

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 10 月 24 日現在

機関番号：34511

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25350162

研究課題名(和文) 季節変化および食生活・生活習慣に起因するエネルギー代謝変動の定量化

研究課題名(英文) Quantification of energy metabolic changes due to seasonal factors and food lifestyle-related factors

研究代表者

田中 紀子(TANAKA, Noriko)

神戸女子大学・家政学部・教授

研究者番号：90122324

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円

研究成果の概要(和文)：エネルギー代謝(消費)や食物摂取の季節変化，食生活因子との関連により生じる変動を定量化するために若年女性28人を対象として，冬から1年に亘り調査・測定を行った。その結果，安静時エネルギー代謝(REM kcal/LBM kg)は冬に高く，夏に低いという明らかな季節変化があり，運動してエネルギー(E)摂取も冬に最大，夏に最小となった。夏のE摂取の低下率(26%)は，REM(20%)より大きくなり体重が減少した。体重減少は主に体脂肪の減少によるものであるが，冬では体脂肪率は高くなり体組成の季節順化が示唆された。野菜・大豆摂取は季節因子よりも弱い体組成や心身の健康に影響することが示唆された。

研究成果の概要(英文)：The study was done in order to determine the variations in energy metabolism (expenditure), food intake, body composition by estimating seasonal factors such as temperature and food life-style-related factors. Twenty eight female college students living in Kansai area of Japan participated in this study through a year from winter to autumn. The results showed that resting energy metabolism(REM kcal/LBM) was significantly decreased by 20% in summer(lowest in the seasons) than that of winter(highest). The energy intake was significantly decreased by 26% in summer than that of winter. These results showed that there are seasonal changes in REM. We may assume that loss of body weight occurred in summer was mainly induced by decreasing body fat but not due to loss of muscle content. The higher body fat content in cold season indicates accommodation to the climate. High intake of vegetable lead to lower body fat within normal range but to a lesser extent than seasonal change.

研究分野：環境生理

キーワード：季節変化 安静時エネルギー代謝 エネルギー摂取 体組成 体脂肪 運動 食生活 心身の健康

1. 研究開始当初の背景

(1) エネルギー代謝(消費)は気候変動等の外環境により変化するだけでなく、味覚や咀嚼などの口腔感覚により影響を受けることがわかってきた(Horton E S., Am J Clin Nutr, 38, 972-977, 1983)。エネルギー代謝のうち 60%もの大きな割合を占めるのは安静時代謝(RMR:resting energy metabolic rate)である。RMRの大部分を占める基礎代謝は、気温により変化することが知られており(Oshiba S., Jpn J Physiol., 1957), 明確な四季のある日本では気温はエネルギー代謝の大きな変動要因となる。しかし、近年、空調機の発達とともに快適な生活環境に変わってきたことで代謝の変動幅が小さくなっているのではないかとも言われている。安静時代謝に加えて約 10%の DIT (Dietary Induced Thermogenesis)と身体活動量の 30%を合わせて総エネルギー消費となるが、DIT や身体活動量の季節変化については、あまり研究されていない。

(2) エネルギー代謝は、季節などの外環境因子以外にも、食品や、食生活により変化することが、最近明らかになっている。例えば、おいしい食事は味覚等の口腔内感覚神経を介してエネルギー代謝が亢進する(Leblanc J & Brondel L., Am J Physiol, 248, E 333 - 336, 1985)。咀嚼は満腹中枢を刺激して摂食量を減少させるが、それだけでなく、ヒスタミン・ニューロン系を介してエネルギー消費を亢進し、末梢での脂肪分解促進と脂肪合成抑制に働き肥満防止に有効に働いている(吉松博信, 坂田利家, 肥満研究, 7, 166 - 171, 2001; 坂田利家, 深川光司, 日本咀嚼学会雑誌, 11, 99 - 107, 2002)。

(3) 食物摂取について、摂取量は気候と関連し、自発的摂取量は環境温度の高い砂漠では低いが、寒冷地の極地では多くなるのが古くから知られている(Johnson R & Kark R M., Science, 105, 378-379, 1947)。食物摂取は気候だけでなく、精神面とも強い関係があるとされ、日照時間が短くなる地域に、冬季うつや季節性情動障害があると、食欲や炭水化物摂取が増加するといわれている。

