

# 脂酸ペーパークロマトグラフィーを以てした 人乳並に牛乳の含有脂酸の分析結果について

京都大学医学部外科学教室第2講座（指導：青柳安誠教授）

丹 信 敏・玉 置 光 徳・深 田 齊 迪

〔原稿受付：昭和34年4月16日〕

## ANALYSIS OF COMPONENT FATTY ACIDS IN HUMAN AND COW MILKS BY PAPER CHROMATOGRAPHY OF FATTY ACIDS

by

NOBUTOSHI TAN, AKINORI TAMAKI and TOSHIMICHI FUKATA

From the 2nd Surgical Division, Kyoto University Medical School  
(Director : Prof. Dr. YASUMASA AOYAGI)

With a view to studying on the nutritional superiority of the nature of component fatty acids in human and cow milks, attempt was made to analyse the species of component fatty acids in human and cow milks by means of reversed-phase paper chromatography by NODA and HIRAYAMA.

As a result, human milk contains much less lower fatty acids such as butyric, caproic acids, etc., and stearic acid than cow milk, and is composed mainly of fatty acids such as capric, lauric, myristic, palmitic, and oleic acids.

Accordingly, it is considered as a result of studying the digestive and absorptive phase of fatty acids in both milks as well as an oxidation process in the normal body, that the fatty acids present in human milk is nutritionally superior to those of cow milk.

### I 緒 言

さきに Mattil 等は各種油脂の経口的摂取時に於けるそれが消化吸収率を測定することによつて、融点50°C以下の油脂は一般にその消化吸収率がよいが、融点50°C以上のものは、腸管内に於ける液化も行われ難く、ためにその消化吸収は融点50°C以下の油脂に較べ著しく劣ることを明らかにしている。また Deuel は各種単一グリセライドの経口的摂取時のそれが腸粘膜からの吸収速度を比較検討することによつて、低級脂酸の単

一グリセライドの経口的摂取時程、その腸粘膜からの吸収速度は大であり、高級脂酸の単一グリセライドの経口的摂取時程その吸収速度は遅延することを立証している。

また他方われわれの教室に於ては、各種混合グリセライドあるいは単一グリセライドを0.5 $\mu$ 以下の微粒子からなる乳化態として、これを各種試獣の静脈内へ注入して脂質の生体内異化的代謝過程を追究することによつて、低級脂酸は専ら肝実質細胞内へ、高度不飽和脂酸、エイコセン酸、ドコセン酸等はその大部分が

肝実質細胞内へ、高級飽和脂酸、オレイン酸、リノール酸、リノレン酸は肝実質細胞内のみならず肝外組織中にも活潑に移行し、その後の処理過程を受けていることを明らかにすることが出来たのである。換言すれば低級脂酸、高度不飽和脂酸、エイコセン酸、ドコセン酸等は間接的酸化型式をとる比率の大なる脂酸であり、肝臓に対する負担も大であり、且つケトージス発生の程度も著しく、不利な脂酸であるのに反して、高級飽和脂酸、オレイン酸、リノール酸、リノレン酸等は直接的酸化型式を営む比率の大なる脂酸で、従つて肝臓に対する負担も少なく、ケトージス発生の危惧も極めて少く、生体にとつて真に合理的な脂酸といひ得るのである。事実われわれがこの点についてアロキサンに対する感受性、肝機能、血糖値、肝糖原量、試験の成長曲線及び窒素平衡等を指標として検討すると、以上の事実の成立することがよく理解され、直接的酸化型式を営む比率の大きい脂酸のみからなる脂質の投与がなくては、栄養の万全を期することの出来ないことが判明するに至つたのである。

このように脂質の栄養学的効果を決定するためには、消化吸収の面のみならず、生体内の異化的代謝過程からみても、脂質を構成する脂酸の種類が如何に重要な因子として、それを左右しているものであるかということがよく理解され得るわけである。而して私は人乳と牛乳の含有する脂質の性格に於て、何れが栄養学的に優つているものであるかを検討する目的で、人乳及び牛乳中の脂質構成脂酸の種類を野田・平山の逆相ペーパークロマトグラフィーを応用することによつて検討したのである。

## II 実験材料並に実験方法

人乳は妊娠分娩後1ヵ月目並に10ヵ月目の婦人から採取したものを、牛乳は直接牧場に於て採取したものを試験試料に供した。また脂酸の抽出は前報<sup>9)</sup>に準拠して行い、その沃素価、中和価の測定を行うと同時に、それを野田・平山の逆相ペーパークロマトグラフィーによつて展開分析した。

