タクラマカン沙漠踏査隊員の血清 n-3 系多価不飽和脂肪酸と EPA/AA 比の減少

平井和子^{*1}, 浅野恭代^{*2}, 掛須美奈子^{*1},
樋口寿^{*3}, 中西守^{*4}, 前田雅子^{*2}, 藺田雅子^{*2}

^{*1}大阪市立大学大学院生活科学研究科健康栄養学, ^{*2}畿央大学

^{*3}大阪女子学園短期大学, ^{*4}兵庫医科大学臨床病理

Reduction in n-3 PUFA Levels and EPA/AA Ratio in Serum after Desert Travels in China

Kazuko HIRAI^{*1}, Yasuyo ASANO^{*2}, Minako KAKESU^{*1},
Hisa HIGUCHI^{*3}, Mamoru NAKANISHI^{*4}, Masako MAEDA^{*2} and Masako SONODA^{*2}

^{*1}Department of Health and Nutrition, Graduate School of Human Life Science, Osaka City University, Osaka, ^{*2}Kio University, Nara

^{*3}Osaka Joshi Gakuen Junior College, Osaka, ^{*4}Department of Clinical Pathology, Hyogo College of Medicine, Hyogo

Abstract **Objectives:** The effects of 3 months of desert travel in China on serum fatty acids and tocopherol were studied.

Methods: In project staff members (6 males, 3 females, aged 19-27 years), serum levels of fatty acids and α -tocopherol were analyzed before and after travel by gas liquid chromatography and high-performance liquid chromatography, respectively.

Results: Comparison of the levels before and after the trip showed no differences in serum total cholesterol, triglycerides, total protein or α -tocopherol. There were no changes in the levels of total fatty acids, while the percentage of polyunsaturated fatty acids increased ($p < 0.05$). Levels of n-3 PUFA lowered from 166 $\mu\text{g/ml}$ to 103 $\mu\text{g/ml}$, and those of n-6 PUFA had increased from 988 $\mu\text{g/ml}$ to 1140 $\mu\text{g/ml}$ after the trip ($p < 0.01$ and $p < 0.001$, respectively). No change was observed in the serum levels of α -linolenic acid (C18:3n-3), but lowering of the levels of eicosapentaenoic acid (EPA, C20:5n-3) from 41.4 $\mu\text{g/ml}$ to 16.3 $\mu\text{g/ml}$ and docosahexaenoic acid (DHA, C22:6n-3) from 107.8 $\mu\text{g/ml}$ to 71.7 $\mu\text{g/ml}$ was found after the trip ($p < 0.05$ and $p < 0.01$, respectively). Serum levels of linoleic acid (LA, C18:2n-6) increased from 832 $\mu\text{g/ml}$ to 958 $\mu\text{g/ml}$ ($p < 0.001$), and arachidonic acid (AA, C20:4n-6) tended to increase. The ratios of n-3/n-6 PUFA and EPA/AA decreased from 0.171 to 0.091 and from 0.258 to 0.096 after the trip, respectively ($p < 0.01$ for both).

Conclusions: Our findings indicated that 3 months of desert travel increased the serum levels of n-6 PUFA and LA and reduced the serum levels of n-3 PUFA and EPA and the ratios of n-3/n-6 PUFA and EPA/AA, possibly due to a relative essential fatty acid deficiency.

Key words: serum fatty acid (血清脂肪酸), n-3 PUFA (n-3系多価不飽和脂肪酸),
EPA/AA ratio (エイコサペンタエン酸/アラキドン酸比), desert travel (沙漠踏査),
China (中華人民共和国)

結 言

n-3 系多価不飽和脂肪酸 (n-3PUFA) のエイコサペンタ

エン酸 (EPA, C20:5n-3) や n-6 系多価不飽和脂肪酸 (n-6PUFA) のアラキドン酸 (AA, C20:4n-6) から, 血栓生成や動脈硬化などに関与するプロスタグランジンが生成される (1-3)。n-3PUFA は冠動脈性心疾患発症を予防し (4, 5), 疫学調査で n-3PUFA の摂取が少なく n-6PUFA 摂取が多い場合に冠動脈性心疾患発症率が高いことが報告されている (6-8)。また, 血中 EPA 値が高い場合に冠動脈性心疾患死亡率が低く (9), 血中 EPA/AA 比が冠動脈性心疾患のリスクの指標になることが提示されており

受付 2002 年 7 月 5 日, 受理 2002 年 10 月 10 日

Reprint requests to: Kazuko HIRAI

Department of Health and Nutrition, Graduate School of Human Life Science, Osaka City University, Sugimoto 3-3-138, Sumiyoshi-ku, Osaka 558-8585, Japan.

