospective study of 2291 pregnant women in the US, where mean birth weight was reduced by 28 g for every 100 mg/day of caffeine consumed (P=0.0001), but the risk for fetal growth restriction was unchanged (odds ratio 0.96).³⁶ This difference could be explained by methodological differences in the studies.

A Danish cohort of 1207 women drinking at least three cups of coffee a day before 20 weeks of pregnancy were randomised to receive either caffeinated or decaffeinated instant coffee: there was no significant difference in birth weight between the two groups after adjustment for parity, gestational age at birth, and smoking.³⁷ However, these women were recruited in

the second half of pregnancy, so the effect of first trimester caffeine intake was not assessed, and there was no biochemical confirmation of participants' compliance with caffeinated or decaffeinated coffee consumption.

In addition, Bicalho and Filho reported no association between maternal caffeine consumption and low birth weight after adjusting for confounding variables in a case-control study in Brazil.³⁸

Caffeine metabolism

Some of the variation in previously reported associations between caffeine intake and pregnancy outcomes may reflect the effect of differences in caffeine metabolism. The degree to which a fetus is exposed to caffeine and its metabolites, which pass freely across the placenta, depends on maternal cytochrome P450 1A2 (CYP1A2) activity because this enzyme is absent in the fetus. We complemented our assessment of caffeine intake with a measure of caffeine metabolism and observed that the association of caffeine intake with fetal growth restriction was greater among women with faster caffeine clearance.

Caffeine is primarily metabolised in the human liver to paraxanthine,³⁹ but there is little data about metabolism in pregnant women. In our study caffeine was metabolised to paraxanthine, theobromine, and theophylline, with theobromine present in highest concentration in most of the women. As we were unable to measure the rate of formation or subsequent metabolism of these primary metabolites, we cannot attribute the association with fetal growth to any single metabolite. The association we observed may be due to caffeine itself or one of its metabolites, or to any combination of them.

In a study of pregnant women who smoked, Klebanoff et al reported a positive association between maternal paraxanthine concentration in the third

WHAT IS ALREADY KNOWN ON THIS TOPIC

Caffeine is the most common xenobiotic consumed in pregnancy, and there are conflicting results regarding the association of increased caffeine intake in pregnancy with fetal growth restriction and low birth weight

These differences could be explained by inconsistencies in accurate quantification of caffeine and in the definition of fetal growth restriction

WHAT THIS STUDY ADDS

Maternal caffeine intake is associated with an increased risk of fetal growth restriction after adjustment for smoking and alcohol intake

The size of the association for caffeine intake with fetal growth restriction is similar to that for alcohol intake

The association of caffeine with fetal growth restriction seems to be stronger in women with faster caffeine clearance

Sensible advice to pregnant women would be to reduce caffeine intake before conception and during pregnancy

trimester and having an infant that was small for its gestational age.⁴⁰ In another study, the highest concentrations of paraxanthine were associated with an increased risk of spontaneous abortion.⁴¹ Recently, higher cord blood paraxanthine concentrations have been shown to be associated with an increased risk of intrauterine growth restriction after adjustment for caffeine levels, implying an effect of CYP1A2 activity rather than absolute levels of paraxanthine.²⁵ Further consideration of the role of CYP1A2 activity and caffeine metabolites is clearly warranted.

Conclusion

This large prospective cohort study has demonstrated that maternal caffeine intake is associated with an increased risk of fetal growth restriction. The threshold at which this risk is significantly higher is not well characterised, but our data confirm that the association of fetal growth restriction with caffeine is reduced for those consuming <100 mg/day. We suggest that sensible advice for women contemplating pregnancy is to reduce their caffeine intake from all sources before conception. Once pregnancy is confirmed, they should make every effort to stop or markedly reduce caffeine consumption.

We thank Gordon Gibson, Fred Kadlubar, and Mark Klebanoff for their useful comments during the study. The Leicester team of the CARE Study Group thank Vilas Misty, Clare Lawrence, Bhavin Daudia, and the Department of Chemical Pathology, University Hospitals of Leicester NHS Trust, for sample handling and processing.

Members of the CARE Study Group:

Leeds team: Sinead Boylan, Janet E Cade, Vivien A Dolby, Darren C Greenwood, Alastair W M Hay, Sara F L Kirk, Susan Shires, Nigel Simpson, James D Thomas, James Walker, Kay L M White, Christopher P Wild, Centre for Epidemiology and Biostatistics, University of Leeds, Leeds LS2 9JT

Leicester team: Neelam Potdar, Justin C Konje, Nicholas Taub, Jim Charvill, Karen C Chipps, Shabira Kassam, Chetan Ghandi, Marcus S Cooke, Departments of Cancer Studies and Molecular Medicine and Health Sciences, University of Leicester, Leicester LE2 7LX

Steering group: Justin C Konje (chair), Marcus Cooke (principal investigator), Leicester; Janet Cade (principal investigator), Leeds; David Gott, Natalie Thatcher, Stuart Creton, Caroline Tahourdin, Food Standards Agency, London; Gordon Gibson, University of Surrey Statisticians: Darren Greenwood, Leeds; Nicholas Taub, Leicester; Clifton Gay, Food Standards Agency

Clinicians: Neelam Potdar, Justin C Konje, Leicester; Nigel Simpson, James Walker, Leeds

Research midwives: Viv Dolby, Heather Ong, Leeds; Shabira Kassam, Karen Chipps, Leicester

Nutritional methods: Sinead Boyland, Sara Kirk, Janet Cade, Leeds Laboratory methods: Kay White, Susan Shires, Alastair Hay, Christopher Wild, Leeds; Marcus Cooke, Leicester

Database management: James Thomas, Ellen Hill, nutritionist students, Leeds; Jim Charvill, Chetan Ghandi, Leicester.

Funding: Food Standards Agency, United Kingdom, Grant contract No T01032/33.

Competing interests: None declared.

Ethical approval: Obtained from the local ethics committees, Directorate of Research and Development, Leicester and Leeds, LREC Ref 7260.

Participants gave signed informed consent before enrolment into the study.

- Mau G, Netter P. Are coffee and alcohol consumption risk factors in pregnancy? [author's translation]. *Geburtshilfe Frauenheilkd* 1974;34:1018-22.
- Beaulac-Baillargeon L, Desrosiers C. Caffeine-cigarette interaction on fetal growth. *Am J Obstet Gynecol* 1987;157:1236-40.

- Fortier I, Marcoux S, Beaulac-Baillargeon L. Relation of caffeine intake during pregnancy to intrauterine growth retardation and preterm birth [see comment]. *Am J Epidemiol* 1993;137:931-40.
- Vik T, Bakkeiteig LS, Trygg KU, Lund-Larsen K, Jacobsen G. High caffeine consumption in the third trimester of pregnancy: gender-specific effects on fetal growth. *Paediatr Perinat Epidemiol* 2003;17:324-31.
- Eskenazi B, Stapleton AL, Kharrazi M, Chee WY, Eskenazi B, Stapleton AL, et al. Associations between maternal decaffeinated and caffeinated coffee consumption and fetal growth and gestational duration. *Epidemiology* 1999;10:242-9.
- Martin TR, Bracken MB. The association between low birth weight and caffeine consumption during pregnancy. *Am J Epidemiol* 1987;126:813-21.
- Fenster L, Eskenazi B, Windham GC, Swan SH. Caffeine consumption during pregnancy and fetal growth. *Am J Public Health* 1991;81:458-61.
- Peacock JL, Bland JM, Anderson HR. Effects on birthweight of alcohol and caffeine consumption in smoking women. *J Epidemiol Community Health* 1991;45:159-63.
- Vlajinac HD, Petrovic RR, Marinkovic JM, Sipetic SB, Adanja BJ. Effect of caffeine intake during pregnancy on birth weight. *Am J Epidemiol* 1997;145:335-8.
- Linn S, Schoenbaum SC, Monson RR, Rosner B, Stubblefield PG, Ryan KJ. No association between coffee consumption and adverse outcomes of pregnancy. *N Engl J Med* 1982;306:141-5.
- Cook DG, Peacock JL, Feyerabend C, Carey IM, Jarvis MJ, Anderson HR, et al. Relation of caffeine intake and blood caffeine concentrations during pregnancy to fetal growth: prospective population based study. *BMJ* 1996;313:1358-62.
- Committee on Toxicity. COT statement on the reproductive effects of caffeine. London: Committee on Toxicity of Chemicals in Food, Consumer Products and the Environment, 2001. <http://cot.food.gov.uk/cotstatements/cotstatementsyrs/cotstatements2001/caffeine>
- Grosso LM, Rosenberg KD, Belanger K, Saftlas AF, Leaderer B, Bracken MB, et al. Maternal caffeine intake and intrauterine growth retardation. *Epidemiology* 2001;12:447-55.
- Clausson B, Granath F, Ekborn A, Lundgren S, Nordmark A, Signorello LB, et al. Effect of caffeine exposure during pregnancy on birth weight and gestational age. *Am J Epidemiol* 2002;155:429-36.
- Bracken MB, Triche EW, Belanger K, Hellenbrand K, Leaderer BP. Association of maternal caffeine consumption with decrements in fetal growth. *Am J Epidemiol* 2002;155:429-36.
- Santos IS, Victora CG, Huttly S, Carvalho JB, Santos IS, Victora CG, et al. Caffeine intake and low birth weight: a population-based case-control study. *Am J Epidemiol* 1998;147:620-7.
- Weathersbee PS, Olsen LK, Lodge JR. Caffeine and pregnancy-retrospective survey. *Postgrad Med* 1977;62:64-5.
- Srisuphan WBM. Caffeine consumption during pregnancy and association with late spontaneous abortion. *Am J Obstet Gynecol* 1986;154:14-20.
- Goldstein A, Warren R. Passage of caffeine into human gonadal and fetal tissue. *Biochem Pharmacol* 1962;11:166-8.
- Kirkinen P, Jouppila P, Koivula A, Vuori J, Puukka M. The effect of caffeine on placental and fetal blood flow in human pregnancy. *Am J Obstet Gynecol* 1983;147:939-42.
- Aldridge A, Aranda JV, Neims AH. Caffeine metabolism in the newborn. *Clin Pharmacol Ther* 1979;25:447-53.
- Rasmussen BB, Brix TH, Kyvik KO, Bransen K. The interindividual differences in the 3-demethylation of caffeine alias CYP1A2 is determined by both genetic and environmental factors. *Pharmacogenetics* 2002;12:473-8.
- Kotake AN, Schoeller DA, Lambert GH, Baker AL, Schaffer DD, Josephs H. The caffeine CO₂ breath test: dose response and route of N-demethylation in smokers and nonsmokers. *Clin Pharmacol Ther* 1982;32:261-9.
- Kalow W, Tang BK. Use of caffeine metabolite ratios to explore CYP1A2 and xanthine oxidase activities. *Clin Pharmacol Ther* 1991;50:508-19.
- Grosso LM, Triche EW, Belanger K, Benowitz NL, Holford TR, Bracken MB. Caffeine metabolites in umbilical cord blood, cytochrome P-450 1A2 activity, and intrauterine growth restriction. *Am J Epidemiol* 2006;163:1035-41.
- Boylan SM, Cade JE, Kirk SFL, Greenwood DC, White KLM, Shires S, et al. Assessing caffeine exposure in pregnant women. *Br J Nutr* 2008. Online publication doi:10.1017/S0007114508939842.
- Directorate MFS. Survey of caffeine and other methylxanthines in energy drinks and other caffeine-containing products (updated). *Food Surveillance Information Sheet* 1998:144.
- Butler MA, Lang NP, Young JF, Caporaso NE, Vineis P, Hayes RB, et al. Determination of Cyp1a2 and Nat2 phenotypes in human-populations by analysis of caffeine urinary metabolites. *Pharmacogenetics* 1992;2:116-27.
- Binnie V, McHugh S, Macpherson L, Borland B, Moir K, Malik K. The validation of self-reported smoking status by analysing cotinine levels

- in stimulated and unstimulated saliva, serum and urine. *Oral Diseases* 2004;10:287-93.
- 30 Gardosi J. Customised fetal growth standards: rationale and clinical application. *Semin Perinatol* 2004;28:33-40.
- 31 Brown MA, Lindheimer MD, de Swiet M, Van Assche A, Moutquin JM. The classification and diagnosis of the hypertensive disorders of pregnancy: Statement from the International Society for the Study of Hypertension in Pregnancy (ISSHP). *Hypertension in Pregnancy* 2001;20:IX-XIV.
- 32 Stata statistical software: Release 10. College station, TX: Stata Corporation, 2007.
- 33 Weng X, Odouli R, Li DK. Maternal caffeine consumption during pregnancy and the risk of miscarriage: a prospective cohort study. *Am J Obstet Gynecol* 2008;198:279 e1-8.
- 34 Rosenberg L, Mitchell AA, Shapiro S, Slone D. Selected birth defects in relation to caffeine-containing beverages. *JAMA* 1982;247:1429-32.
- 35 Organisation of Teratology Information Specialists. Caffeine and pregnancy. December, 2006. www.otispregnancy.org
- 36 Bracken MB, Triche E, Grosso L, Hellenbrand K, Belanger K, Leaderer, et al. Heterogeneity in assessing self-reports of caffeine exposure: implications for studies of health effects. *Epidemiology* 2002;13:165-71.
- 37 Bech BH, Obel C, Henriksen TB, Olsen J. Effect of reducing caffeine intake on birth weight and length of gestation: randomised controlled trial. *BMJ* 2007;334:409-12.
- 38 Bicalho GG, Barros Filho Ade A. [Birthweight and caffeine consumption]. *Revista de Saude Publica* 2002;36:180-7.
- 39 Klebanoff MA, Levine RJ, Dersimonian R, Clemens JD, Wilkins DG. Serum caffeine and paraxanthine as markers for reported caffeine intake in pregnancy. *Ann Epidemiol* 1998;8:107-11.
- 40 Klebanoff MA, Levine RJ, Clemens JD, Wilkins DG. Maternal serum caffeine metabolites and small-for-gestational age birth. *Am J Epidemiol* 2002;155:32-7.
- 41 Klebanoff MA, Levine RJ, DerSimonian R, Clemens JD, Wilkins DG. Maternal serum paraxanthine, a caffeine metabolite, and the risk of spontaneous abortion. *N Engl J Med* 1999;341:1639-44.