## III 実験成績

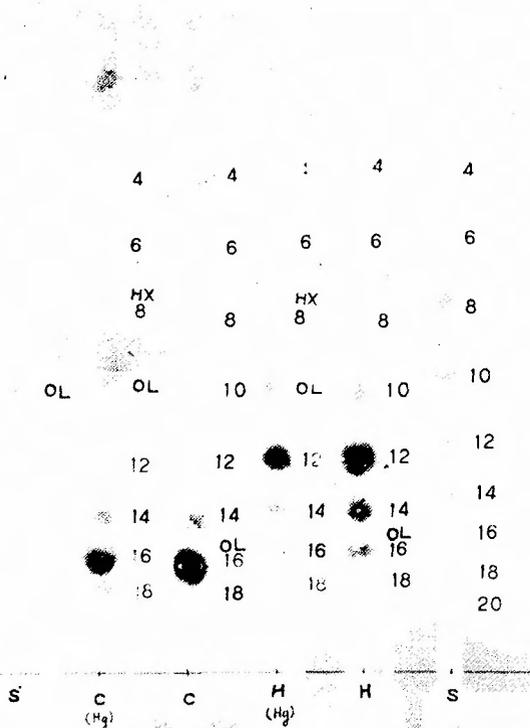
人乳及び牛乳から抽出し得た脂酸の沃素価並に中和価を示したのが第1表である。而してその各々について逆相ペーパークロマトグラフィーによつて展開分析し得られたクロマトグラムが第1図及び第2図である。

このペーパークロマトグラムからも分るように、人乳、牛乳の何れもが、酪酸、カプロン酸、カプリル酸、カプリン酸、ラウリン酸、ミリスチン酸、パルミチン酸、ステアリン酸、オレイン酸、並にヘキサデセント酸を含有している。併しその含有比率についてみると人乳に於ては炭素原子数10個以上の高級飽和脂酸、即ちカプリン酸、ラウリン酸、ミリスチン酸、パルミチン酸の含有比率が大である。牛乳に於ても亦パルミチン酸、ミリスチン酸は多量に含有されているが、牛乳は人乳に較べ、酪酸、カプロン酸、ステアリン酸の含有比率の著しく大なることが特徴的である。併し第1図及び第2図に示すように人乳に於ても多少その含有脂酸の比率に個人的差異が存在し、第1図に示す例に於ては特にラウリン酸の含有比率が大であり、これに較べてミリスチン酸及びパルミチン酸の含有比率は稍々劣つてゐるが、第2図に示す例に於ては、第1図に示した例のように、ラウリン酸、ミリスチン酸、パルミチン酸の含有比率は左程大きな差異はなく、僅か乍らラウリン酸の含有比率が他の二者よりも大なる傾向を有しているに過ぎず、従来からいわれて来たように、人乳中の含有脂酸の比率には多少の個人的差異が存在するものと思われる。而してこれには個人の栄養状態、更には食餌の嗜好、平素の食餌の質及び量等が大いに与つてゐるものと推察される。

## IV 考 察

以上の実験成績、即ち牛乳及び人乳中に含有される脂質構成脂酸の種類及びその含有比率から、人乳及び牛乳の栄養価を比較検討すると、人乳は牛乳に較べて、消化吸収の面からみて不都合な高融点を示すステアリン酸の含有量が極めて少ないことが特徴的であり、その経口的摂取に当り、腸管に対する負担は少なく、人乳の方が遙かに牛乳に優つてゐることが推測される。また冒頭に記したように牛乳中に比較的多く見出され得る低級脂酸は、その消化吸収の面からみると、高級脂酸に較べその消化吸収は極めて容易で、生体にとり一見如何にも好都合のように思われるが、他方生体の異化的代謝過程からみると、われわれの立証し得たように、それが間接的酸化型式を営む比率の大なる脂酸であり、従つて肝臓に対する負担も大で、且つケトージス発生の程度も著しい脂酸であり、直接的酸化型式を営む比率の大なる一般高級飽和脂酸、オレイン酸、リノール酸、リノレン酸等に較べ、生体にとつては著しく不利な脂酸といひ得るのである。斯る観