TEL & FAX: +81(06)6605-2811

(10), 血中 EPA 値や EPA/AA 比が高値であることが冠動脈性心疾患の予防に有効であることが示唆されている。

n-3PUFA 脂肪酸の抗動脈硬化作用を勘案して, 日本循環器病学会の虚血性心疾患の一次予防ガイドラインでは, EPA 剤を服用し摂取 n-3PUFA と n-6PUFA の比 (n-3/n-6) を 1/4 ~ 1/3 とすることを目標としている (11)。また, 日本人の栄養所要量の第五次改定において, 摂取 n-3/n-6 比を 1/4 とすることを推奨している (12)。

魚類の摂取が少ない食習慣や食環境では血清 EPA や EPA/AA 比が低く (13, 14), 魚類の摂取によって増加し, 血中脂肪酸値は摂取脂肪酸量に依存することが報告されている (15, 16)。しかしながら, 海外旅行などの短期間の食環境の変化が血清脂肪酸組成の変化に及ぼす影響についての報告はみられない。そこで, 厳しい自然環境と摂取食物の制限下にある沙漠の踏査に参加した日本人隊員を対象に, 血清中の生化学値, ビタミン E や脂肪酸値を調べ, 特に冠動脈性心疾患発症に関与する脂肪酸に対する食環境の影響について検討した。

方 法

1. 日中合同タクラマカン沙漠踏査状況 (17)

1) 沙漠の気候状況

タクラマカン沙漠は中華人民共和国の新疆ウイグル自治区に属し, 北は天山山脈, 南はクンルン山脈に挟まれたタリム盆地の中央部に位置している。東西 1000 km, 南北 400 km, 面積約 34 万 km² であり, 日本列島よりやや小さいくらいの大きさの世界第 2 の沙漠で, 流動砂丘が 85 % を占める。夏の気温は 40℃ 以上, 冬は -20℃ 以下で, 年間降雨量は 25 ~ 40 mm, 平均湿度は 30 ~ 50% の乾燥沙漠気候である。踏査期間中の最高気温 15℃, 最低気温 -15℃ で降雪もみられた。

2) 沙漠踏査中の行動状況

日中国交 20 周年記念行事として, 日中合同タクラマカン沙漠踏査・交流活動が計画され, 日本隊員 14 名, 中国隊員 34 名及びラクダ工 13 名が参加し, 1992 年 10 月 29 日から 1993 年 2 月 3 日にかけて, 約 3 ヶ月間訪中し, 11 月 4 日から 1 月 26 日まで新疆ウイグル自治区タクラマカン沙漠南東部 400 km の横断踏査を行なった。

踏査隊は横断隊と支援隊とから構成され, 横断隊は砂丘群を歩行移動し, 食料やテント等の荷物の輸送はラクダを用いた。支援隊はランドクルーザーで砂丘群とオアシス間を移動し, オアシスで食料, 水や燃料などの必要物資を購入し探検隊に補給した。

3) 摂取食事パターン

オアシスの店を利用した場合には, 朝食は粥や具を含まない蒸しパンに野菜 (ザーサイ) の漬物であった。昼食と夕食の主食は蒸しパンで, 米飯は 2 ~ 3 日に 1 回程度であった。副食は山羊肉や牛肉と野菜の炒め物で, 野菜は白菜, もやし, ほうれん草, セロリ, 人蔘, 長ねぎ, たまねぎ, ピーマンなどであった。ジャガイモは炒め煮

として殆ど毎回提供されていたが, 豆類は少なく, 油はひまわり油などの植物油で, にんにくの使用頻度が多かった。食事以外にひまわりの種や塩炒りピーナツを摂取した。