Accepted: 24 October 2008

Risk assessment of caffeine among children and adolescents in the Nordic countries

*Helle Margrete Meltzer, Tor Øystein Fotland, Jan Alexander,
Elisabeth Elind, Helena Hallström, Henrik Rye Lam,
Kirsi-Helena Liukkonen, Marta Axelstad Petersen,
and Elisabeth Jona Solbergsdottir*

Risk assessment of caffeine among children and adolescents in the Nordic countries

TemaNord 2008:551

© Nordic Council of Ministers, Copenhagen 2008

ISBN 978-92-893-1731-3

Print: Ekspresen Tryk & Kopicenter

Copies: 185

Printed on environmentally friendly paper

This publication can be ordered on www.norden.org/order. Other Nordic publications are available at www.norden.org/publications

Printed in Denmark

Nordic Council of Ministers

Store Strandstræde 18
DK-1255 Copenhagen K
Phone (+45) 3396 0200
Fax (+45) 3396 0202

Nordic Council

Store Strandstræde 18
DK-1255 Copenhagen K
Phone (+45) 3396 0400
Fax (+45) 3311 1870

www.norden.org

Nordic co-operation

Nordic cooperation is one of the world's most extensive forms of regional collaboration, involving Denmark, Finland, Iceland, Norway, Sweden, and three autonomous areas: the Faroe Islands, Greenland, and Åland.

Nordic cooperation has firm traditions in politics, the economy, and culture. It plays an important role in European and international collaboration, and aims at creating a strong Nordic community in a strong Europe.

Nordic cooperation seeks to safeguard Nordic and regional interests and principles in the global community. Common Nordic values help the region solidify its position as one of the world's most innovative and competitive.

Summary

In English

In this report a risk assessment of caffeine in children and adolescents in the Nordic countries is presented. The report has special focus on effects on the central nervous system. It follows the standard template for risk assessments, starting with a hazard identification and characterisation of caffeine, followed by exposure and risk characterisation. An overview of consumption data on caffeine-containing foods, especially caffeine-containing beverages consumed among children and adolescents in the Nordic countries, is presented in the exposure characterisation.

During the last couple of decades, consumption of caffeine-containing soft-drinks, especially cola drinks and so-called "energy-drinks", has increased substantially. Several fatal episodes, due to extreme intakes of stimulant drinks ("energy drinks") in combination with alcohol, have alerted regulatory bodies and the scientific community. International scientific institutions, such as the World Health Organisation (WHO), the Scientific Committee for Food (SCF) and the European Food Safety Authority (EFSA) have not determined an acceptable daily intake (ADI) or upper tolerable intake level for caffeine.

Regular daily consumption of caffeine-containing beverages is widespread in all age groups throughout the world, including children, who mainly are exposed through the consumption of cola drinks and cocoa-containing drinks and foods. Caffeine has multiple effects on the body, including effects on the cardiovascular system, increased renal excretion and gastric secretion. Possible adverse/unwanted effects of caffeine on children are most likely to appear in the central nervous system; accordingly, this topic is discussed rather thoroughly. The main molecular mechanism of action is its inhibitory effect on the adenosine receptors, which are found in many tissues including the brain. Although caffeine is one of the most extensively studied food constituents, most human studies have been performed in adults, and our knowledge about effects in children and adolescents is limited.

High exposure to caffeine in adults may induce health effects like nervousness, anxiety, restlessness, insomnia, tremors, and hyperesthesia. However, the doses of caffeine associated with severe frank neurotoxicity appear to be far above those commonly consumed. Evidence from many sources demonstrates that neural development extends from the embryonic period throughout adolescence, but available data are insufficient and do not allow a conclusion regarding eventual adverse effects of caffeine on this development.

Studies on the effects of caffeine in children and adolescents have investigated tolerance, dependence and withdrawal symptoms, cognitive performance and behaviour, anxiety and depression. Although very relevant, no studies specially focusing on the effect of caffeine on sleep in children were found.

The following points summarise the epidemiological studies of relevance to children:

1. The epidemiological and clinical studies reveal that the scientific interest on the question of caffeine's effect on children and adolescents has been modest, especially during the last decade. Most studies were conducted long ago and did not always differentiate between the effects of caffeine and other dietary factors, such as sugar, and were in some cases performed with a small numbers of participants.
2. One overall impression is that individuals differ substantially in their susceptibility to caffeine-related adverse effects, and that this may influence their usage patterns of caffeine-containing foods and drinks.
3. A distinction should be made between adverse effects induced by caffeine abstinence in habitual caffeine consumers (withdrawal symptoms), and adverse effects induced in low- or non-consumers that are suddenly exposed to higher dosages.
4. As in adults, moderate intakes of caffeine have a stimulating effect on children and adolescents. Higher doses may produce negative effects like nervousness, jitteriness and anxiety, especially in those who normally are low-consumers.
5. Dependence and tolerance should be studied further.
6. Children/adolescents with any type of anxiety problem, with headaches, or with sleep problems, should be checked out for caffeine consumption.

Although there is a striking lack of quantitative data on the effect of caffeine in children and adolescents, the project group identified, through literature studies, several biological effects of low level caffeine exposure, such as tolerance development, withdrawal symptoms and anxiety and jitteriness. For tolerance development NOEL- and LOEL-values of 0.3 and 1.0–1.3 mg/kg bw respectively, were identified, whereas a LOAEL for anxiety and jitteriness was identified at an intake of 2.5 mg/kg bw. Although it is known that caffeine can induce sleep disturbances in children, no studies in children with this endpoint were identified. It was noted that in non-habitual caffeine consuming adults, sleep disturbance was induced at a very low intake (in the same range as that inducing tolerance development).

A large inter-individual variation both among children and adults in clearance rate of caffeine should be noted. In addition, the rate of biotransformation of caffeine is different between children and adults. Up to about one year of age the elimination is very slow, whereas up to about 10 to 12 years the clearance rate is increased in comparison with the rate in adults.

Consumption of caffeine-containing foods and drinks among children/adolescents in the Nordic countries

Caffeine-containing soft drinks are the main source of caffeine in children and adolescents. Based on dietary surveys among children aged 4–6 years in the Nordic countries, in consumers only, the caffeine exposure varies considerably, the 50th percentile being about 0.3 to 0.5 mg/kg bw per day and the 95th percentile about 1.0 to 1.7 mg/kg bw per day. Among teenagers, the Icelanders have the highest consumption of soft drinks among the Nordic countries. Their high overall consumption is reflected in the cola consumption among teenagers, being twice as high as in the other Nordic countries at the 50th percentile and four times as high at the 95th percentile. Ten percent of Icelandic 17-year-olds drink more than 1.5 litres of cola per day (equivalent to 200 mg caffeine/day or > 3 mg caffeine per kg bw per day), while the high-consumers among the teenagers in the other Nordic countries rarely exceed 0.5 litres per day (equivalent to 50 mg caffeine or 1 mg per kg bw per day). Among consumers only, the median intake was around 0.3 to 0.6 mg/kg bw per day in Denmark, Finland, Norway and Sweden, whereas it was around 1.3 mg/kg bw per day in Iceland. However, the age groups are not directly comparable. Furthermore, in neither of these intake estimates, caffeine from coffee, tea and chocolate were included. Thus, the true caffeine exposure is probably higher than stated above in all groups above the 50th percentile, particularly among teenagers.

As far as our consumption data allow us to conclude, the exposure to caffeine among Nordic children 4–6 years is below the NOEL for tolerance development for approximately 50 % of the children. Ten percent of the children with the highest consumption exceed the level where tolerance may develop.

Many Nordic teenagers have an intake of caffeine that can be associated with tolerance development and withdrawal symptoms, while approximately 20% of the teenagers might be exposed to levels of caffeine from caffeine-containing soft drinks inducing anxiety and jitteriness. There are large inter-individual differences in tolerance development and some reports indicate that a substantial fraction of teenagers might have a problem with controlling their caffeine intake.

In adults, there is a general acceptance for caffeine intake levels associated with tolerance development and withdrawal symptoms. This

might, to a variable degree, also be the case among teenagers. However, such effects of caffeine are unwanted in children below the age of 12. The Project Group therefore considers the current exposure of children in the Nordic countries to caffeine to be of concern.

調査・資料

食品中のカフェイン、テオブロミン及び
テオフィリンの含有量

(平成7年6月24日受理)

守安貴子*¹ 齊藤和夫*² 中里光男*¹
 石川ふさ子*¹ 藤沼賢司*¹ 二島太一郎*²
 田村行弘*¹

Survey of Caffeine, Theobromine and Theophylline in Foods

Takako MORIYASU, Kazuo SAITO, Mitsuo NAKAZATO, Fusako ISHIKAWA,
 Kenji FUJINUMA, Taichiro NISHIMA and Yukihiko TAMURA

(The Tokyo Metropolitan Research Laboratory of Public Health: 3-24-1,
 Hyakunin-cho, Shinjuku-ku, Tokyo 169, Japan)

Key words: カフェイン caffeine; テオブロミン theobromine; テオフィリン theophylline; 清涼
 飲料 soft drinks; 菓子 confectionery; アイスクリーム ice cream; コーヒー豆 coffee beans;
 茶葉 tea leaves; ココア cocoa

緒言

食品中のカフェイン(CF), テオブロミン(TB)及びテオフィリン(TP)の含有量は、これまでに茶飲料やコーヒー飲料中のCF^{1)~5)}, チョコレートやココア飲料中のTB^{6)~8)}についていくつかの報告がある。しかし、コーヒー、茶及びココアを原材料とする菓子やアイスクリームなどの含有量を報告しているものは少ない^{3), 4)}。一方、眠気防止効果を期待してCFが添加された食品も市販されるようになった。これらの食品は、子どもや幼児なども容易に購入でき、喫食する可能性があるにもかかわらず、その含有量については報告が見当たらない。そこで、著者らは種々の食品のこれら3種の化合物の含有量を明らかにする必要があると考え、分析法⁹⁾を作成し、これを用いて市販食品の調査を行った。また、茶葉、コーヒー豆、ココアから通常飲用する条件で抽出した液の各々の含有量を調査し、市販の飲料の含有量と比較検討した。

実験方法

1. 試料

平成2~4年に東京都内で市販されていた清涼飲料水93検体、菓子類120検体、氷菓及びアイスクリーム類

10検体、コーヒー豆10検体、紅茶5検体、日本茶8検体、その他の茶葉5検体及びココア3検体について調査を行った。

2. 試薬、装置及び分析条件

前報⁹⁾に従った。

3. 試験溶液の調製

前報⁹⁾に従った。

4. 通常飲用する抽出液の調製

1) コーヒー: 豆20gをコーヒーミルで30秒間粉砕し、この10gを150mlの水でコーヒーマーカー((株)東芝製, HCD-515M [K]型)により抽出した。

2) 紅茶

茶葉の細かなもの: 茶葉5gを200mlの熱湯で3分間浸出し、直ちにろ紙ろ過した。

茶葉の大きなもの: 浸出時間を5分間として、同様に抽出した。

紅茶の葉の大きさは主に栽培地により異なり、一般にダージリン地方(インド)のものは大きく、アッサム地方(インド)、スリランカ(セイロン)や台湾のものは細かいと言われている¹⁰⁾。

3) 日本茶

緑茶: 茶葉10gを90°の熱湯430mlで1分間浸出し、直ちにろ紙ろ過した。

玉露: 茶葉10gを60°の温湯60mlで2.5分間浸出

*¹ 東京都立衛生研究所: 〒169 東京都新宿区百人町3-24-1

*² 東京都立衛生研究所多摩支所: 〒190 東京都立川市柴崎町3-16-25

Table 1. Caffeine, Theobromine and Theophylline Contents of Commercial Soft Drinks

Sample	No. of samples	Caffeine		Theobromine		Theophylline
		No. of positive samples	Contents (mean) ($\mu\text{g/g}$)	No. of positive samples	Contents (mean) ($\mu\text{g/g}$)	Contents ($\mu\text{g/g}$)
Coffee	34	34	110~990 (450)	0	ND	ND
Black tea	19	19	79~430 (170)	19	Tr~ 45 (19)	ND
Green tea	5	5	94~200 (140)	5	Tr	ND
Oolong tea	8	8	160~230 (200)	5	ND, Tr	ND
Cocoa	3	3	Tr~ 16 (13)	3	130~150 (140)	ND
Carbonated drink	15	13	ND~180 (99)	0	ND	ND
Health beverage	9	9	Tr~470 (330)	0	ND	ND