2. 研究の目的

(1) 本研究では、長期の実験調査により、気候変動による食物摂取やエネルギー代謝の変化を定量し、それらに影響する心理・生活・食生活因子を抽出し変動を定量化し、変化の結果として現れる体重、および体組成の変化を調べることを目的とした。

(2) 気候によるエネルギー代謝や食物摂取の変化、あるいは食物の美味しさや摂取方法などの食生活・食習慣により生じるエネルギー消費の変化量を知ることは、適切な食物摂取量を知る上で重要であり、栄養の指導・教

育の現場や、食育において有用であり、実践上の有効性を高めることが期待される。

3. 研究の方法

(1) 対象者と実験スケジュール

近畿地区に居住する一般女子大学生・大学院生(20~23歳)28人を対象として、2014年1月~11月に調査・測定を行った。1・2月(冬季), 4・5月(春季), 7・8月(夏季), 10・11月(秋季)の各季節に調査・測定を行った。対象者には、ホルモンの影響をさけるために基礎体温を毎朝記録させて、低温期を定めて、低温期の連続した3日間に、生体インピーダンス法による体重・体組成の測定をおこない、また、秤量記録法による食事調査を行った。また、この期間にガス代謝による安静時エネルギー代謝の測定および心身に関するアンケート調査を実施した。身体活動量は約1か月内の活動量を測定した。

(2) 基礎体温の測定

基礎体温の測定は電子体温計(MC-642LC: OMRON)を用いた。毎朝起床時に舌下にて基礎体温計の端子をあて、口を閉じた状態で測定し、記録することにより低温期の確定を行った。原則として調査・測定は低温期に実施した。

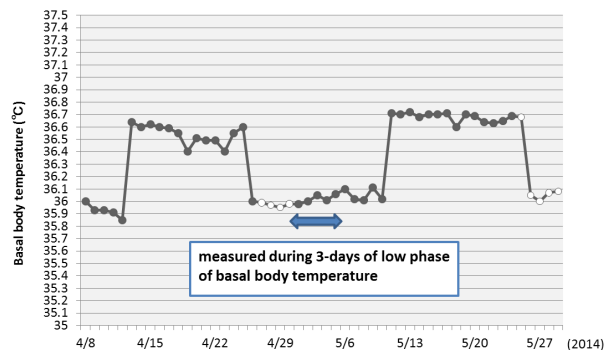


図 1 基礎体温の記録

(3) 体重・体組成の測定

体重・体組成の測定はボディコンポジションアナライザー(Inbody 720, Biospace)により測定した。測定は、安静時エネルギー代謝測定に合わせて実施し、2~3日測定してその平均値とした。測定時には、朝食後3時間を経過していること、排尿をすませていること、測定前に運動をしていないこと、検査衣に着かえていることを確認して測定した。

(4) 安静時エネルギー代謝

朝食後3時間以上経過した状態で、座位にて約10分間安静状態にした後、Metabolic Analyzer(MedGem+, microfile)により測定した。

(5) 身体活動量の測定

身体活動量の測定は、生活習慣記録機(ライフコーダGS, スズケン株式会社)を、毎日、睡眠、入浴時以外、腰に装着させて、約1か

月間のデータを記録して、性周期1サイクルにおける1日あたりのエネルギー消費量、身体活動量、歩数、運動量を計算した。

(6) 食事調査

食事調査は低温期の連続した3日間に秤量記録法にて行った。重量の測定には予め配布したデジタルキッチンスケール(DKS-13, 共和工業株式会社)にて測定して記録させた。また、同時に飲食したものはすべて写真に撮り送信させた。栄養計算はエクセル栄養君 Ver. 6.0(建帛社)を用い、エネルギー、栄養素摂取量を算出した。

(7) 心身の状態

心身の状態として抑うつ尺度(CES-D)を用いて、各項目の点数を合計した。

(8) 統計処理

統計処理はSPSS(Statistics Ver2.0, IBM)を使用した。季節間の差はrepANOVA(多重比較: Tukey, Bonferroni)を用いた。

なお、本研究は神戸女子大学ヒト研究倫理委員会にて承認を得たうえで、対象者に研究の目的、測定項目等の実施方法について説明を行い、同意を得られたものについて実施した。