沙漠踏査中のキャンプでの食事は, 朝食は乾麺や即席ラーメンで, 昼食はビスケットやクラッカー, ウインナーにマヨネーズをつけて摂食し, 日本より持参した小魚やナッツ入りのスナック菓子, 缶詰の果物, ジュース, スポーツ飲料などを摂取した。夕食の献立は, 山羊肉と野菜入りの煮込みうどん, または, 茹で山羊肉と焼パンであった。飲料としては, 非発酵茶の茶葉を固めた茶 (タンチャ) をほぐして煮たてた茶を飲用した。なお, 踏査前後の中国移動期間の食事は, オアシスでの食事と同程度の内容であったことから, 結果に特別な影響はないと思われる。

2. 対象者

タクラマカン沙漠踏査の全行程に参加した日本人隊員の男性 6 名 (20 歳 ~ 27 歳), 女性 3 名 (19 歳 ~ 25 歳) の計 9 名を対象とした。踏査前後の平均体重は男性 63.9 kg と 63.6 kg で変化はなかったが, 女性は 52.3 kg から 55.8 kg へ増加した ($p < 0.05$)。中国へ出発する直前 (踏査前) と帰国した翌日 (踏査後) の早朝空腹時に採血し, 同日に血清生化学値を測定した。脂肪酸およびビタミン E の分析用血清は測定時まで -30℃ に保存した。

3. 血清成分の測定方法

中性脂肪, コレステロールは酵素法で, その他の血清生化学値測定は常法により自動分析機により測定した。血清脂肪酸は, ベンゼン-メタノール-硫酸混液でメチル化後 (18), CPC キャピラリーカラム (HR-SS-10, 0.25 mm×50 m) を用いて, 170℃ ~ 190℃ まで 1.5℃/分, 190℃ ~ 210℃ まで 2℃/分の昇温法でガスクロマトグラフ (GC14A, 島津) により分離分析した。各脂肪酸値は, 内部標準としてヘプタデカン酸を用いて各標準脂肪酸値から換算した。

血清ビタミン E (α -トコフェロール) はヘキサシン抽出後, Wakosil 5NH₂ カラム (4.0 mm×250 mm) を用いて高速液体クロマトグラフ (L6000-F1050, 日立) により分離分析した (19)。 α -トコフェロール値は, 内部標準として β -トコフェロールを用いて標準 α -トコフェロール値から換算した。

統計処理は対応のある Student's-t 検定を用いた。なお, 総ての測定値に性差はみられなかったため, 結果の解析は全体平均を用いた。

結 果

1. 血清生化学値

血清の生化学値を表 1 に示した。総蛋白は踏査前が 7.56 g/dl, 踏査後が 7.33 g/dl で踏査による変化はなかつ

Table 1 Serum levels of biochemical parameters

Parameter	Before (mean±SD)	After (mean±SD)
Total protein (g/dl)	7.56±0.40	7.33±0.29
Albumin (A) (g/dl)	5.03±0.24	5.01±0.37
Globulin (G) (g/dl)	2.50±0.08	2.42±0.08
A/G ratio	2.01±0.20	2.07±0.26
Protein fractionation (g/dl)		
α ₁ -globulin	0.17±0.02	0.17±0.02
α ₂ -globulin	0.52±0.09	0.52±0.08
β-globulin	0.66±0.05	0.64±0.07
γ-globulin	1.15±0.16	1.09±0.14
Immunoglobulin subclass (mg/dl)		
IgG	1285±187	1238±161
IgA	202±94	199±73
IgM	99±37	102±40
AST (GOT) (IU/l)	17.4±4.8	20.7±5.4
ALT (GPT) (IU/l)	9.7±7.6	20.4±13.9*
ALP (IU/l)	143±36	158±45
γ-GTP (IU/l)	10.1±6.2	13.9±11.2
UN (mg/dl)	14.2±4.1	15.1±3.7
Cr (mg/dl)	0.90±0.12	0.81±0.09
UA (mg/dl)	5.73±1.50	5.78±1.27