ND: Not detected; Tr: Below 10 $\mu\text{g/g}$

し、直ちにろ紙ろ過した。

抹茶: 1.4 g を 80° の温湯 25 ml に溶解した。

ほうじ茶: 茶葉 15 g を 90° の熱湯 650 ml で 30 秒間浸出し、直ちにろ紙ろ過した。

4) ウーロン茶, マテ茶, プアール茶: ほうじ茶と同様に抽出した。

5) 麦茶: 熱湯 1,500 ml に 63 g の麦茶を入れ, 3 分間ふきこぼれないように沸騰させた後, 30 分間室温で放置し, ろ紙ろ過した。

6) ココア: 4 g のココアに 100 ml の熱湯を加え, 溶解した。

結果及び考察

1. 市販清涼飲料水中の CF, TB 及び TP 含有量

市販の清涼飲料水についての検査結果を Table 1 に示した。

コーヒーでは, CF が 110~990 $\mu\text{g/g}$ (平均 450 $\mu\text{g/g}$) 検出され, 34 検体中 19 検体とその多くは 400~600 $\mu\text{g/g}$ の範囲で検出された。110~350 $\mu\text{g/g}$ と比較的低濃度のもはカフェオレやコーヒー牛乳などで, 製品中のコーヒーの割合が低いものであった。逆に, 高濃度のもはアイスコーヒー, イタリアンローストなどであった。なお, これらの製品からは TB 及び TP は検出されなかった。

紅茶では CF が 79~430 $\mu\text{g/g}$ (平均 170 $\mu\text{g/g}$) 検出され, 19 検体中 12 検体と半数以上は 100~200 $\mu\text{g/g}$ の範囲内であった。CF 含有量が比較的高いものはミルクティー, アイスティーなどで 240 $\mu\text{g/g}$ 以上であった。TB も検出され, 半数以上の 10 検体が 10~20 $\mu\text{g/g}$ の範囲内であった。CF の含有量の多いものは TB の含有量も多い傾向が認められた。なお, いずれからも TP は検出されなかった。

日本茶では CF が 94~200 $\mu\text{g/g}$ (平均 140 $\mu\text{g/g}$) 検出され, TB は 10 $\mu\text{g/g}$ 未満, TP は検出されなかった。

ウーロン茶は, 日本茶より CF 含有量がやや高い傾向にあり, 約 200 $\mu\text{g/g}$ (平均 200 $\mu\text{g/g}$) であった。

ココアでは CF より TB の含有量が多く, 約 140 $\mu\text{g/g}$ であった。CF は 1 検体が 10 $\mu\text{g/g}$ 未満であった他は, 10~16 $\mu\text{g/g}$ 検出された。

炭酸飲料のほとんどはコーラ飲料であり, カフェインレス以外のものからはいずれも 80~180 $\mu\text{g/g}$ (平均 99 $\mu\text{g/g}$) 検出された。これは日本茶と同程度であった。

健康志向飲料では, 炭酸飲料と同様に CF のみが添加され, その含有量は 10 $\mu\text{g/g}$ 未満~470 $\mu\text{g/g}$ (平均 330 $\mu\text{g/g}$) と含有量に大きな差が認められた。また, CF 添加の表示があるにもかかわらず, 10 $\mu\text{g/g}$ 未満のものも数検体あり, 倦怠感や眠気防止などの効果を期待して飲用した場合にはその効果が得られないことも考えられる。

以上の清涼飲料水の結果をまとめると, 3 種の化合物が同時に検出されたものはなく, 紅茶とココアから CF と TB が同時に検出された。日本茶, ウーロン茶では CF の他に TB も検出されたが, 検出量は 10 $\mu\text{g/g}$ 未満であった。また, 今回の調査で CF 含有量はコーヒーが最も多く, 次いでウーロン茶, 紅茶, 日本茶, ココアの順であった。CF が添加された炭酸飲料は, その含有量に大きなばらつきが見られたが, 検出されたものは日本茶の CF 含有量と同程度であった。健康志向飲料も CF 含有量のばらつきが大きく, 添加表示と必ずしも一致しないものもあった。TB の含有量はココアが最も多く, 日本茶の CF 含有量と同程度であった。

2. 氷菓, アイスクリーム類中の CF, TB 及び TP 含有量

氷菓, アイスクリームの検査結果を Table 2 に示した。

コーヒー味の 2 検体からは, 市販のコーヒー飲料で検出された CF 含有量の平均値と同程度の CF が検出さ

Table 2. Caffeine, Theobromine and Theophylline Contents of Commercial Ice Creames

Flavor of ice cream	No. of samples	Caffeine		Theobromine		Theophylline
		No. of positive samples	Contents (mean) ($\mu\text{g/g}$)	No. of positive samples	Contents (mean) ($\mu\text{g/g}$)	Contents ($\mu\text{g/g}$)
Coffee	2	2	380, 410 (400)	2	130, 340 (240)	ND
Ground green tea	4	4	230~440 (290)	0	ND	ND
Chocolate	4	4	38~290 (120)	4	650~860 (800)	ND

ND: Not detected

Table 3. Caffeine, Theobromine and Theophylline Contents of Commercial Confectionery

Sample	No. of samples	Caffeine		Theobromine		Theophylline
		No. of positive samples	Contents (mean) ($\mu\text{g/g}$)	No. of positive samples	Contents (mean) ($\mu\text{g/g}$)	Contents ($\mu\text{g/g}$)
Chocolate	40	37	ND~1,800 (610)	39	ND~13,000 (3,500)	ND
Chocolate products	25	23	ND~ 500 (180)	25	560~ 2,700 (1,300)	ND
Jelly (Coffee)	5	5	250~ 550 (370)	0	ND	ND
(Black tea)	1	1	150	0	ND	ND
(Chocolate)	1	0	ND	1	260	ND
Youkan (Ground green tea)	10	10	37~ 190 (87)	0	ND	ND
Candy (Coffee)	17	17	37~2,000 (630)	1	ND, 1,300	ND
(Black tea)	5	5	40~ 110 (79)	1	ND, Tr	ND
(Ground green tea)	3	3	60~ 380 (190)	0	ND	ND
(Chocolate)	3	3	40~ 160 (99)	3	11~ 1,500 (710)	ND
(Others)	2	1	ND, 2,500	0	ND	ND
Chewing gum	7	4	ND~1,400 (660)	0	ND	ND

ND: Not detected; Tr: Below 10 $\mu\text{g/g}$

れた。また、コーヒー飲料からは検出されなかったTBが検出されたが、これは、原材料表示から着色の目的で添加されたココアによるものと考えられる。抹茶味からは230~440 $\mu\text{g/g}$ (平均290 $\mu\text{g/g}$)のCFが検出されたが、これは、市販緑茶飲料の平均値の約2倍と高濃度であった。チョコレート味のものからは650~860 $\mu\text{g/g}$ (平均800 $\mu\text{g/g}$)のTB, 38~290 $\mu\text{g/g}$ (平均120 $\mu\text{g/g}$)のCFが検出されたが、これらを市販のココア飲料と平均値を比べると、TBが約6倍、CFが約9倍といずれも高濃度であった。CFが290 $\mu\text{g/g}$ 検出されたチョコレート味のは、コーヒーで味つけされたチップが入っていたため、これに由来するCFが加算されたものとする。

3. 菓子類中のCF, TB及びTP含有量

菓子類の検査結果をTable 3に示した。

チョコレートでは、ホワイトチョコレートからいずれの化合物も検出されなかった他は、CFとTBの両化合物とも検出され、特に他の食品に比べてTBが高濃度に検出された。TBは40検体中24検体と半数以上が

2,000~5,000 $\mu\text{g/g}$, CFは40検体中19検体と半数近くが200~500 $\mu\text{g/g}$ の範囲内にあり、CF含有量の多いものはTB含有量も多い傾向が認められた。これらを市販のココア飲料と平均値を比べると、TBは約25倍、CFは約47倍と含有量が高く、飲料に比べて高濃度のCF及びTBを摂取する可能性があると考えられる。中でもCF及びTBが比較的高濃度のものにはビターチョコレートが多く、製品中のカカオマスの割合が高いことが推測される。また、チョコレート菓子でもCF, TBがともに検出され、CFの含有量が多いものはTBの含有量も多い傾向が認められた。CF及びTB含有量は、製品中のチョコレートの種類及び割合が影響していると考えられるが、CF, TBともに比較的高濃度に検出されたフィンガーチョコ、麦チョコなどには原材料にビターチョコレートが使われていることが推察される。

ゼリーではコーヒー味及び紅茶味のものそれぞれ市販のコーヒー及び紅茶などの清涼飲料水と同程度の含有量であった。ようかんは抹茶味のものについて検査を行ったが、市販の緑茶飲料と同程度のCF含有量のもの

Table 4. Contents of Caffeine, Theobromine and Theophylline in Brewed Coffee and Tea

Sample	No. of samples	Caffeine		Theobromine		Theophylline
		No. of positive samples	Contents (mean) ($\mu\text{g/g}$)	No. of positive samples	Contents (mean) ($\mu\text{g/g}$)	Contents ($\mu\text{g/g}$)
Coffee	10	10	240~ 880 (650)	0	ND	ND
Black tea	5	5	200~ 520 (360)	5	10~ 47 (20)	ND
Green tea	8	8	340~1,800 (700)	8	Tr~ 46 (33)	ND
Oolong tea	2	2	250, 330 (290)	2	Tr	ND
Mate tea	1	1	95	1	47	ND
Barley tea	1	0	ND	0	ND	ND
Puerh tea	1	1	99	1	Tr	ND
Cocoa	3	3	80~ 100 (93)	3	750~1,000 (840)	ND

Brewing is carried out according to reference 10 and 11.

Data are average of three trials.

ND: Not detected; Tr: Below 10 $\mu\text{g/g}$

も数検体あったが、飲料よりやや低い傾向にあった。

あめやガムではコーヒー味のもの、眠気防止効果が表示されたものの中に、1,400~2,500 $\mu\text{g/g}$ と高濃度のCFが検出されるものがあった。この含有量は市販のコーヒー飲料と平均値を比較すると約3~5倍も高濃度であった。CFを2,500 $\mu\text{g/g}$ 含有するあめ(約5 g/個)を10個食べると日本薬局方に記載されているCFの適用量(0.1~0.3 g/回)に匹敵することから、摂取の仕方には注意が必要であると考え。近年ではこのようにCFの持つ中枢興奮などの生理作用を食品の持つ効果として強調する傾向がみられる。すなわちあめやガムなどに眠気防止効果や倦怠感の回復をうたったものもみうけられ、こうした食品に関して含有量と表示等の関係について、更に調査する必要があると考える。

4. コーヒー豆及び茶葉から通常飲用する条件で抽出した液のCF, TB及びTP含有量

コーヒー、紅茶及び緑茶を原材料とする市販の清涼飲料水について調査を行ったが、これらの結果が実際にコーヒー豆及び茶葉から通常飲用する条件で抽出した液とCF, TB及びTP含有量に差があるか比較するために調査を行った。なお、抽出方法については日本食品標準成分表¹¹⁾及び総合食品事典¹⁰⁾に準拠し、1試料について3回抽出を行い、その平均値を求め、結果をTable 4に示した。

コーヒーでは市販のコーヒー飲料と同様にCFのみが検出され、その含有量は低カフェインコーヒーが240 $\mu\text{g/g}$ と低濃度であったが、その他は豆の種類により多少のばらつきがあるものの550~880 $\mu\text{g/g}$ と市販のコーヒー飲料に比べて高い傾向を示した。なかでも、アイスクリママンジャロ(アイスコーヒー用)、イタリアンローストなどは、市販のコーヒー飲料と同様に、他のコーヒーに比べ830, 880 $\mu\text{g/g}$ と高濃度に検出された。

紅茶ではCFとTBが検出され、CFはティーバッグで平均210 $\mu\text{g/g}$ と低濃度であったが、その他のものは420~520 $\mu\text{g/g}$ と市販の紅茶飲料より高濃度であった。TBは10~47 $\mu\text{g/g}$ と市販の紅茶飲料に比べてやや高い傾向を示したが、大きな違いは認められなかった。

日本茶ではCFとTBが検出され、CFは玉露の1,600 $\mu\text{g/g}$ 及び抹茶の1,800 $\mu\text{g/g}$ を除き、340~490 $\mu\text{g/g}$ と市販の緑茶飲料よりかなり高い値で検出された。TBは玉露の20 $\mu\text{g/g}$ 及び抹茶の46 $\mu\text{g/g}$ を除き、いずれも検出限度以下であり、市販の緑茶飲料と同程度の濃度で検出された。ウーロン茶ではCFが250, 330 $\mu\text{g/g}$ (平均290 $\mu\text{g/g}$)検出されたが、これも市販のウーロン茶飲料より高かった。

ココアではCFとTBが検出され、CFは80~100 $\mu\text{g/g}$ (平均93 $\mu\text{g/g}$)及びTBは750~1,000 $\mu\text{g/g}$ (平均840 $\mu\text{g/g}$)といずれも市販のココア飲料に比べて高濃度であった。

以上の結果より通常飲用する条件で抽出した液のCF, TB含有量は、市販されている清涼飲料水のコーヒー、紅茶、ウーロン茶、日本茶及びココアと各々比較して、高い傾向にあった。従って、これらの化合物は、飲料を自分で調製した場合の方が、より多く摂取する傾向があることが分った。また、添加表示のない、各種の市販の飲料から検出されたCF及びTBはその含有量から天然のコーヒー、茶及びココアなどの原材料に由来するものと推察される。

5. コーヒー豆、茶葉中のCF及びTB含有量

近年ではクッキーの中に紅茶の茶葉を入れたり、栄養面の見地から緑茶の茶葉を食するなど、従来の食用の仕方と全く異なった食べ方も見受けられる。そこで、コーヒー豆及び茶葉のCF及びTBの含有量を調べ、通常飲

Table 5. Comparison of Caffeine and Theobromine Contents in Coffee Beans and Tea Leaves with Those in Brewed Coffee and Tea

Sample	Content* in coffee beans and tea leaves		Content* in brewed coffee and tea		Extracted ratio (%)	
	CF	TB	CF	TB	CF	TB
Coffee	13,000	240	11,000	ND	85	—
Black tea (leaf)	35,000	4,600	17,000	1,900	49	41
(tea bag)	30,000	2,500	8,800	440	29	18
Green tea (regular)	26,000	1,200	21,000	260	81	22
(Gyokuro)	28,000	1,000	9,600	120	34	12
(tea bag)	26,000	1,500	10,000	130	38	9
Mate tea	8,400	9,000	4,100	2,000	49	22

Brewing is carried out according to references 10 and 11.