第1図 人乳、牛乳の含有脂酸を比較対称したクロマトグラム



H : 人乳の含有脂酸  
C : 牛乳の含有脂酸

(Hg) : 調製した被検脂酸に酢酸第二水銀を附加せるもの

S : 調製した酪酸よりアラキジン酸に至る飽和脂酸の混合物の標準試料

S' : 調製したオレイン酸に酢酸第二水銀を附加した標準試料

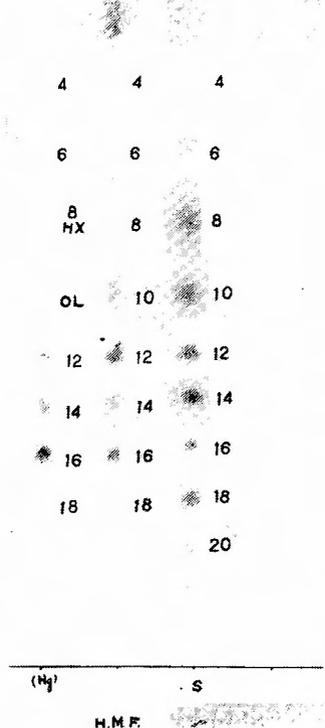
- 4.....酪酸
- 6.....カブロン酸
- 8.....カプリル酸
- 10.....カプリン酸
- 12.....ラウリン酸
- 14.....ミリスチン酸
- 16.....パルミチン酸
- 18.....ステアリン酸
- 20.....アラキジン酸
- OL.....オレイン酸
- HX.....ヘキサデセント酸

第1表 人乳、牛乳の含有脂酸の中和価及び沃素価

	人 乳	牛 乳
中 和 価	223.8	227.3
沃 素 価	48.5	51.3

点からすれば、人乳が牛乳に較べ低級脂酸の含有量少く、それが直接的酸化型式を営む比率の大なるカプリン酸、ラウリン酸、ミリスチン酸、パルミチン酸、オレイン酸をその含有脂質の主要構成脂酸としていることは、真に生体内酸化過程からみても合理的であり、

第2図 人乳の含有脂酸のクロマトグラム



このような意味に於ても人乳の方が遙かに牛乳に較べ、生体にとり有利な脂質の補給源であるということが出来るのである。

要するに消化吸収面のみならず、脂酸の生体内酸化過程からみても、人乳中に含有される脂質は、牛乳中のそれに較べて栄養学的に優つてゐることは最早疑いのないところと思われる。

主 要 文 献

1) Bloom, B., Chaikoff, I.L., Reinhardt, W.O., Entenman, C. and Dauben, W.G.: The quantitative significance of the lymphatic

- pathway in transport of absorbed fatty acids. *J. Biol. Chem.*, **184**, 1, 1950.
- 2) Hikasa, Y., Shirotani, H., Shigenaga, K., Kuyama, T., Tan, N. and Shimada, Y. : Parenteral administration of fats. I. Fat metabolism in vivo studied with fat emulsion. *Arch. Jap. Chir.*, **27**, 396, 1958.
  - 3) Hikasa, Y., Kuyama, S., Shigenaga, M., Chi Chien Hsü, Hanabusa, S., Tamaki, A., Matsuda, S., Onishi, H. and Tobe, T. : Parenteral administration of fats. II. Clinical application of fat emulsion. *Arch. Jap. Chir.*, **27**, 736, 1958.
  - 4) Hilditch, T. P. : The chemical constitution of natural fats. Chaman 8. Hall Ltd. 1956.
  - 5) Hirayama, O. and Noda, M. : Metallic addition compounds of unsaturated fatty acids. II. Microanalysis of unsaturated fatty acid esters by mercuration method. *Scientific Reports of the Saikyo University, Agriculture*, **6**, 86, 1954.
  - 6) Hirayama, O. and Noda, M. : Paperchromatography of fatty acids as their acetol ester derivatives. *Scientific Reports of the Saikyo University, Agriculture*, **7**, 43, 1955.
  - 7) Inouye, Y., Hirayama, O. and Noda, M. : Separation and identification of fatty acids. XX. 2,4-dinitrophenylhydrazones of *p*-bromophenacyl esters as derivatives for characterization of unsaturated fatty acids. *Bull. Agr. Chem. Soc. Jap.*, **20**, 197, 1956.
  - 8) Inouye, Y., Hirayama, O. and Noda, M. : Separation and identification of fatty acids XX. Paperchromatography of fatty acids as their *p*-bromophenacyl ester derivatives. *Bull. Agr. Chem. Soc. Jap.*, **20**, 200, 1956.
  - 9) Tan, N. : Analytic chemical studies on fat metabolism by application of paper chromatography of fatty acids. : *Arch. Jap. Chir.*, **28**, 1178, 1959.
  - 10) 山本康裕 ; 小児科学 ; 南江堂