*p<0.05

た。アルブミン (A) とグロブリン (G) 値は各々踏査前 5.03 g/dl と 2.50 g/dl, 踏査後 5.01 g/dl と 2.42 g/dl で, 蛋白質の栄養指標であるアルブミン/グロブリン比 (A/G) は踏査前後で各々 2.01 と 2.07 であった。これらの血清蛋白値は正常値の範囲にあり, 踏査による変化はなかった。蛋白分画を比べると, α₁-グロブリン, α₂-グロブリン, β-グロブリン, γ-グロブリンそれぞれ踏査前後で変化はなかった。また, 免疫グロブリンの IgG, IgA, IgM 値の総てに変化はなかった。

肝機能の状態を示す AST, ALP, γ-GTP は踏査前後で各々 17.4 IU/l と 20.7 IU/l, 143 IU/l と 158 IU/l, 10.1 IU/l と 13.9 IU/l で有意な変化はなかったが, ALT は 9.7 IU/l から 20.4 IU/l へ踏査後増加した (p<0.05)。腎機能を示す尿素窒素 (UN), クレアチニン (Cr) は踏査前後で各々 14.2 mg/dl と 15.1 mg/dl, 0.90 mg/dl と 0.81 mg/dl で, 尿酸 (UA) は 5.73 mg/dl と 5.78 mg/dl で, 踏査による顕著な変化はなく正常範囲内であった。

2. 血清脂質とトコフェロール

表 2 に踏査前後の血清脂質と α-トコフェロール値を示した。総コレステロール値は踏査前後各々 163 mg/dl と 159 mg/dl で, LDL-コレステロール値は 112 mg/dl と 108 mg/dl, HDL-コレステロール値は踏査前後ともに 51 mg/dl であった。動脈硬化指数を示す LDL/HDL 比は踏査前後各々 2.26 と 2.16 で, 中性脂肪 (TG) は 62 g/dl と 61 g/dl であった。脂質の酸化を防ぐトコフェロール値は, 踏査前後各々 7.50 μg/ml と 7.83 μg/ml であった。これらの血清脂質とトコフェロール値に踏査による有意な変化はな

Table 2 Levels of lipids and tocopherol in serum*

Parameter	Before (mean±SD)	After (mean±SD)
Total cholesterol (mg/dl)	163±20	159±24
LDL-cholesterol (mg/dl)	112±19	108±20
HDL-cholesterol (mg/dl)	51±9	51±10
Arteriosclerosis Index (LDL/HDL)	2.26±0.56	2.16±0.47
Triglyceride (TG) (mg/dl)	62±17	61±27
α-tocopherol (μg/ml)	7.50±2.02	7.83±1.40

*no significant differences between before and after desert travels

かった。

3. 血清脂肪酸

1) 血清脂肪酸組成

脂肪酸組成を表 3 に示したが, n-3PUFA では, リノレン酸 (α-LN, C18:3n-3) は, 踏査前後で各々 17.1 μg/ml と 15.1 μg/ml で, EPA は 41.4 μg/ml から踏査後 16.3 μg/ml へと約 39%に減少し (p<0.05), ドコサヘキサエン酸 (DHA, C22:6n-3) は 107.8 μg/ml から 71.7 μg/ml へ減少した (p<0.01)。

n-6PUFA では, 踏査前後ともに血清中で最も含量の多いリノール酸 (LA, C18:2n-6) が踏査前 832 μg/ml から踏査後 958 μg/ml へ増加し (p<0.001), AA は 166 μg/ml と 182 μg/ml であった (表 3)。

総脂肪酸量は踏査前 2519 μg/ml, 踏査後 2546 μg/ml と同程度であった (表 3)。飽和脂肪酸量 (SFA) は踏査前後各々 797 μg/ml と 775 μg/ml, 一価不飽和脂肪酸量 (MUFA) は 558 μg/ml と 528 μg/ml であった。多価不飽和脂肪酸量 (PUFA) は 1164 μg/ml と 1243 μg/ml で有意な変化はなかったが, n-3PUFA は踏査後 166 μg/ml から 103 μg/ml に減少し (p<0.01), n-6PUFA は 988 μg/ml から 1140 μg/ml へ増加した (p<0.001)。

脂肪酸の割合を比べると, SFA は踏査前後各々 31.7 % と 30.4 %, MUFA は 22.1 % と 20.7 % と有意な変化はなかったが, PUFA は 46.3 % から 49.0 % へと増加した (p<0.05) (表 3)。