4. 研究成果

気候の変化が安静時エネルギー代謝、身体活動量、体組成の測定値、食事調査から計算した栄養素・エネルギー摂取量にどのような影響を及ぼすかを明らかにし、気分、生活習慣、食生活等との関連を解析した。

図2は調査を開始した2014年1月~2015年1月までの神戸の月ごとの平均気温、最低・最高気温および日照時間である(気象庁:www.jma.go.jp)。平均気温は冬では6, 夏では27であり、その差は21であった。日照時間は、通常は冬は短く、夏は長い傾向であるが、調査した2014年の夏は降雨量が多かったため、日照時間は年間通しても短い傾向であった。

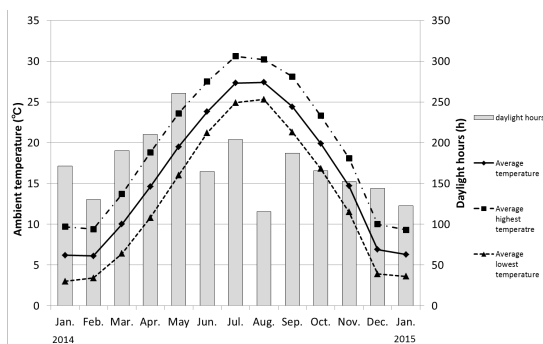


図2 気温と日照時間(2014年)

(1) 安静時エネルギー代謝(RMR)の季節変化

RMRは990~1200kcalを推移し、冬に最も高く、春から低下して夏になると有意に低下し季節の中で最低値であった(図3)。

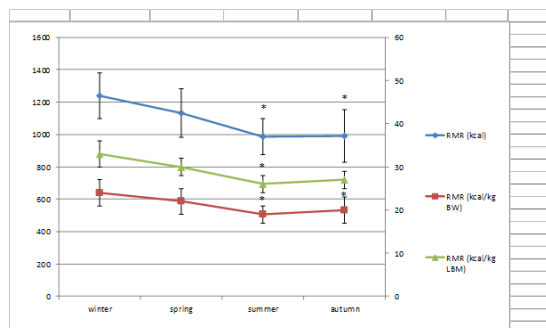


図3 安静時エネルギー代謝の季節変化

この変化は体重(kg)当たりでも除脂肪量(LBM kg)当たりでも同様であり、空調器の発達した今日でも、安静時エネルギー代謝は気温の低い冬に高く、気温の高い夏に低いことは明らかであった。冬から夏の低下率は約20%であった。Oshibaの報告では、気温が10低下すると基礎代謝量が6%増加するとしているが、本研究では、21の差であるので、これから計算すると約10%であり、それより大きかった。

(2) 身体活動量の季節変化

ライフコーダで記録した身体活動量について性周期1サイクル(約1か月)の総エネルギー消費量および歩数(図1)を積算してそれぞれ1日あたりの平均値を求めた。総エネルギー消費量も歩数も冬には低かったが、春になると有意に増加した。しかし、夏になると再び有意に減少し、秋になると再び活動量が増加する傾向であった。身体活動量の季節変化は冬と夏では低く、春に最も高くなること示された。

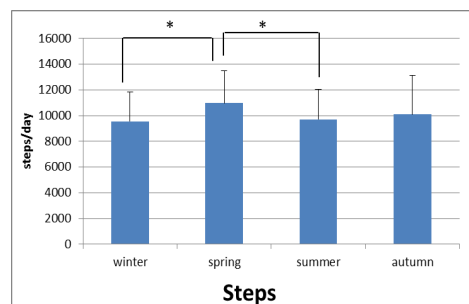


図4 歩数の季節変化

(3) 食物摂取の季節変化

食物からの摂取エネルギーは冬から春、夏に有意に減少し、有意差はないものの秋に増加する傾向があった。たんぱく質、脂質、炭水化物の摂取量も冬が最大であり、春から減少し、特に夏になると有意な減少が起こった。栄養素摂取量およびエネルギー摂取量は冬が最大であり、夏は最小であった。グループの平均値は冬:1790kcal;夏:1324kcalであり、冬の摂取量は平成25年国民健康・栄養調査の1628kcalよりもやや多いものの、