Date are average of three trials.

ND: Not detected

* Content is $\mu\text{g/g}$ of beans or leaves.

用する条件で抽出した液中に溶出してくるCF及びTBの量と比較し、結果をTable 5に示した。表の数値はコーヒー豆及び茶葉1g当たりの、溶出試験前の全含有量と溶出試験で溶出した量を示している。溶出率（コーヒー豆又は茶葉1g当たりの溶出量/コーヒー豆又は茶葉1g当たりの全含有量 $\times 100$ ）をみると、コーヒーと緑茶のCFが約80%と高い溶出率であった他は29~49%と低く、TBも9~41%と低かった。これより、飲用時の抽出条件では茶葉中にCF及びTBがかなりの量残っており、茶葉そのものを食する場合には茶飲料に比べ高濃度のCFやTBを摂取することになる点に考慮する必要がある。

まとめ

1) 市販のコーヒー飲料、各種茶飲料、ココア飲料、氷菓、アイスクリーム類から検出されたCF及びTBは原材料に由来するものと考えられた。また、菓子類の中には、眠気防止効果が表示されたあめやガムにCFが2,500 $\mu\text{g/g}$ と高濃度に添加されたものがあった。

2) いずれの市販食品からもTPは検出されなかった。

3) 茶葉からのCF及びTBの溶出率は低く、茶葉そのものを食する場合には茶飲料に比べ高濃度のCFやTBを摂取することになる点を考慮する必要がある。

謝辞

本研究を行うに当たり、検体の収集及び搬入にご協力

頂きました東京都食品監視センターの方々に深謝の意を表します。

文 献

- 1) 刃刀 彰, 青木智子, 刃刀 禎子: 食衛誌. 29, 136~140 (1988).
- 2) Strahl, N. R., Lewis, H., Fargen, R.: J. Agric. Food Chem. 25, 233~235 (1977).
- 3) 広末トシ子, 川井英雄, 細貝祐太郎: 食工誌. 31, 38~44 (1984).
- 4) 寺田久屋, 鈴木晃世, 田中治夫, 山本勝彦: 食衛誌. 33, 347~354 (1992).
- 5) 福原克治, 松木容彦, 南原利夫: 同上. 26, 208~212 (1985).
- 6) Kreiser, W. R., Martin, R. A. Jr.: J. Assoc. Off. Anal. Chem. 61, 1,424~1,427 (1978).
- 7) Zoumas, B. L., Kreiser, W. R., Martin, R. A. Jr.: J. Food Sci. 45, 314~316 (1980).
- 8) 石田 裕, 関根展子, 木村 茂, 関谷茂二: 食衛誌. 27, 75~80 (1986).
- 9) 守安貴子, 斎藤和夫, 中里光男, 石川ふさ子, 藤沼賢司, 二島太郎, 田村行弘: 同上. 37, 14~19 (1996).
- 10) 桜井芳人編: "総合食品事典 第五版" p. 308~310 (1983) 同文書院.
- 11) 科学技術庁資源調査会編: "四訂日本食品標準成分表" p. 536~540 (1982) 大蔵省印刷局.

茶葉及び茶飲料中のカテキン類、 メチルキサンチン類及びアスコルビン酸の分析

小林千種*, 中里光男*, 山嶋裕季子*,
川合由華**, 立石恭也*, 安田和男*

Analysis of Catechins, Methylxanthines and L-Ascorbic Acid in Tea Leaves and Tea Drinks

CHIGUSA KOBAYASHI*, MITSUO NAKAZATO*,
YUKIKO YAMAJIMA*, YUKA KAWAI**,
YUKINARI TATEISHI* and KAZUO YASUDA*

A survey of the contents of eight catechins; epicatechin (EC), epigallocatechin (EGC), epicatechin gallate (ECG), epigallocatechin gallate (EGCG), catechin (C), gallic catechin (GC), catechin gallate (CG) and gallic catechin gallate (GCG), three methylxanthines; caffeine (CF), theobromine (TB) and theophylline (TP), and L-ascorbic acid (AA) was carried out on tea leaves (green tea, oolong tea, black tea, etc.), freshly brewed tea using the above tea leaves and commercial canned tea drinks.

The catechins and methylxanthines were extracted simultaneously from samples, and chromatographed simultaneously by HPLC. The AA was analyzed elsewhere by HPLC. The contents of total catechins, CF and AA in green tea leaves (sencha, gyokuro and maccha) were in the range of 92~150, 22~38 and 0.6~5.9mg/g, respectively, that in the oolong tea leaves they were in the range of 33~87, 22~30 and 0~0.5mg/g, respectively, and that in the black tea leaves they were in the range of 10~65, 23~33 and 0~0.5mg/g, respectively.

In the case of tea leaves and freshly brewed tea, the major components in the catechins were EC, ECG, EGC, EGCG, and the four catechins accounted for more than 90% of the total catechins.

On the other hand, in canned tea drinks, isomer types of the above four catechins, that is, C, CG, GC, GCG, were detected more abundantly. The isomer type catechins accounted for more than 50% of the total catechins in the canned tea drinks. The components of catechins in the freshly brewed green tea were changed to approximately those in the canned green tea by reflux. These findings suggested that epimerization of catechins took place during the sterilization process in the production of canned teas.

Keywords: カテキン類 catechins, メチルキサンチン類 methylxanthines, アスコルビン酸 L-ascorbic acid, 茶葉 tea leaves, 茶飲料 tea drinks, 高速液体クロマトグラフィー HPLC

緒言

近年、緑茶中に含まれるカテキン類に虫菌予防、酸化防止、癌予防、抗菌作用等の効果があることが報告されており¹⁾, その機能性が大いに注目されたことから、緑

茶の消費量が増加している。このようなことから、通常茶を浸出して飲用する他に、手軽に飲める清涼飲料水としての缶入り茶飲料の消費が増大している。しかしながら、市販の茶飲料においては、製造工程あ

* 東京都立衛生研究所生活科学部食品研究科 169-0073 東京都新宿区百人町3-24-1

* The Tokyo Metropolitan Research Laboratory of Public Health
3-24-1, Hyakunincho, Shinjuku-ku, Tokyo, 169-0073 Japan

** 東京都立衛生研究所精度管理室

るいは流通過程でカテキン類が異性化したり、また、酸化等によってカテキン類そのものが減衰する可能性がある。したがって、その機能性の変化あるいは低下が予想される。一方、茶中には覚醒、利尿作用を持つカフェイン等のメチルキサンチン類も含まれており、茶飲料の摂取量の増加に伴うメチルキサンチン類の摂取量の増加も懸念される。

しかし、市販茶飲料中のカテキン類及びメチルキサンチン類についての調査報告例は少なく、その中で調査対象となったカテキン類も、カテキン、エピカテキン、エピカテキンガレート、エピガロカテキン、エピガロカテキンガレートの5種と少ない^{2,3)}。また、茶葉中のカテキン類の含有量についても、これら5種のカテキン類の分析が中心であり³⁾、それ以外のカテキン類を含めた調査例は極めて少ない⁴⁾。

そこで、缶入り茶飲料については品質評価の観点からカテキン類8種、メチルキサンチン類3種及びアスコルビン酸についての含有量調査を行うことにした。また、茶葉及びその浸出液についてもそれらの含有量を測定し、各成分の組成を明らかにするとともに、市販の缶入り茶飲料との比較を行った。

なお、分析は緑茶カテキン類の主要構成成分であり、B環の立体配置が2Rであるエピカテキン(EC)、エピカテキンガレート(ECG)、エピガロカテキン(EGC)、エピガロカテキンガレート(EGCG)及びそれらの各異性体でB環の立体配置が2Sであるカテキン(C)、カテキンガレート(CG)、ガロカテキン(GC)、ガロカテキンガレート(GCG)の合計8種のカテキン類(Fig.1)、メチルキサンチン類の

中からカフェイン(CF)、テオプロミン(TB)、テオフィリン(TP)の3種及びL-アスコルビン酸(AA)を対象に含有量の調査を行った。

実験方法

1. 試料

平成8～9年に東京都内で市販されていた煎茶、玉露、抹茶等の緑茶25検体、ウーロン茶5検体、紅茶5検体、ハトムギ及びウーロン茶等を原料とするいわゆる健康茶3検体、緑茶粉末清涼飲料2検体及び缶入り茶飲料16検体について調査を行った。

2. 試薬

1) カテキン類混合標準原液：C, EC, GC, EGC, GCG, EGCG, CG及びECG(栗田工業(株)製)各10mgとり、0.1%メタリン酸-メタノール(1：1)混液で溶解し10mlとした。(カテキン類：1000 μg/ml)

2) メチルキサンチン類混合標準原液：TB(和光純薬工業(株)製)50mgを約80mlの水に加温しながら溶解する。これに、TP(同製)50mg及びCF(同製)100mgを加えて溶解し、全量を100mlとした。(TP, TB：500 μg/ml, CF：1000 μg/ml)

3) カテキン類-メチルキサンチン類混合標準溶液：カテキン類混合標準原液1mlとメチルキサンチン類混合標準原液0.5mlをとり、0.1%メタリン酸-メタノール(1：1)混液で溶かし、10mlとした(カテキン類：100 μg/ml, TP, TB：25 μg/ml, CF：50 μg/ml)。これを適宜希釈して用いた。

4) L-アスコルビン酸：L(+)-アスコルビン酸(和光純薬工業(株)製)を用いた。

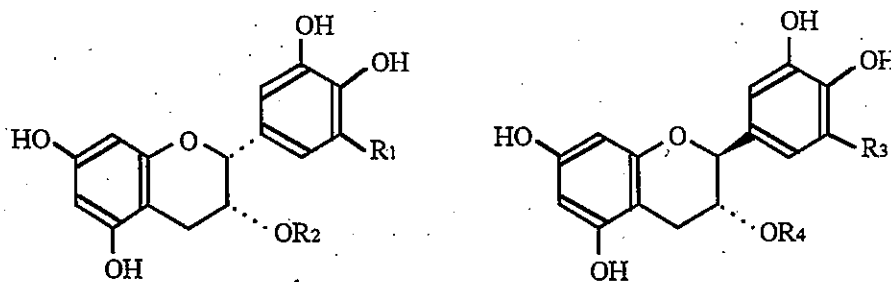


Fig. 1. Structures of Catechins

	R ₁	R ₂		R ₃	R ₄
(-)-Epicatechin (EC)	H	H	(-)-Catechin (C)	H	H
(-)-Epigallocatechin (EGC)	OH	H	(-)-Gallocatechin (GC)	OH	H
(-)-Epicatechin gallate (ECG)	H	gallate	(-)-Catechin gallate (CG)	H	gallate
(-)-Epigallocatechin gallate (EGCG)	OH	gallate	(-)-Gallocatechin gallate (GCG)	OH	gallate

5) メタノール, アセトニトリル: HPLC用(ナカライテスク(株)製)を用いた。

6) 前処理用カートリッジカラム: Mega Bond Elut C18(充填量1g, Varian社製)は使用前にメタノール10ml及び水10mlで洗浄した。

7) 0.2mol/Lリン酸緩衝液: 0.2mol/Lリン酸一カリウム溶液及び0.2mol/Lリン酸を混合し, pH2.0及びpH3.0の緩衝液を調製した。

その他の試薬はすべて特級品を用いた。

3. 装置

HPLC装置: 日本分光工業(株)製880-PU型ポンプ, 同851-AS型オートインジェクター, (株)島津製作所製SPD-10AV型UV検出器, 同CR-4A型データ処理装置, 医理化機器(株)製Σ985型アンペロメトリック電気化学検出器により構成した。