2) 血清脂肪酸と脂肪酸比の関連性

表 3 に示したように, n-3/n-6 比は踏査後 0.171 から 0.091 へと減少した (p<0.01)。n-3/n-6 比は n-3PUFA と正に相関したが (踏査前 r=0.88, p<0.01, 踏査後 r=0.82, p<0.01), n-6PUFA と相関はみられなかった。このことは, n-3PUFA の摂取の減少が n-3/n-6 比を減少させたことを示唆している。

n-6PUFA の LA と n-3PUFA の α-LN の比 (LA/α-LN) は踏査前 49.6 から踏査後 69.2 へと増加し (p<0.01), LA の相対的な増加が確認された。

n-6PUFA 代謝系の AA は LA から生合成されるが, AA と LA の比 (AA/LA) は踏査前後それぞれ 0.20 と 0.19 で, 両値の相対的な量に変化はなかった。他方, n-3PUFA 代謝系の EPA は α-LN から生合成されるが, EPA と α-LN の

Table 3 Fatty acid levels in serum

Fatty acid	Before (mean±SD)	After (mean±SD)
Fatty acid (μg/ml)		
C14:0	20.1±2.9	19.1±5.4
C16:0	591.9±75.2	565.9±106.2
C16:1n-7	51.8±9.5	42.3±12.4
C18:0	185.1±24.0	189.9±33.5
C18:1n-9	505.9±84.8	491.3±101.3
C18:2n-6 (LA)	832.4±115.0	957.9±139.3***
C18:3n-3 (α-LN)	17.1±2.4	15.1±5.0
C20:4n-6 (AA)	165.6±38.4	181.7±53.1
C20:5n-3 (EPA)	41.4±17.2	16.3±10.4*
C22:6n-3 (DHA)	107.8±20.3	71.7±17.4**
Total fatty acid	2519.1±300.5	2545.8±404.9
SFA	797.1±93.0	775.0±142.6
MUFA	557.8±91.3	528.1±111.4
PUFA	1164.2±132.8	1242.8±172.3
n-3PUFA	166.3±33.7	103.1±29.0**
n-6PUFA	987.6±130.1	1139.6±156.8***
n-3/n-6 PUFA	0.171±0.048	0.091±0.025**
Percentage of total fatty acid (%)		
SFA	31.7±0.8	30.4±1.7
MUFA	22.1±1.5	20.7±1.5
PUFA	46.3±1.9	49.0±2.6*

*p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001

比 (EPA/α-LN) は踏査前 2.48 から踏査後 1.15 へと減少し (p<0.05), 相対的な EPA 量の減少が認められた。

n-3PUFA の EPA の減少と n-6PUFA の AA の増加傾向がみられたことから, EPA と AA の比 (EPA/AA) は, 踏査前 0.258 から踏査後 0.096 へと減少した (p<0.01) (図 1)。EPA/AA 比は AA と相関はみられなかったが, EPA と正に相関した (踏査前 r=0.94, p<0.001, 踏査後 r=0.92, p<0.001) (図 2)。このことは血清 EPA/AA 比は AA に影響されず, EPA の減少に伴って比が減少したことを示している。

以上のことから, 踏査期間中に血清 n-6PUFA の増加, 特に LA が増加し, n-3PUFA の減少, 特に EPA と DHA が減少し, 踏査によって n-3/n-6 比と EPA/AA 比の減少が認められた。

考 察

蛋白質の栄養状態を評価する血清総蛋白量や A/G 比に差はみられず, 感染などによって生じる免疫グロブリン値に異常はみられなかった。このことは, 約 3カ月の沙漠踏査下で蛋白質の栄養状態は正常値を維持し, 免疫力も維持していることを示している。

踏査後, 血清生化学値は概ね正常範囲であったが, 肝機能の ALT 値は踏査後増加がみられ, 厳しい環境の踏査による疲労で肝機能の低下が示唆された。ALT 値の増加に対して, 体重増加や血清生化学値, 脂肪酸など他の測定項目とに関連は認められなかった。その要因として,

Fig. 1 The levels of EPA and AA and the ratio of EPA/AA in sera after desert travels in China.