夏は調査結果より 300kcal 低くなるのがわかり、夏の摂取量は低くなり、冬の栄養状態は国の調査結果と同等であるが、夏の栄養状態は決して良くないことがわかった。冬から夏のエネルギー摂取の低下は約 26%であり、気温による摂取量の変化は大きかった。

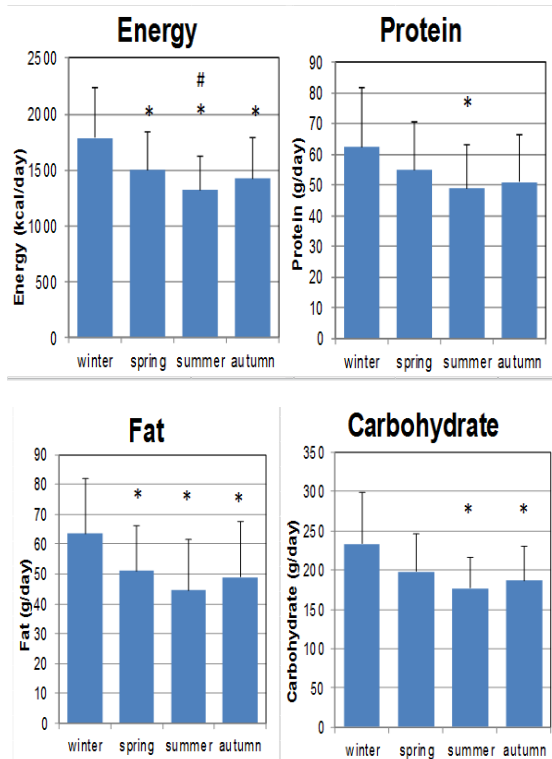


図5 栄養素・エネルギー摂取量の季節変化

(4) 体組成の季節変化

体重は季節の中で冬と春が重い、夏になると減少し、秋まで減少が続いた(図6)。体組成では、体脂肪量は冬に最も多く、春から減少し、夏になると最小となるが、秋になると増加傾向を示した。同様に体脂肪率で見ても、冬は最大、夏に最小の率を示し、気温が低くなると体脂肪率を増やす傾向にあった。一方、気温が高くなると、体脂肪率は減少する傾向があるが、秋では体重減少が続いても体脂肪率は減少せず増加傾向に向かうことから、優先的に体脂肪を増やして寒冷に備えようとする体組成の季節変化が見られた。

除脂肪量(LBM)は、冬から春には増加傾向を示したが、夏には減少して冬のレベルに戻り、夏と冬では変化がなかった。したがって、運動量は高温や寒冷環境下では少ないが、春や秋に多いことが推測された。除脂肪重量の多くを占める筋肉は春に最大となったことから、除脂肪量は季節よりも運動量と関連することが推察された。

(5) 抑うつ尺度の季節変化

CES-Dを用いた抑うつ尺度は、人によりばらつきはあるものの、各季節間に差はなかった。CES合計得点が16点以上であれば抑うつ

傾向があるとされているが、対象者のうち16点以上の抑うつ傾向のある人は40~50%であった(図7)。日照時間が短くなると抑うつ度が高くなることが報告されているが、調査時の夏の日照時間が短かったため冬との日照時間の差がなくなり、季節変化がなくなったのかもしれない。