4. 茶葉の浸出条件

四訂日本食品標準成分表⁹⁾の茶浸出液の調製法に従い, 以下のように行った。

煎茶: 茶葉10gを90℃の湯430mlで1分間浸出した。

玉露: 茶葉10gを60℃の湯60mlで2.5分間浸出した。

番茶, ほうじ茶, ウーロン茶: 茶葉15gを90℃の湯650mlで0.5分間浸出した。

紅茶: 茶葉2.5gを90℃の湯100mlで2分間浸出した。

健康茶: 各製品の添付文に従い浸出した。

粉末清涼飲料: 各製品の添付文に従い調製した。

5. 試験溶液の調製方法

1) カテキン類及びメチルキサンチン類

茶葉は粉碎し, 1gを100mlメスフラスコにとり, アセトニトリル-水(1:1)混液でメスアップし, スターラーを用いて室温下で40分間かくはんし, ろ紙ろ過した。ろ液4mlをナシ型フラスコにとり, 減圧濃縮乾固後, 0.1mol/Lリン酸緩衝液(pH2.0) 20mlで溶解したものを10mlをMega Bond Elut C18に負荷した。水5mlで洗浄後, メタノール-0.05mol/Lリン酸緩衝液(pH3.0) (4:6)混液で溶出し, 10mlとしたものを試験溶液とした。

茶飲料は25gとり, 0.2mol/Lリン酸緩衝液(pH2.0)で50mlとし, その10mlをMega Bond Elut C18に負荷した。水5mlで洗浄後, メタノール-0.05mol/Lリン酸緩衝液(pH3.0) (4:6)混液で溶出し, 10mlとしたものを試験溶液とした。

2) アスコルビン酸⁹⁾

茶葉は粉碎し, 緑茶は0.5g, その他の茶は10gとり, 1%メタリン酸25mlを加えて1分間ホモジナイズする操作を3回行い, 抽出液と残渣を合わせ, 1%メタリン酸で

100mlとした。3000rpmで10分間遠心し, 上澄液を0.5μmのメンブランフィルターでろ過したものを試験溶液とした。

茶飲料は20gとり, 10%メタリン酸10mlを加え, 水を加えて100mlとし, 0.5μmのメンブランフィルターでろ過したものを試験溶液とした。

6. HPLC条件

1) カテキン類及びメチルキサンチン類

カラム: J'sphere ODS-H80 (4μm, 4.6mm i.d.×250mm, (株)ワイエムシイ製), 移動相: メタノール-0.1mol/Lリン酸緩衝液(pH3.0) (11:39)混液, 流速: 0.7ml/min, カラム温度: 40℃, 注入量: 10μl, 検出: UV 275nm (島津SPD-10AV); ECD (アンペロメトリック) 600mV (医理化Σ985)

2) アスコルビン酸⁹⁾

カラム: Hibar LiChrosorb NH2 (10μm, 4.0mm i.d.×250mm, 関東化学(株)製), 移動相: アセトニトリル-0.01mol/Lリン酸一カリウム溶液(8:2)混液, 流速: 1.0ml/min, カラム温度: 30℃, 注入量: 10μl, 検出: UV 254nm (島津SPD-10AV)

結果及び考察

1. カテキン類とメチルキサンチン類の一斉分析法の検討

カテキン類とメチルキサンチン類を同時に分析した報告はいくつかみられるが^{3,4)}, 今回調査対象としたカテキン類8種とメチルキサンチン類3種の計11成分を一斉に分析した報告はみられない。そこで, 我々は調査に先立ち以下の事項について分析法の検討を行った。

1) 抽出及びクリーンアップ方法の検討

茶葉からの11成分の抽出方法は検討の結果, アセトニトリル-水(1:1)混液で室温下でかくはん抽出する末松らの方法⁷⁾が最適であった。また, 試験溶液の調製方法は寺田らの方法³⁾を準用し, 11成分の分析に適用できるよう, クリーンアップ方法等に変更を加えた。

クリーンアップには充填量1gのBond Elut C18を使用して, カートリッジへの負荷をpH2.0に調整した0.2mol/Lリン酸緩衝液で行うことにより, 11成分を効率よく保持させることができた。

次に, 溶出溶媒にメタノール-リン酸緩衝液系を用いて11成分を効率良く溶出できる比率について検討した。一般に逆相系カートリッジからの溶出条件の設定は目的物質を溶出させ, かつカートリッジ内に残留した夾雑物の溶出を最小限にとどめることが望ましい。そのために溶出溶媒はなるべくメタノールの比率を少なくする必要

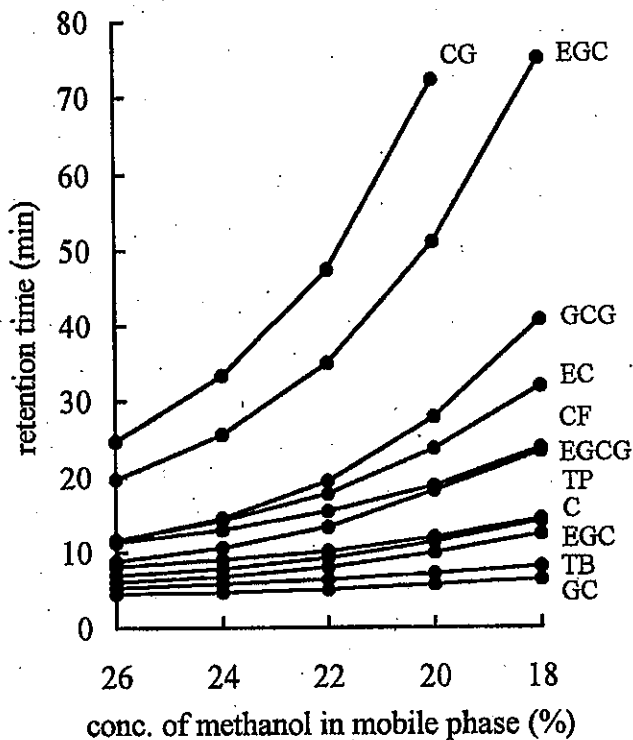


Fig. 2. Effect of Methanol Concentration in the Mobile Phase on Retention Time of Catechins and Methylxanthines

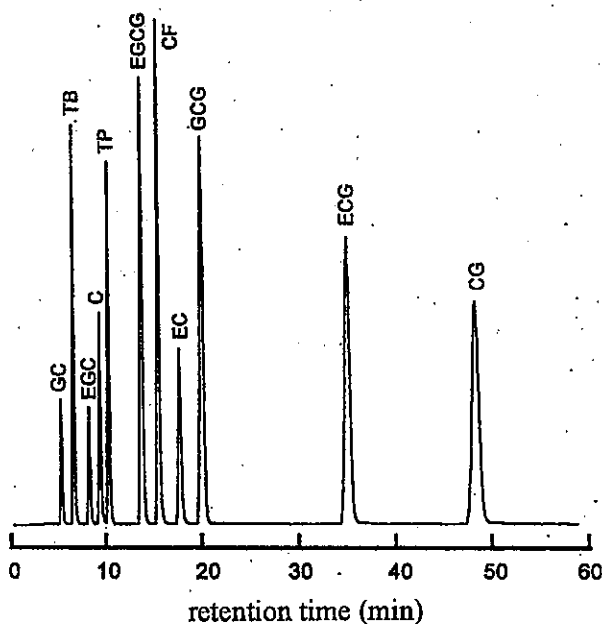


Fig. 3. High Performance Liquid Chromatogram of Catechins and Methylxanthines by UV Detection

Column: J'sphere ODS-H80 ($4\ \mu\text{m}$, $4.6\text{mm i.d.} \times 250\text{mm}$),
 Mobil phase: methanol- 0.1mol/L phosphate buffer (pH3.0) (11:39), Flow rate: 0.7ml/min , Column temp.: 40°C ,
 Detection: UV 275nm, Injection vol.: $10\ \mu\text{l}$

がある。すなわち、11成分の混合標準溶液を減圧濃縮乾固後、 0.1mol/L リン酸緩衝液(pH2.0)で溶解したものを10mlをカートリッジに負荷して検討したところ、溶出液を10mlとした場合に、11成分が95%以上回収できる最もメタノール含量の少ない比率は4:6であった。そこで、メタノール- 0.05mol/L リン酸緩衝液(pH3.0)の比率は4:6とした。

2) HPLC条件の検討

HPLC条件については、UV検出器を用いたアイソクラティックな条件で検討した。カラムについては、数種類のODSカラムで検討したところ、J'sphere ODS-H80のみ11成分を完全に分離することができた。また、移動相については、寺田ら³⁾が5種のカテキン類と3種のメチルキサンチン類の同時分析に用いたメタノール-リン酸緩衝液系について検討したところ、Fig.2に示すように、メタノールの割合が22%の場合に11成分を60分以内で完全に分離できることがわかった。したがって、メタノール-リン酸緩衝液(pH3.0)の比率は11:39とした。

上記条件で緑茶飲料については希釈し、ろ過して得た試験溶液を注入したとき、クロマトグラム上に妨害ピークは出現せず、十分定量が可能であった。しかし、紅茶、ウーロン茶等についてはクリーンアップした試験溶液でも、クロマトグラム上にGCの定量に妨害となるピークが出現した。そこで、検出器としてカテキン類に対してUV検出器よりもより特異性の高いアンペロメトリック電気化学検出器をUV検出器の後に直列に接続したとこ

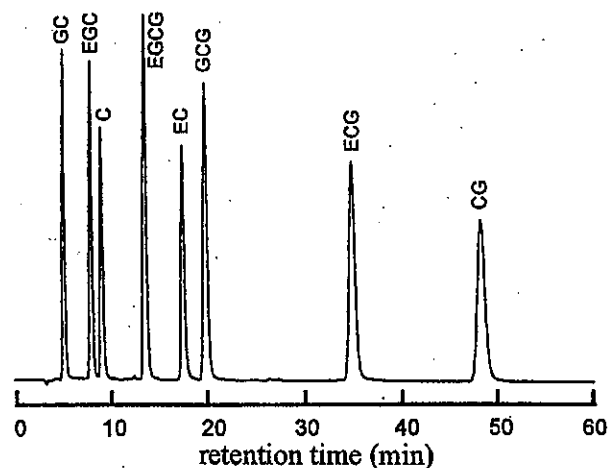


Fig. 4. High Performance Liquid Chromatogram of Catechins by Electrochemical Detection

Column: J'sphere ODS-H80 ($4\ \mu\text{m}$, $4.6\text{mm i.d.} \times 250\text{mm}$),
 Mobil phase: methanol- 0.1mol/L phosphate buffer (pH3.0) (11:39), Flow rate: 0.7ml/min , Column temp.: 40°C ,
 Detection: ECD 600mV, Injection vol.: $10\ \mu\text{l}$

ろ、妨害成分の影響もほとんどなく定量することが可能となった。そこで、UV検出器と電気化学検出器を併用することにした。電気化学検出器の条件は梅垣らの方法⁹⁾を参考にして600mVとした。検量線は注入量を10 μ lとしたとき、UV検出器の場合5~100 μ g/ml、電気化学検出器では1~20 μ g/mlの範囲で直線性が得られた。

以上の条件で11成分を分析したときの標準品のクロマトグラムをFig.3及びFig.4に示した。

2. 茶葉中の含有量について

茶葉中の各成分の分析結果をTable 1に示した。

各試料別の各カテキン類の分析値はTable 1のとおりであるが、これら8種のカテキン類の合計値を総カテキン量とし、これを茶種別に比較した。その平均値は、煎茶が130mg/gと最も多く、次いで玉露、抹茶の100mg/g、ウーロン茶で57mg/g、紅茶で42mg/gという順であり、発酵の度合いが深まるほど減少する傾向を示した。健康茶については、総カテキン量は5~42mg/gとバラツキが大きかった。これは、ハトムギ等の茶以外の原料を多数種類含み、カテキン類を含むウーロン茶の処方量に差があることによるためと思われる。

カテキン類の組成については、いずれの茶種においてもEGCGが最も多く、総カテキン量の約半分を占めた。続いて、EGC、ECG、ECの順に検出され、4成分の合計は総カテキン量の90%以上であった。これら4成分は2R体のカテキン類である。一方、2S体のカテキン類であるC、GC、GCG、CGの含有する割合は非常に少なかった。

メチルキサンチン類の分析結果では、CF含有量の平均値が抹茶で33mg/g、玉露で31mg/gとやや高く、煎茶、ウーロン茶、紅茶は25~28mg/gでほとんど差はみられなかった。また、TB含有量は紅茶の平均値が4mg/gであったが、それ以外の茶ではいずれも極く少量であり、TPは全く検出されなかった。

AAについては煎茶が最も多く検出され、平均値で3.9mg/gであり、抹茶は1.1mg/g、玉露は1.8mg/gであった。不発酵茶である緑茶類からAAが多く検出された。一方、発酵茶であるウーロン茶、紅茶、健康茶ではほとんど検出されなかった。

3. 茶浸出液中の含有量

茶葉を用いて茶を入れ、実際に飲用する場合の浸出液中の含有量についても調査し、その結果をTable 2に示した。

総カテキン量の平均値を比較したところ、玉露が3.8mg/gで特に多く、次いで煎茶は1.3mg/g、紅茶で0.54mg/g、ウーロン茶及び健康茶は0.13mg/gという結