測定の系統誤差の可能性も否定できないが, 他の肝機能値に変化がみられない程度の肝機能低下であったことに依ると推定される。

心疾患の危険因子である総コレステロール, HDL-コレステロールや中性脂肪値などの血清脂質は踏査によって変化はなかった。HDL-コレステロールは運動によって増加し, 魚類の摂取や摂取 n-3/n-6 比が高い場合に増加することが報告されている (14, 15)。対象者は終日の徒歩踏査で日本での生活よりも運動量が増加していたと推測される。しかしながら, HDL-コレステロールの増加が認められず, その理由として n-3PUFA の摂取が少なかったことも一因と考えられる。

虚血性心疾患死亡率と負の相関が報告されている血清トコフェロール値は (20), 踏査によって有意な変化はなく, トコフェロール摂取量に顕著な増減がなかったことが推察される。血中トコフェロール濃度は魚油の摂取により低下することが報告されていることから (21, 22),

Fig. 2 The relationship between the levels of EPA/AA and EPA and ratio in sera after desert travels in China. Before, ● (y=0.064x-0.007, r=0.94, p<0.001); After, ○ (y=0.065x-0.010, r=0.92, p<0.001).

踏査中の魚類の摂取が少なかったことも血清トコフェロール値が低下しなかった要因と推察される。

血清 n-6PUFA の増加, 特に LA が踏査後増加したが, この理由として LA 含量の多い植物油を使用する中国での食習慣を反映していると思われる。血清 n-3PUFA の減少, 特に魚に多く含まれている EPA と DHA の減少が顕著であった。踏査隊員の沙漠でのキャンプ中の食事では魚類はなく, オアシスの宿泊所での食事でも川魚が数日に一度と摂取量が少なかったことが n-3PUFA の減少の要因と思われる。更に, n-3PUFA の α -LN から EPA への生合成が n-6PUFA の LA によって抑制されることが報告されており (23), 本調査で EPA が減少した要因として LA の摂取増加が α -LN から EPA への生合成を阻害したことも推測される。

EPA/AA 比は踏査前 0.26 で, 日本の大学生男女各々 0.24 と 0.33 (24) や女子短大生 0.27 (15) と比べて顕著な差はなかった。しかしながら, 踏査後 0.096 へと減少し, オランダ (男女各々 0.047 と 0.024) (24) より高かったが, 日本の学生値 (15, 24) と比べて 29% 以下と低く, 食環境の変化によって EPA/AA 比の顕著な減少が生じることを示唆している。

EPA や DHA を摂取していない欠食群では摂取 n-3/n-6 比が 0.12 と摂食群 (0.20) の 60% と低いことや (25), 摂取脂肪酸の n-6/n-3 比と血漿 n-6/n-3 比が正に相関し (14), 血清脂肪酸は摂取脂肪酸を反映することが報告されている。踏査後 EPA/AA 比は減少したが, この比は AA と相関はみられず EPA と正に相関した。このことは, 血清 EPA/AA 比は AA 量に影響されず, EPA 量に依存することを示している。EPA の摂取の減少と生合成される EPA の減少によって血清 EPA が減少し, 血清 EPA/AA 比が減少したと考えられる。

n-3/n-6 比は踏査前 0.17 で, 日本の大学生男女各々 0.13 と 0.12 (24) や女子短大生 0.16 (15) と比べて高い傾向であった。しかしながら, 踏査後 0.09 へと減少し, 中国の食習慣を維持している横浜市在住中国人 (男女各々 0.15) (13) よりも低かった。また, 心疾患の多いオランダ (男女各々 0.060 と 0.057) (24) よりも高かったが, 冠動脈性心疾患の少ないイヌイットの 0.22 (26) と比べて低かった。

n-3PUFA と n-6PUFA の機能が異なることから摂取比が重要である (11, 12)。必須脂肪酸である LA や α -LN は生合成出来ず, 両代謝系は相互の変換が出来ないことから各脂肪酸の摂取に依存している。踏査後 n-3PUFA 摂取の減少によって n-3/n-6 比が減少したことは, 食環境の状況によって n-3/n-6 比の減少が生じることを示し, 旅行時に n-3PUFA 摂取に努める必要性を示唆している。