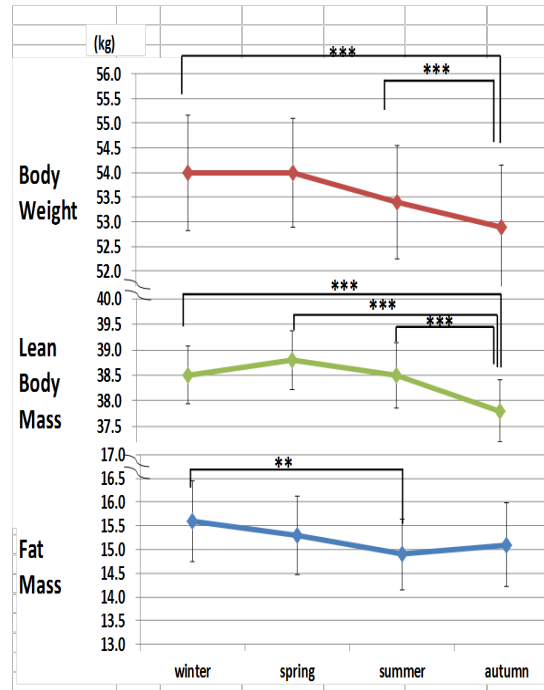


図6 体重、体組成の季節変化

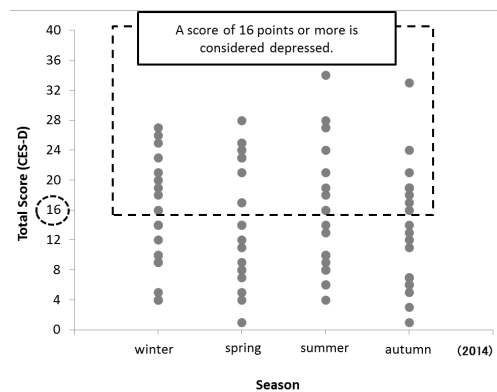


図7 CES-D得点の季節変化

(6) エネルギー消費と摂取の関連

エネルギー消費の基盤となる安静時エネルギー代謝は、気温上昇とともに低下するが、消費の低下に呼応するように、食物摂取量も低下する。その低下の度合いはエネルギー摂取の方が消費を上回るの、結果として体重の減少として現れたと考える。夏季の体重の減少は、除脂肪量ではなくて体脂肪量が減少することによることが示唆された。図には示していないが、体脂肪量の部位別の変化では、左腕と体幹の体脂肪量は夏に有意に減少していた。右腕と下肢も有意差はないものの減少傾向を示したことから、夏季の体脂肪の減

少は皮下脂肪の減少であることが推測され、暑熱環境への体組成の順化であることが示唆された。

(7) エネルギー消費と生活習慣・食習慣との関連

食事調査から計算された野菜摂取量を高低2群にわけてエネルギー消費・摂取および生活習慣、食習慣との関連を調べた。野菜摂取高群は低群よりも総エネルギー消費は低く、エネルギー摂取は高い傾向にあったが、いずれも有意差はなかった。また、身体活動量や運動量および除脂肪量・骨格筋量についても差がなかった。しかし、体脂肪量は、野菜摂取高群は低群よりも有意に低くなり、その低下は約25%に及んだ。体脂肪率も同様であり、野菜摂取高群は低群に比べて有意に体脂肪率が低下した。

質問紙調査で食事の時に噛む・噛まないの2群に分けて解析したところ、噛む群は噛まない群に比べて食物から摂取するエネルギー量は有意に減少し、その減少は約21%であった。噛む群と噛まない群の体重、体組成では除脂肪量や体脂肪率には有意差がなかった。

抑うつ尺度と食生活との関連では、従属変数をCES合計得点とし、独立変数として、体脂肪率、エネルギー消費量、身体活動量、豆類摂取、野菜摂取を投入して重回帰分析(ステップワイズ)を行ったところ、豆類摂取は負の標準偏回帰係数、菓子類摂取は正の係数を示した。したがって豆類摂取が多いと抑うつが低下し、菓子類が多いと抑うつが増加することが示唆された。その説明係数は $R^2=0.581$ であった。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 8 件)

Nishida H., Ikegami A., Kaneko C., Nishi H., Tanaka N., Aoyama M., Usami M., and Okimura Y.: Dexamethasone and BCAA failed to modulate muscle mass and mTOR signaling in GH-deficient rats., *Plos One*, 査読有, 10, 2015, 1-20. DOI: 10.1371/journal.pone.0128805

村井陽子, 安藤弘行, 山崎範子, 奥田豊子: 主食・主菜・副菜を組み合わせて食べる食育プログラムの効果, *日本食育学会誌*, 査読有, 9, 2015, 105-112.

<http://www.shokuiiku-gakkai.jp/mokuji.html>

海崎彩, 田中紀子: 高校野球選手の栄養学的介入による夏季の体格・栄養状態の改善, *日本スポーツ栄養研究誌*, 査読有, 8, 2015, 19-29.