果であった。また、メチルキサンチン類のうち、CF含有量の平均値は、玉露が1.8mg/gと他の茶浸出液と比べて非常に高く、紅茶は0.53mg/g、煎茶は0.39mg/g、ウーロン茶、健康茶はそれぞれ0.13mg/g、0.10mg/gであった。TBについては、煎茶、玉露、紅茶の平均値はそれぞれ0.02mg/g、0.05mg/g、0.05mg/gで、わずかに検出された。AAは緑茶類のみ検出され、その平均値は玉露で0.23mg/g、煎茶で0.08mg/gであった。乾燥茶葉と比べ、茶種別の浸出液中の各成分の検出量に順位の違いがあるのは、茶の浸出条件が茶の種類により異なるためであると思われる。特に、玉露は使用する湯の量に対し、茶葉を用いる量の割合が最も多く、かつ浸出時間が長いためにいずれの成分も浸出液中の含有量が最も多くなったものと考ええる。

カテキン類の組成については、いずれの茶種においてもEGCGとEGCが最も多く、続いて、ECG、ECの順であった。これら2R体の4成分の合計は総カテキン量の85%以上であった。茶浸出液中のカテキン類の組成の傾向は茶葉の場合に似ているが、茶葉と比較しEGCGの割合がやや少なく、EGCの割合がやや多くなる傾向がみられた。このことは、EGCGは水に溶けにくく、EGCは溶けやすい性質が影響したものと考えられた。特に、湯の温度の低い条件で浸出する玉露の場合においてその傾向が大きかった。

4. 缶入り茶飲料中の含有量

市販の缶入り茶飲料の分析結果をTable 3に示した。

総カテキン量の平均値は、緑茶飲料で0.44mg/g、ウーロン茶飲料は0.25mg/g、紅茶飲料で0.07mg/gであった。紅茶飲料のうちカテキン類を全く検出しなかったものが1検体あった。メチルキサンチン類のうち、CF含有量の平均値は緑茶飲料で0.12mg/g、紅茶飲料で0.12mg/g、ウーロン茶飲料は0.16mg/gで、大差は見られなかった。

これらの結果を茶浸出液の場合と比較したところ、緑茶飲料では総カテキン量、CFとも煎茶浸出液の1/3、紅茶飲料では総カテキン量は浸出液の1/8、CFは1/4と検出量は低かった。ウーロン茶では総カテキン量は浸出液の2倍、CFは1.2倍の検出量であった。これらの違いは、本実験での浸出条件と缶飲料メーカーのそれとの差によるものと考えられる。

これをCFの摂取量で考えてみると、缶入り茶飲料では茶種によるCF含有量に大差がないため、その平均値0.13mg/gと比較してみると、缶入り茶飲料を1本(350ml)飲用したときと、湯飲み茶碗1杯(100ml)の煎茶浸出液を

Table 1. Contents of Catechins, Methylxanthines and Ascorbic Acid in Tea Leaves

Sample	Catechins											Methylxanthines			L-Ascorbic Acid (mg/g)
	C	EC	GC	EGC	GCG	ECGC	CG	EGG	Total	CF	TB	L-Ascorbic Acid			
													CF	TB	
Green tea	2.9	11	3.4	39	2.6	63	<1.0	12	134	24	<1.0	3.6			
sencha(sayama)	<1.0	13	5.6	40	1.3	78	(-)	15	153	27	1.6	3.8			
sencha(sayama)	1.9	11	5.6	37	3.2	68	<1.0	14	141	28	1.1	3.3			
sencha(sayama)	1.2	12	1.4	30	<1.0	53	<1.0	13	112	29	1.4	4.1			
sencha(shizuoka)	1.4	12	1.0	36	<1.0	59	<1.0	12	122	26	1.8	5.9			
sencha(shizuoka)	<1.0	12	5.3	39	<1.0	64	(-)	12	133	24	1.7	4.9			
sencha(shizuoka)	1.4	9.8	3.7	33	3.7	59	(-)	12	123	23	1.0	2.5			
sencha(shizuoka)	1.6	11	4.9	44	3.3	60	(-)	11	136	23	<1.0	2.2			
sencha(shizuoka)	2.7	10	4.5	37	3.5	68	<1.0	13	139	27	<1.0	3.5			
sencha(uji)	<1.0	14	4.7	38	(-)	61	(-)	13	131	26	1.6	4.9			
sencha(uji)	1.5	13	2.2	38	<1.0	61	<1.0	13	130	27	1.8	5.5			
sencha(uji)	1.5	11	4.4	37	3.4	60	<1.0	13	131	26	<1.0	2.6			
sencha(uji)	1.8	11	5.5	37	4.2	54	(-)	10	124	22	<1.0	3.5			
sencha(kukicha)	<1.0	8.5	1.1	22	<1.0	58	<1.0	12	103	33	1.3	1.7			
gyokuro(sayama)	<1.0	10	1.4	28	<1.0	57	<1.0	11	109	30	1.2	1.7			
gyokuro(uji)	<1.0	6.9	<1.0	19	<1.0	56	(-)	12	95	33	<1.0	1.8			
gyokuro(yame)	<1.0	7.0	1.3	23	(-)	69	(-)	13	114	36	<1.0	1.6			
gyokuro	<1.0	8.4	1.8	29	<1.0	63	(-)	12	115	34	<1.0	2.4			
gyokuro	<1.0	7.5	3.4	25	1.1	56	(-)	12	106	27	<1.0	0.6			
maccha(uji)	<1.0	5.7	2.3	22	2.3	64	(-)	11	108	32	(-)	0.8			
maccha(uji)	<1.0	5.5	<1.0	16	(-)	54	(-)	15	92	38	(-)	1.4			
maccha(uji)	(-)	5.5	<1.0	18	(-)	57	(-)	11	92	30	(-)	1.1			
maccha(uji)	<1.0	6.3	1.2	25	(-)	59	(-)	11	103	31	(-)	1.4			
hojicha	1.3	1.7	1.1	1.9	4.3	3.5	1.1	1.4	16	12	<1.0	0.1			
bancha	<1.0	8.9	2.0	31	<1.0	30	<1.0	6.2	80	14	<1.0	1.9			
Oolong tea	<1.0	5.3	5.5	19	1.1	46	<1.0	9.2	87	26	<1.0	0.1			
(china)	1.4	2.4	4.1	7.0	1.3	17	<1.0	5.1	39	22	1.1	<0.1			
(china)	<1.0	3.7	3.4	15	1.6	43	(-)	9.6	77	25	<1.0	(-)			
(taiwan)	<1.0	2.8	3.1	8.9	(-)	25	(-)	6.1	46	25	1.2	(-)			
-	<1.0	2.4	(-)	6.5	(-)	18	(-)	6.0	33	30	2.2	0.2			
Black tea	<1.0	2.4	<1.0	5.8	<1.0	41	<1.0	14	65	32	2.7	<0.1			
darjeeling	(-)	2.3	(-)	2.8	(-)	28	(-)	11	44	29	4.9	(-)			
darjeeling	(-)	3.2	3.0	4.8	(-)	33	(-)	14	58	33	4.9	(-)			
darjeeling	<1.0	4.1	(-)	3.3	(-)	15	(-)	10	33	26	3.7	(-)			
ceylon uva	<1.0	1.1	<1.0	1.0	<1.0	2.7	<1.0	3.0	9.8	23	1.7	<0.1			
tea bag	(-)	(-)	1.1	1.0	1.2	3.8	(-)	1.0	8.1	3.7	(-)	(-)			
blend tea	<1.0	2.6	2.5	5.5	1.5	21	(-)	8.0	42	16	<1.0	(-)			
blend tea	(-)	<1.0	(-)	1.0	(-)	2.0	(-)	1.3	4.8	7.6	(-)	0.1			

Table 2. Contents of Catechins, Methylxanthines and Ascorbic Acid in Brewed Teas

Sample	Catechins										Methylxanthines			L-Ascorbic Acid
	C	EC	GC	EGC	GCG	ECGC	CG	ECG	Total	CF	TB			
Green tea														
sencha(sayama)	0.03	0.12	0.05	0.46	0.03	0.45	(-)	0.07	1.21	0.36	<0.01	0.10		
sencha(sayama)	0.04	0.14	0.06	0.54	0.03	0.69	(-)	0.12	1.62	0.42	<0.01	0.08		
sencha(sayama)	0.01	0.18	0.06	0.52	0.02	0.66	(-)	0.12	1.58	0.49	0.03	0.07		
sencha(sayama)	0.02	0.20	0.05	0.57	0.02	0.65	<0.01	0.13	1.64	0.59	0.06	0.11		
sencha(shizuoka)	0.02	0.19	0.06	0.58	0.01	0.64	<0.01	0.12	1.62	0.48	0.04	0.12		
sencha(shizuoka)	0.01	0.12	0.05	0.37	0.03	0.36	(-)	0.08	1.01	0.28	0.02	0.09		
sencha(shizuoka)	0.02	0.14	0.05	0.39	0.05	0.42	(-)	0.09	1.15	0.31	0.03	0.05		
sencha(shizuoka)	0.01	0.12	0.05	0.41	0.03	0.33	(-)	0.07	1.00	0.25	0.01	0.06		
sencha(tuji)	0.03	0.10	0.04	0.39	0.02	0.41	(-)	0.07	1.06	0.38	<0.01	0.07		
sencha(tuji)	<0.01	0.14	0.04	0.40	0.04	0.33	(-)	0.08	1.04	0.35	0.02	0.09		
sencha(tuji)	0.01	0.19	0.07	0.55	0.02	0.62	<0.01	0.12	1.59	0.47	0.04	0.09		
sencha(tuji)	<0.01	0.13	0.04	0.36	0.03	0.30	(-)	0.07	0.94	0.32	0.02	0.05		
sencha(kukicha)	0.01	0.12	0.06	0.40	0.03	0.36	(-)	0.07	1.05	0.27	0.01	0.06		
gyokuro(sayama)	0.04	0.46	0.10	1.3	0.01	1.4	<0.01	0.23	3.55	1.4	0.07	0.19		
gyokuro(tuji)	0.04	0.56	0.13	1.8	0.02	1.5	<0.01	0.25	4.31	1.4	0.07	0.13		
gyokuro(yame)	0.02	0.38	0.07	1.1	0.01	1.1	(-)	0.20	2.88	1.9	0.02	0.22		
gyokuro	0.03	0.43	0.08	1.4	(-)	1.6	(-)	0.25	3.79	2.0	0.04	0.26		
gyokuro	0.03	0.55	0.11	2.0	0.01	1.6	(-)	0.26	4.56	2.1	0.04	0.33		
hojicha	<0.01	0.02	<0.01	0.02	0.02	0.02	<0.01	<0.01	0.10	0.16	0.01	<0.01		
bancha	<0.01	0.05	0.02	0.16	<0.01	0.09	<0.01	0.02	0.36	0.15	<0.01	0.01		
Oolong tea														
(china)	<0.01	0.04	0.02	0.07	<0.01	0.10	<0.01	0.02	0.26	0.20	<0.01	<0.01		
(china)	<0.01	0.01	0.01	0.03	<0.01	0.04	<0.01	0.01	0.13	0.15	<0.01	<0.01		
(china)	(-)	0.01	<0.01	0.03	(-)	0.04	(-)	<0.01	0.09	0.08	(-)	(-)		
(taiwan)	(-)	0.01	0.01	0.03	(-)	0.04	(-)	0.01	0.10	0.12	(-)	(-)		
-	(-)	<0.01	(-)	0.02	(-)	0.02	(-)	<0.01	0.05	0.09	<0.01	(-)		
Black tea														
darjeeling	<0.01	0.04	0.02	0.05	0.01	0.58	<0.01	0.19	0.89	0.67	0.08	<0.01		
darjeeling	(-)	0.03	(-)	0.04	(-)	0.29	(-)	0.11	0.47	0.49	0.04	(-)		
darjeeling	(-)	0.03	0.06	0.06	(-)	0.29	(-)	0.11	0.55	0.50	0.04	(-)		
Ceylon uva	0.02	0.11	(-)	0.12	(-)	0.27	(-)	0.16	0.68	0.60	0.05	(-)		
tea bag	<0.01	0.02	<0.01	0.02	<0.01	0.04	<0.01	0.04	0.13	0.40	0.04	<0.01		
Health tea														
blend tea	(-)	(-)	0.01	0.01	0.01	0.03	(-)	<0.01	0.07	0.05	(-)	(-)		
blend tea	(-)	0.03	0.03	0.06	0.01	0.16	(-)	0.06	0.35	0.17	<0.01	(-)		
blend tea	(-)	<0.01	(-)	0.01	(-)	0.01	(-)	<0.01	0.03	0.07	(-)	(-)		
Instant tea														
green tea	<0.01	0.06	0.04	0.19	<0.01	0.27	(-)	0.05	0.62	0.15	<0.01	0.02		
hojicha	0.02	0.01	0.18	0.02	(-)	0.04	(-)	0.01	0.28	0.08	<0.01	<0.01		

Table 3. Contents of Catechins, Methylxanthines and Ascorbic Acid in Canned Tea Drinks