以上の結果から, 踏査行動によって血清中の脂肪酸組成に影響が現われ, n-3PUFA の減少と n-6PUFA の増加が認められ, この要因として食環境の変化が関与していると推測される。また, n-3/n-6 比や EPA/AA 比が減少したことが明かとなり, 踏査によって n-3 系脂肪酸, 特に EPA

や DHA の不足の発現が示唆された。

ま と め

約 3 ヶ月間のタクラマカン沙漠踏査に参加した日本人隊員 (男性 6 名, 女性 3 名) を対象に, 血清生化学値, トコフェロール及び脂肪酸の変化を検討した。

血清中の総コレステロール, 中性脂肪, 蛋白質等の生化学値やトコフェロール値に変化はなかった。総脂肪酸量に変化はなかったが, PUFA の割合 (%) の増加がみられた ($p < 0.05$)。踏査後 n-3PUFA は 166 $\mu\text{g/ml}$ から 103 $\mu\text{g/ml}$ に減少し ($p < 0.01$), n-6PUFA は 988 $\mu\text{g/ml}$ から 1140 $\mu\text{g/ml}$ に増加した ($p < 0.001$)。n-3PUFA では α -LN に変化はなかったが, 踏査後 EPA と DHA は各々 41.4 $\mu\text{g/ml}$ と 107.8 $\mu\text{g/ml}$ から 16.3 $\mu\text{g/ml}$ と 71.7 $\mu\text{g/ml}$ へと減少した (各々 $p < 0.05$ と $p < 0.01$)。n-6PUFA では, 踏査後 LA は 832 $\mu\text{g/ml}$ から 958 $\mu\text{g/ml}$ へと増加し ($p < 0.001$), AA は 166 $\mu\text{g/ml}$ から 182 $\mu\text{g/ml}$ へ増加傾向がみられた。踏査後 n-3/n-6 比は 0.171 から 0.091 へ, EPA/AA 比は 0.258 から 0.096 へ減少した (各々 $p < 0.01$)。

以上の結果から, 踏査期間中に血清 n-3PUFA, 特に EPA と DHA が減少し, n-6PUFA, 特に LA が増加し, n-3/n-6 比と EPA/AA 比が減少したことが明かとなり, 踏査によって n-3 系脂肪酸不足の発現が示唆された。

謝 辞

調査の実施にあたりご協力下さいました対象者の皆様に心よりお礼申し上げます。

文 献

- (1) Von Schacky CV, Weber PC. Metabolism and effects on platelet function of the purified eicosapentaenoic and docosahexaenoic acids in humans. *J Clin Inv* 1985; 762: 446-450.
- (2) Nair SSD, Leitch JW, Falconer J, Garg ML. Prevention of cardiac arrhythmia by dietary (n-3) polyunsaturated fatty acids and their mechanism of action. *J Nutr* 1997; 127: 383-393.
- (3) Leaf A, Weber PC. Cardiovascular effects of n-3 fatty acids. *N Engl J Med* 1998; 318: 549-557.
- (4) Simopoulos AP. Omega-3 fatty acids in health and disease and in growth and development. *Am J Clin Nutr* 1991; 54: 438-463.
- (5) Hodgson JM, Wahlqvist ML, Boxall JA, Balazs ND. Can linoleic acid contribute to coronary artery disease? *Am J Clin Nutr* 1993; 58: 228-234.
- (6) Simopoulos AP. Omega-3 fatty acids and cardiovascular disease: The epidemiological evidence. *Environ Health Prev Med* 2002; 6: 203-209.
- (7) Kromhout D, Bosschieter EB, Coulander C deL. The inverse relationship between fish consumption and 20-year