村井陽子, 奥田豊子: 豆調理頻度向上を目的とした印刷媒体による教育効果: - 小学生の保護者を対象として, *日本食育学会誌*,

査読有, 8, 2014, 111-120.

中橋絢音, 田中紀子, 柳澤花: 若年女子運動選手の安静時代謝と身体組成の季節変動について, *神戸女子大学家政学部紀要*, 査読有, 47, 2014, 23-28.

http://www.kobe-wu.ac.jp/wu/course/he_kasei/kiyou.html

作田はるみ, 尾ノ井美由紀, 米倉裕希子, 奥田豊子, 下村尚美, 内田勇人, 北元憲利: 知的障がいのある幼児の食生活と肥満 質問紙調査による一般時との比較, *小児保健研究*, 査読有, 73, 2014, 300-307.

<http://jschild.med-all.net/>

作田はるみ, 東根裕子, 奥田豊子, 坂本薫, 橘ゆかり, 北元憲利, 内田勇人: 在宅で生活する知的障害者の食行動の特徴と肥満との関係, *肥満研究*, 査読有, 19, 2013, 186-194

<http://www.jasso.or.jp/contents/magazine/index.html>

西岡奈保, 田中紀子, 平野直美, 中村満: 介護予防としてトレーニングを行っている高齢者の身体機能の向上と栄養摂取状況について, *日本栄養・食糧学会誌*, 査読有, 66, 2013, 9-24.

http://www.jsnfs.or.jp/pub/pub_jsnfs.html [学会発表](計 18 件)

Tanaka N., Okuda T., Hirano N., Shinohara H., Asano Y., Hamaguchi I., Umemoto M., Kang J., Higashine Y., Shimonaka R., and Morikawa Y.: The intake of bean products and vegetables associated with mental and physical health of Japanese university students. XXIII IFHE world congress, Daejeon, Korea, August 1-6, 2016.

Hirano N., Yamashita H., Tanaka N., Kaizaki A., Shimonaka R., and Nakamura M.: The effect of daily oral function training in the elderly who participate in long-term strength training program for preventive care. 12th Asian Congress of Nutrition, Yokohama, May 14-18, 2015.

Shimonaka R., Tanaka N., Okuda T., Hirano N., Shinohara H., Asano Y., Umemoto M., Kang J., Higashine Y., and Hamaguchi I.: Seasonal variation of body composition associated with food intake, physical activity, and resting energy metabolism. 12th Asian Congress of Nutrition, Yokohama, May 14-18, 2015.

Tanaka N., Okuda T., Hirano N., Shinohara H., Asano Y., Umemoto M., Kang J., Higashine Y., Hamaguchi I.: Seasonal variation in food intake, physical activity and change in body composition in female college students. 12th Asian Congress of Nutrition, Yokohama, May 14-18, 2015.

梅本真美, 田中紀子, 奥田豊子, 下中里

恵, 平野直美, 篠原久枝, 浅野恭代, 東根裕子, 濱口郁枝, 康薔薇: 女子大生における体組成の季節変動, 第 14 回日本栄養改善学会近畿支部学術総会, 帝塚山大学(奈良県奈良市), 2015 年 12 月 6 日.

山下浩美, 田中紀子, 平野直美, 清水典子, 下中里恵, 中村満: 在宅高齢者の口腔体操プログラムによる口腔機能の変化, 第 14 回日本栄養改善学会近畿支部学術総会, 帝塚山大学(奈良県奈良市), 2015 年 12 月 6 日.

山下浩美, 田中紀子, 平野直美, 海崎彩, 下中里恵, 中村満: 高齢者の口腔体操プログラムによる口腔機能向上について, 第 13 回日本栄養改善学会近畿支部学術総会, 京都女子大学(京都市), 2014 年 12 月 7 日.

田中紀子, 下中里恵, 奥田豊子, 篠原久枝, 浅野恭代, 梅本真美, 平野直美, 康薔薇, 東根裕子, 濱口郁枝: 体組成の季節変化と食物摂取・エネルギー代謝の関連: 日本栄養・食糧学会 第 53 回近畿支部大会, 京都府立大学(京都市), 2014 年 10 月 25 日.