Sample	Catechins										Methylxanthines			L-Ascorbic Acid
	C	EC	GC	EGC	GCG	EGCG	CG	ECG	Total	CF	TB	CF	TB	
Green tea	(A)	0.06	0.02	0.18	0.07	0.10	0.10	0.02	0.02	0.56	0.14	(-)	0.19	
	(B)	0.05	0.02	0.16	0.06	0.08	0.08	0.01	0.01	0.48	0.11	(-)	0.31	
	(C)	0.09	0.05	0.15	0.07	0.07	0.07	0.01	0.01	0.54	0.12	(-)	0.39	
	(D)	0.05	0.04	0.14	0.06	0.06	0.07	0.01	0.01	0.44	0.12	(-)	0.52	
	(E)	0.05	0.02	0.13	0.08	0.07	0.07	0.01	0.01	0.45	0.10	(-)	0.11	
	(F)	0.03	0.01	0.06	0.03	0.02	0.02	(-)	(-)	0.16	0.12	(-)	0.13	
Oolong tea	(A)	0.04	<0.01	0.09	0.06	0.07	0.06	0.01	0.01	0.35	0.18	<0.01	0.01	
	(B)	0.04	(-)	0.09	0.06	0.05	0.05	0.01	0.01	0.31	0.19	<0.01	0.07	
	(C)	0.01	<0.01	0.05	0.02	0.04	0.04	<0.01	<0.01	0.19	0.14	(-)	0.13	
	(D)	0.01	<0.01	0.05	0.02	0.05	0.04	0.01	0.01	0.21	0.14	(-)	0.11	
	(E)	0.01	<0.01	0.05	0.02	0.04	0.04	0.01	<0.01	0.18	0.16	(-)	0.03	
Black tea	(A)	0.03	(-)	(-)	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.12	0.13	0.01	0.17	
	(B)	0.03	(-)	0.05	0.02	0.01	0.01	0.01	<0.01	0.14	0.11	0.01	0.13	
	(C)	<0.01	(-)	(-)	<0.01	0.02	0.03	<0.01	0.01	0.07	0.13	<0.01	0.13	
	(D)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	0.13	(-)	0.14	
	(E)	<0.01	(-)	(-)	<0.01	0.01	0.01	<0.01	<0.01	0.05	0.10	<0.01	(-)	

Table 4. Changes of Catechins and Methylxanthines during Reflux of Brewed Green Tea

Time (min)	Catechins							Methylxanthines			
	C	EC	GC	EGC	GCG	EGCG	CG	ECG	Total	CF	TB
0	0.05	0.12	0.03	0.38	0.01	0.41	0.01	0.08	1.08	0.27	<0.01
15	0.08	0.10	0.14	0.26	0.14	0.29	0.01	0.07	1.08	0.27	<0.01
30	0.12	0.09	0.18	0.20	0.17	0.25	0.01	0.05	1.08	0.27	<0.01

飲用したときはほぼ同量の摂取量であることがわかった。

また、TBの含有量はいずれも極く少量であり、TPは全く検出されなかった。

AAについての平均値は、緑茶飲料で0.28mg/g、ウーロン茶飲料で0.07mg/g、紅茶飲料で0.11mg/gであった。すべての検体に酸化防止剤としてビタミンCの添加表示があった。緑茶飲料の場合、煎茶浸出液の検出量の平均値と比べ3倍以上であったことや、ウーロン茶や紅茶の浸出液では検出されなかったことから、AAは添加されたものであることが確認された。しかし、今回分析した缶入り茶飲料のうち、紅茶飲料1検体はAAを検出しなかった。このことは、流通過程での酸化による減少あるいはAAの添加量が少なかった可能性が考えられた。

5. 缶入り茶飲料中でのカテキン類のエピメリ化

缶入り茶飲料中のカテキン類の組成についてはTable 3に示したように茶浸出液と比較して大きな違いが認められた。すなわち、浸出液ではEC, EGC, ECG, EGCG (2R体)の含有量が多く、C, GC, CG, GCG (2S体)の含有量は極めて少なかったのに対し、缶入り茶飲料では2S体が浸出液と比較して多量に検出され、総カテキン量の50%以上達していた。これは、当初存在した2R体のカテキン類が製造工程中あるいは流通過程中においてエピメリ化した可能性があり、特に加熱滅菌工程での影響が大きいものと考えられた。

そこで、煎茶浸出液を加熱還流してカテキン類及びメチルキサンチン類の検出量の経時変化をTable 4に示した。総カテキン量、CF及びTBの検出量にはほとんど変化はなかったが、加熱前には含有量が少なかったC, GC, GCGが時間の経過とともに増加し、逆に加熱前に含有量の多かったEC, EGC, EGCG, ECGが減少した。しかし、総カテキン量に変化がなかったことから、加熱により2R体のカテキン類がエピメリ化して異性体である2S体に変化したものと考えられる。

したがって、缶入り茶飲料についても製造工程中の加熱滅菌工程でECがCに、EGCがGCに、ECGがCGに、EGCGがGCGにエピメリ化したものと思われる。このように缶入り茶飲料では自ら茶を入れる時とは異なるカテキン類組成を持つという特徴があることが判明した。また、各異性体間の化学的性質がかなり違っていることを考慮すると、機能性の効果の面でも当然違いがあるものと推察される。しかし、現在のところ異性体間の機能性の違いについて検討したデータは少なく、これらについての評価はこれからの問題であると思われる。

まとめ

1. 茶葉及び茶飲料中における8種類のカテキン類及び3種類のメチルキサンチン類の一斉分析法を開発した。
 2. 茶葉中のカテキン類の組成は2R体のEC, EGC, ECG, EGCGが主要構成成分であり、総カテキン量の90%を占めていた。また、茶浸出液中での組成比率はおむね茶葉中の組成と大差のないものであった。
 3. 缶入り茶飲料中のカテキン類の組成は、茶葉及び茶浸出液と比較して大きな違いが認められた。すなわち、茶葉及び茶浸出液でわずかししか検出されなかった2S体のカテキン類(C, GC, CG, GCG)の含有量が50%以上を占めていた。
 4. 缶入り茶飲料と茶浸出液におけるカテキン類の組成の違いは、茶浸出液の加熱還流による組成の経時変化を調査した結果から、製造工程での加熱滅菌により2R体のカテキン類から2S体のカテキン類にエピメリ化したものと推測された。
 5. 缶入り茶飲料中のCF含有量は平均で0.13mg/gであり、缶飲料1缶の飲用は茶碗1杯の緑茶浸出液の飲用とほぼ同量の摂取量であることがわかった。
 6. 缶入り茶飲料中のAAについて、茶浸出液での検出量と比較した結果、AAは添加されたものであることがわかった。添加表示があるにもかかわらず、検出されなかったものが1例あり、流通過程での酸化による減少あるいは添加量が少なかった可能性も考えられた。
- 本調査は東京都食品環境指導センターの先行調査事業の一環として行ったものである。

文 献

- 1) 山本万里：日食工誌，43 (6)，653-662，1996。
- 2) 寺田志保子，前田有美恵，増井俊夫 他：日食工誌，34 (1)，20-27，1987。
- 3) 寺田久屋，鈴木晃世，田中治夫 他：食衛誌，33 (4)，347-354，1992。
- 4) 後藤哲久，長嶋等，吉田優子 他：茶業研究報告，83，21-28，1996。
- 5) 科学技術庁資源調査会編：四訂日本食品標準成分表，272-277，1982，大蔵省印刷局，東京。
- 6) 井部明広，斉藤和夫，中里光男 他：東京衛研年報，36，168-173，1985。
- 7) 末松伸一，久延義弘，西郷英昭 他：日食工誌，42 (6)，419-424，1995。
- 8) 梅垣敬三，江指隆年，手塚雅勝 他：食衛誌，37 (2)，77-82，1996。

都民が食品から摂取するカフェイン量(推定)

平成 18 年都民健康・栄養調査における 1 人 1 日当たりの食品群別摂取量 (g)

- ☆ コーヒー・ココア類 115.4 g
- ☆ 茶類 308.0 g

「食品中のカフェイン、テオプロミン及びテオフィリンの含有量」調査結果
(東京都健康安全研究センター)

- ☆ 市販のコーヒーのカフェイン量 平均 0.45 mg/g
- ☆ 市販の日本茶のカフェイン量 平均 0.14 mg/g

- ☆ コーヒー豆から通常飲用する条件で抽出したコーヒーのカフェイン量
平均 0.65 mg/g
- ☆ 茶葉から通常飲用する条件で抽出した煎茶のカフェイン量 平均 0.39mg/g



「コーヒー・ココア類」は抽出したコーヒーで、「茶類」は抽出した日本茶で摂取すると仮定した場合のカフェイン摂取量

- ☆ コーヒー
 $115.4 \text{ g} \times 0.65 \text{ mg/g} = 75 \text{ mg}$
 - ☆ 日本茶
 $308.0 \text{ g} \times 0.39 \text{ mg/g} = 120 \text{ mg}$
- } 加えると 195mg

(作成：東京都福祉保健局健康安全部健康安全課)

第3章の5 食品群別栄養素等摂取量(部)

食品群名	摂取量 g	エネルギー kcal	たんぱく質 g	脂質 g	炭水化物 g	食塩相当量 g	カリウム mg	カルシウム				リン mg	鉄				亜鉛 mg	銅 mg	ビタミンD μg	ビタミンE					
								総量 mg	カルシウム(通常の食品) mg	カルシウム(強化) mg	カルシウム(補助) mg		総量 mg	鉄(通常の食品) mg	鉄(強化) mg	鉄(補助) mg				総量 mg	ビタミンE(通常の食品) mg	ビタミンE(強化) mg	ビタミンE(補助) mg		
鳥肉類	23.8	36.5	3.8	2.2	0.0	0.0	38.3	1.5	1.5	0.0	0.0	3.9	26.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.27	0.01	6.7	0.0	0.0	0.0	0.0	
鶏肉	23.8	36.5	3.8	2.2	0.0	0.0	38.3	1.5	1.5	0.0	0.0	3.9	26.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.27	0.01	6.7	0.0	0.0	0.0	0.0	
その他の鳥肉	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
肉類(内臓)	1.8	2.2	0.3	0.1	0.0	0.0	2.5	0.1	0.1	0.0	0.0	0.2	3.5	0.1	0.1	0.0	0.0	0.03	0.01	101.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
その他の肉類	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
魚類	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
その他の肉・加工品	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
卵類	31.2	47.3	4.0	3.2	0.1	0.1	40.1	15.9	15.9	0.0	0.0	3.4	56.3	0.6	0.6	0.0	0.0	0.41	0.03	45.5	0.6	0.3	0.3	0.0	0.0
乳類	140.1	109.3	5.5	6.0	8.1	0.3	210.0	179.5	177.9	1.5	0.0	16.1	154.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.85	0.02	55.1	0.3	0.2	0.2	0.0	0.0
牛乳・乳製品	140.1	109.3	5.5	6.0	8.1	0.3	210.0	179.5	177.9	1.5	0.0	16.1	154.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.85	0.02	55.1	0.3	0.2	0.2	0.0	0.0
牛乳	102.7	67.1	3.4	3.7	5.0	0.1	157.2	114.9	114.4	0.5	0.0	10.6	95.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.41	0.01	36.9	0.3	0.1	0.1	0.0	0.0
チーズ類	4.0	14.0	0.9	1.1	0.1	0.1	2.8	27.4	26.5	0.9	0.0	0.8	27.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.10	0.00	5.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
発酵乳・乳酸菌飲料	26.9	17.0	1.0	0.5	2.1	0.0	41.5	30.9	30.7	0.2	0.0	3.9	25.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.02	0.00	2.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
その他の乳製品	6.5	11.2	0.2	0.7	0.9	0.0	8.5	6.2	6.2	0.0	0.0	0.7	6.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
その他の肉類	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
油脂類	11.5	100.0	0.0	10.9	0.0	0.0	0.7	0.4	0.4	0.2	0.2	0.1	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
バター	1.5	11.5	0.0	1.3	0.0	0.0	0.4	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
マーガリン	1.3	8.7	0.0	0.9	0.0	0.0	0.3	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
植物油類	8.5	78.6	0.0	8.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
動物性油脂	0.1	1.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
その他の油脂	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
菓子類	28.4	93.3	1.8	3.1	14.5	0.1	42.8	12.2	12.2	0.0	0.0	4.7	28.3	0.2	0.2	0.0	0.0	0.09	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
和菓子類	10.9	32.5	0.7	0.3	5.8	0.1	15.1	2.2	2.2	0.0	0.0	1.8	8.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.08	0.01	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
ケーキ・パストリー類	10.0	32.7	0.7	1.5	4.1	0.0	9.7	3.8	3.8	0.0	0.0	0.8	10.2	0.1	0.1	0.0	0.0	0.05	0.01	10.0	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0
ビスケット類	2.1	10.5	0.1	0.5	1.3	0.0	2.4	0.8	0.8	0.0	0.0	0.3	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.01	0.00	2.2	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0
キャンデー類	0.4	1.5	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
その他の菓子類	4.9	16.1	0.3	0.9	1.8	0.0	15.5	5.3	5.3	0.0	0.0	1.7	6.3	0.1	0.1	0.0	0.0	0.04	0.01	2.2	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0
菓子飲料類	610.5	76.1	0.9	0.1	6.8	0.0	162.6	17.2	16.9	0.3	0.0	16.5	25.5	0.5	0.5	0.0	0.0	0.09	0.03	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
アルコール飲料	102.8	55.7	0.2	0.0	2.7	0.0	24.2	2.7	2.7	0.0	0.0	4.8	10.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.01	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
日本酒	7.4	8.1	0.0	0.0	0.4	0.0	0.4	0.2	0.2	0.0	0.0	0.1	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.01	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
ビール	69.0	28.2	0.2	0.0	2.2	0.0	20.5	2.2	2.2	0.0	0.0	4.4	9.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.03	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
洋酒類-その他	26.4	19.4	0.0	0.0	0.1	0.0	3.3	0.3	0.3	0.0	0.0	0.3	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
その他の嗜好飲料	507.7	20.4	0.7	0.1	4.1	0.0	138.4	14.5	14.1	0.3	0.0	11.7	15.1	0.5	0.5	0.0	0.0	0.08	0.03	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
茶類	308.0	4.5	0.4	0.0	0.5	0.0	70.0	8.2	8.2	0.0	0.0	5.0	5.6	0.4	0.4	0.0	0.0	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
コーヒー・ココア類	115.4	8.5	0.3	0.1	1.7	0.0	65.4	4.4	4.4	0.0	0.0	6.6	8.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.06	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
その他の嗜好飲料	84.2	7.4	0.0	0.0	1.9	0.0	5.0	1.8	1.5	0.3	0.0	0.1	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
調味料・香辛料類	87.8	102.3	3.7	4.9	10.1	6.9	167.5	26.4	26.4	0.0	0.0	24.8	67.7	0.9	0.9	0.0	0.0	0.34	0.06	6.1	0.0	0.6	0.6	0.0	0.0
調味料	87.5	101.5	3.7	4.9	9.9	6.9	166.0	25.9	25.9	0.0	0.0	24.6	67.0	0.9	0.9	0.0	0.0	0.33	0.06	6.0	0.0	0.6	0.6	0.0	0.0
ソース	2.0	2.5	0.0	0.0	0.6	0.1	4.0	1.2	1.2	0.0	0.0	0.5	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
しょうゆ	15.1	10.6	1.2	0.0	1.5	2.1	57.6	4.2	4.2	0.0	0.0	9.5	24.2	0.2	0.2	0.0	0.0	0.13	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
塩	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.6	0.3	0.3	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
マヨネーズ	10.5	19.9	1.3	0.6	2.4	1.3	40.5	10.4	10.4	0.0	0.0	7.5	17.8	0.4	0.4	0.0	0.0	0.01	0.00	1.5	0.0	0.3	0.3	0.0	0.0
味噌	55.2	48.2	1.1	2.1	5.5	1.8	61.6	9.0	9.0	0.0	0.0	6.1	22.5	0.2	0.2	0.0	0.0	0.11	0.04	4.4	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0
その他の調味料	0.3	0.9	0.0	0.0	0.1	0.0	1.5	0.5	0.5	0.0	0.0	0.3	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.07	0.02	4.4	0.0	0.3	0.3	0.0	0.0
香料・その他	0.3	0.9	0.0	0.0	0.1	0.0	1.5	0.5	0.5	0.0	0.0	0.3	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
補助栄養素・特定保健用食品	15.0	11.6	0.3	0.5	1.7	0.0	5.1	12.9	7.3	0.4	4.3	0.3	3.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.01	0.00	1.4	0.1	3.6	0.1	0.0	3.5