- mortality from coronary heart disease. *N Engl J Med* 1985; 312: 1205-1209.
- (8) Dolecek TA, Grandits G. Dietary polyunsaturated fatty acids and mortality in the Multiple Risk Factor Intervention Trial (MRFIT). *World Rev Nutr Diet* 1991; 66: 205-216.
- (9) Kagawa Y, Nishizawa M, Suzuki M, et al. Eicosapentaenoic acids of serum lipids of Japanese Islanders with low incidence of cardiovascular disease. *J Nutr Sci Vitaminol*. 1982; 28: 441-453.
- (10) Dyerberg J, Bang HO, Stoffersen E, Moncada S, Vane JR. Eicosapentaenoic acid and prevention of thrombosis and atherosclerosis? *Lancet* 1978; ii: 117-119.
- (11) 近藤和雄, 板倉広重. 動脈硬化予防の食事療法ガイドライン/米国, 日本の現状. *The Lipid* 2001; 12: 453-458.
- (12) 厚生省保健医療局健康増進栄養課監修: 第五次改定日本人の栄養所要量, 第一出版, 1994.
- (13) 八杉悦子, 中西和子, 梶本雅俊, 大島美恵子. 横浜市在住中国人の血清脂肪酸組成の特徴について. *栄養学雑誌* 1996; 54: 361-368.
- (14) 江藤義春, 佐藤裕子, 田村 明. 若年成人女子の食事脂肪酸中 n-3/n-6 比と血中脂肪酸の n-3/n-6 比および全血凝集能との関係. *日本栄養・食糧学会誌* 1996; 49: 137-141.
- (15) 梅村詩子, 石森真子, 渡辺佐百合, 磯 博康, 嶋本喬, 小池和子, 小林敏生, 飯田 稔. n-3 系多価不飽和脂肪酸の多い魚の摂取が血清脂質, 血清脂肪酸, 凝固線溶系因子に及ぼす影響. *日本栄養・食糧学会誌* 2000; 53: 1-9.
- (16) Ogunleiyee AJ, Muraoka A, Niizeki S, Tojo H, Hosokawa Y, Sato I, Tashiro N, Urata G, Yamaguchi K. Effect of fish oil and safflower oil in common Japanese diet on human plasma fatty acid composition. *J Nutr Sci Vitaminol* 1990; 36: 423-430.
- (17) 入江信一郎編, タクラマカン研究会著, 日中国交 20 周年記念友好親善日中合同タクラマカン沙漠踏査・交流企画第 2 次隊報告書, 神戸: 日本学生探検協会 1994.
- (18) Ohno Y, Fujii K. Changes to sardine lipids by processing and/or storage. *J Home Econ Jpn* 1996; 47: 1181-1186.
- (19) Hirai K, Matsusita M, Namiki M, Hotta-Hara H. Effects of various dietary cholesterol levels on serum tocopherol and fatty acid composition in female fats. *J Clin Biochem Nutr* 1988; 4: 111-118.
- (20) Gey KF, Puska P, Jordan P, Moser UK. Inverse correlation between plasma vitamin E and mortality from ischemic heart disease in cross-cultural epidemiology. *Am J Clin Nutr* 1991; 53: 326S-334S.
- (21) Palozza P, Sgarlata E, Luberto C, Piccioni E, Anti M, Marra G, Armelao F, Franceschelli P, Bartoli GM. n-3 Fatty acid induce oxidative modifications in human erythrocyte depending on dose and duration of dietary supplementation. *Am J Clin Nutr* 1996; 64: 297-304.
- (22) Nair PP, Judd JT, Berlin E, Taylor PR, Shami S, Sainz E, Bhagavan HN. Dietary fish oil-induced changes in the distribution of α -tocopherol, retinol, and β -carotene in plasma, red blood cells, and platelets: modulation by vitamin E. *Am J Clin Nutr* 1993; 58: 98-102.
- (23) Holman RT, Mohrhauer H. A hypothesis involving competitive inhibitions in the metabolism of polyunsaturated fatty acids. *Acta Chem Scand* 1963; 17: 584-590.
- (24) Hirai K, Horiuchi R, Ohno Y, Higuchi H, Asano Y. Lower eicosapentaenoic acid and higher arachidonic acid levels in sera of young adults in the Netherlands than in Japan. *Environ Health Prev Med* 2000; 5: 60-65.
- (25) 石永正隆, 松田久美子, 田茂井盛子, 向井加織, 鬼頭誠. 女子大生の n-3 系および n-6 系多価不飽和脂肪酸の 1 日摂取量. *日本栄養・食糧学会誌* 1991; 44: 437-440.
- (26) Parkinson AJ, Cruz AL, Heyward WL, Bulkow LR, Hall D, Barstaed L. Elevated concentrations of plasma ω -3 polyunsaturated fatty acids among Alaskan Eskimos. *Am J Clin Nutr* 1994; 59: 384-388.