中橋絢音, 田中紀子, 平野直美, 吉野昌恵: 大学女子ラグロス選手の食物摂取・体組成の現状と栄養指導の効果について, 第 61 回日本栄養改善学会学術総会, パシフィコ横浜(神奈川県横浜市), 2014 年 8 月 20 - 22 日

平野直美, 田中紀子, 山下浩美, 中村満: 介護予防として継続的トレーニングを行っている高齢者の口腔体操プログラムによる口腔機能の改善効果, 第 68 回日本栄養・食糧学会大会, 札幌市教育文化会館(札幌市), 2014 年 5 月 30 日 - 6 月 1 日.

Tanaka, N., Okuda, T., Shinohara, H., Hamaguchi, I., Asano, Y., Higashine, Y., Kang, J., Wakimoto, N., Hirano, N.: The importance of having interest in cooking and vegetable and fruit intake for chewing consciousness in primary school children. IUNS 20th International Congress of Nutrition, Granada, Spain, September 15-20, 2013.

Higashine, Y., Okuda, T., Tanaka, N., Kang, J., Asano, Y., Hamaguchi, I., Shinohara, H.: Relationship between preference for Japanese soup stock(Dashi) and dietary habits in University students. IUNS 20th International Congress of Nutrition, Granada, Spain, September 15-20, 2013.

Hirano, N., Nishioka, N., Tanaka, N., Kaizaki, A., Nakamura, M.: Improvement of physical functions and nutritional status in elderly persons by long-term training for preventive care. IUNS 20th International Congress of Nutrition Granada, Spain, September 15-20, 2013.

Okuda, T., Tanaka, N., Shinohara, H., Hamaguchi, I., Asano, Y., Higashine, Y., Kang, J.: Dietary and life-style factors

that influence the chewing consciousness in primary school children in Japan. The 20th International Congress of Nutrition, Granada, Spain, September 15-20, 2013.

東根裕子, 田中紀子, 篠原久枝, 浅野恭代, 濱口郁枝, 康薔薇, 奥田豊子: 高学年児童の学習態度・意欲へ影響する食生活・生活習慣要因, 第 35 回(一般社団法人)日本家政学会関西支部研究発表会, 大阪青山大学(大阪府箕面市), 2013 年 10 月 12 日.

篠原久枝, 奥田豊子, 田中紀子, 浅野恭代, 康薔薇, 東根裕子, 濱口郁枝: 宮崎県内小学生の嗅覚・咀嚼意識と食生活・生活習慣との関連性, (特定非営利活動法人)日本栄養改善学会 第 60 回大会, 神戸国際会議場(兵庫県神戸市), 2013 年 9 月 12 - 14 日.

田中紀子, 西岡奈保, 平野直美: 介護予防として長期間運動を行っている在宅高齢者の身体機能と栄養状態について, 日本調理科学会近畿支部, 高齢と食分科会報告会, 奈良女子大学(奈良県奈良市), 2013 年 6 月 16 日.

海崎彩, 田中紀子: 夏季暑熱環境下における運動選手の食物摂取の減少と安静時エネルギー代謝との関連, 第 67 回日本栄養食糧学会大会, 名古屋大学東山キャンパス(愛知県名古屋市), 2013 年 5 月 24 - 26 日.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

田中 紀子 (TANAKA, Noriko)
神戸女子大学・家政学部・教授
研究者番号: 90122324

(2) 研究分担者

奥田 豊子 (OKUDA, Toyoko)
帝塚山学院大学・人間科学部・非常勤講師
研究者番号: 90047308
篠原 久枝 (SHINOHARA, Hisae)
宮崎大学・教育文化学部・准教授
研究者番号: 40178885
浅野 恭代 (ASANO, Yasuyo)
畿央大学・健康科学部・教授
研究者番号: 40098546
平野 直美 (HIRANO, Naomi)
神戸女子短期大学・食物栄養学科・教授
研究者番号: 90218800

(3) 連携研究者

濱口 郁枝 (HAMAGUCHI, Ikue)
甲南女子大学・人間科学部・准教授
研究者番号: 80521997

(4) 研究協力者

下中 里恵 (SHIMONAKA, Rie)
東根 裕子 (HIGASHINE, Yuko)
康 薔薇 (KANG, Jangmi)
梅本 真美 (UMEMOTO, Mami)