東京都民の健康・栄養状況

(平成18年都民健康・栄養調査 東京都・区実施分集計結果)

平成20年6月

 東京都福祉保健局

低出生体重児（2,500g未満の出生児）数の 年次推移（平成2年～平成16年）

出典：厚生労働省ホームページ

妊産婦のための食生活指針 —「健やか親子21」推進検討会報告書—
（平成18年2月 「健やか親子21」推進検討会（食を通じた妊産婦の健康支
援方策研究会）より抜粋

割以上、見受けられた⁶⁾ (図13)。

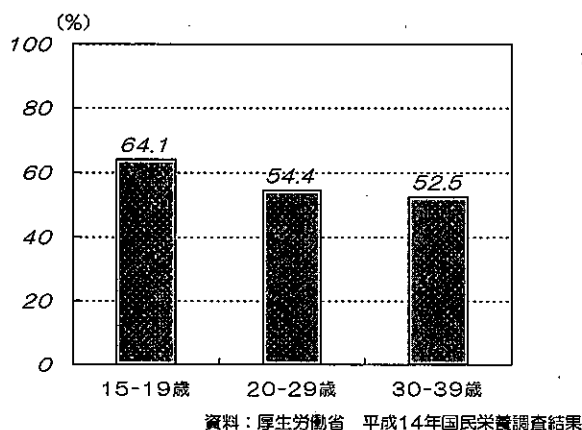


図12 現在、体重を減らそうとしている者の割合 (女性,年齢階級別)

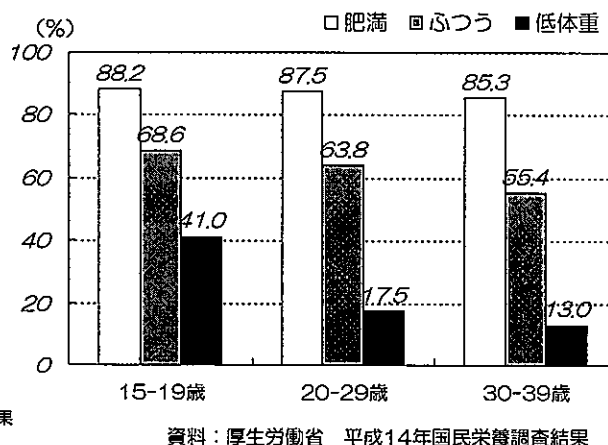


図13 体型別 体重を減らそうとしている者の割合 (女性,年齢階級別)

(3) 妊産婦や生まれてくる子どもの健康と食をめぐる現状

①妊産婦におけるエネルギーや各種栄養素の摂取状況

妊婦、授乳婦はエネルギー及び各種栄養素において、非妊娠時、非授乳時よりも十分に摂取する必要がある。しかし、エネルギーをはじめカルシウムや鉄などの摂取量については、1日に必要とされる摂取量を確保できていない状況にある⁷⁾ (表1)。

表1 妊婦,授乳婦のエネルギー及び栄養素摂取量

	妊婦 (n=330)		比較対照群 ²⁾ (n=330)		授乳婦 (n=338)		比較対照群 ³⁾ (n=338)	
	平均摂取量	栄養所要量 ¹⁾	平均摂取量	栄養所要量 ¹⁾	平均摂取量	栄養所要量 ¹⁾	平均摂取量	栄養所要量 ¹⁾
エネルギー (kcal)	1869	2153	1813	1919	2072	2589	1893	1917
たんぱく質 (g)	73.7	76.9	72.6	60.7	80.4	80.3	73.8	60.8
脂肪 (g)	60.4		58.9		65.7		61.2	
炭水化物 (g)	254.7		241.7		282.6		253.8	
カルシウム (mg)	597.7	923.3	499.6	600.0	609.4	1100.0	499.1	600.0
鉄 (mg)	11.0	18.4	10.6	12.0	11.5	20.0	10.3	12.0
食塩 (g)	11.7		12.1		12.9		11.6	
ビタミンA (IU)	3442	1935	2431	1800	3200	3200	2643	1800
ビタミンB ₁ (mg)	1.20	0.90	1.08	0.80	1.20	1.10	1.07	0.80
ビタミンB ₂ (mg)	1.42	1.20	1.26	1.10	1.50	1.50	1.30	1.10
ナイアシン (mg)	15.2	14.1	15.2	12.8	16.5	17.6	15.7	12.7
ビタミンC (mg)	126.1	60	114.3	50	130.3	90	114.0	50
ビタミンD (IU)	79.7	400	95.0	100	99.5	400	91.4	100

1) 第6次改定日本人の栄養所要量に基づく 2) 調査対象の「妊婦」と同じ年齢構成の非妊婦集団 3) 調査対象の「授乳婦」と同じ年齢構成の非授乳婦集団
厚生労働省「国民栄養調査」(1995-1999)をもとに分析

資料: Takimoto H, Yoshiike N, Katagiri A, Ishida H, Abe S. Nutritional status of pregnant and lactating women in Japan: A comparison with non-pregnant/non-lactating controls in the National Nutrition Survey. J.Obstet.Gynaecol.Res 2003; 29(2):96-103

②生まれてくる子どもの健康をめぐる現状

近年、低出生体重児の割合は増加傾向にある。人口動態統計の結果では、1993年(平成5年)に6.8%だった低出生体重児の出生割合が2004年(平成16年)には9.4%と増加している⁸⁾(図14)。妊娠前の体重や妊娠中の体重増加が、低出生体重児の出生頻度に関わることがいわれており、適切な栄養指導や体重管理の重要性が示唆される場所である。21世紀の母子保健における国民運動計画「健やか親子21」においても、全出生数中の低出生体重児の割合について2010年の目標を「減少傾向へ」とする課題が示されている(表2)。

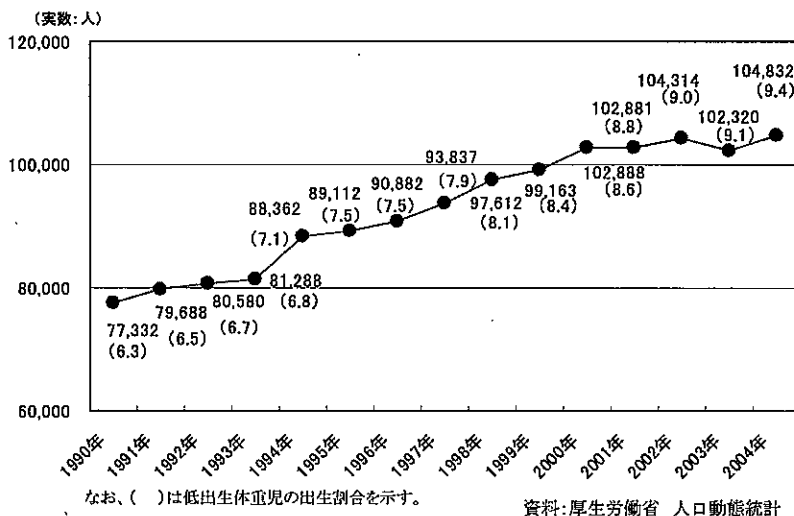


図14 低出生体重児(2,500g未満の出生児)数の年次推移

表2 「健やか親子21」*における低出生体重児に

環境整備	
③-2 全出生数中の低出生体重児の割合	
2010年の目標 減少傾向へ	
ベースライン	8.6%
	(平成12年人口動態統計)
↓	↓
暫定直近値	9.4%
	(平成16年人口動態統計)

*21世紀の母子保健における取組の課題として目標値を示したものであり、国民をはじめ、関係機関・団体が一体となっていく国民運動計画。

また、我が国においては、神経管閉鎖障害の発生率が1998年当時で出産(死産を含む)1万人に対し

6.0で、うち二分脊椎の発生率は3.2程度であり、2003年には6.1となっている⁹⁾。妊娠期においては、神経管閉鎖障害発症リスク低減のために適正摂取が推奨されている葉酸についても十分な摂取量(400 $\mu\text{g}/\text{日}$)は確保されていない¹⁾⁵⁾上、葉酸の供給源のひとつである緑黄色野菜についても十分にとれていない¹⁾(図9, 図15)。

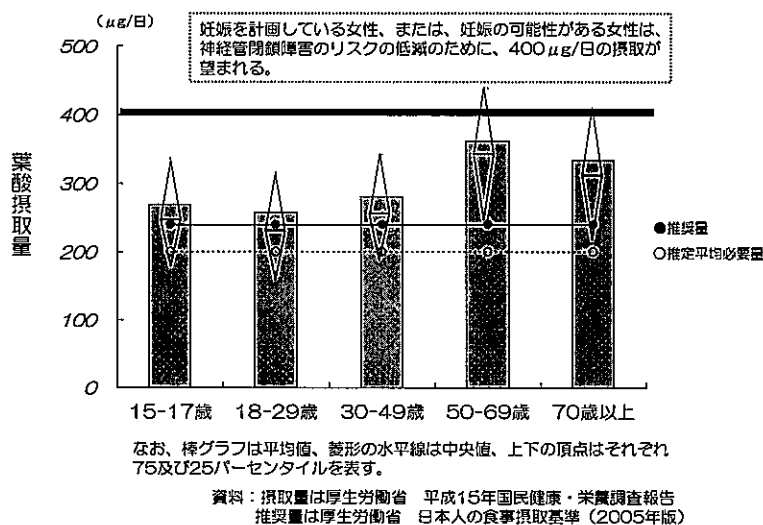


図15 葉酸摂取量と葉酸推奨量(女性,年齢階級別)

文献

- 1) 厚生労働省. 平成15年国民健康・栄養調査報告.
- 2) 厚生労働省. 平成11年国民栄養調査結果.
- 3) 厚生労働省. 平成12年国民栄養調査結果.
- 4) 厚生労働省. 日本人の食事摂取基準(2005年版).
- 5) 厚生労働省. 21世紀における国民健康づくり運動(健康日本21). 2000.
- 6) 厚生労働省. 平成14年国民栄養調査結果.
- 7) Takimoto H, Yoshiike N, Katagiri A, Ishida H, Abe S. Nutritional status of pregnant and lactating women in Japan: A comparison with non-pregnant/non-lactating controls in the National Nutrition Survey. J. Obstet. Gynaecol. Res 2003; 29(2):96-103.
- 8) 厚生労働省. 平成16年人口動態統計.
- 9) 平成16年度 厚生労働科学研究費補助金(子ども家庭総合研究事業)「先天異常モニタリング・サーベイランスに関する研究」(主任研究者:平原史樹).