

地域集団における赤血球変形能と その関連要因に関する研究

Red blood cell deformability and the related
factors in a community.

那須 恵子¹⁾ 中村美詠子²⁾ 青木 伸雄²⁾ 近藤 今子³⁾
菊池 佑二⁴⁾ 堀部 博⁵⁾

- 1) 静岡県立大学短期大学部食物栄養学科
- 2) 浜松医科大学衛生学講座
- 3) 静岡県天竜保健所
- 4) 農林水産省食品総合研究所計測工学研究室
- 5) 愛知医科大学衛生学講座

I 緒言

代表的成人病である脳血管疾患および虚血性心疾患の基礎病変として動脈硬化が注目されており、その危険因子として高脂血症、高血圧、血液凝固能異常等が知られている^{1,2)}。これらの危険因子は食生活や生活活動等と関連しているが、動脈硬化の進展におけるこれらの要因の意義あるいは要因相互の関連性についてはなお全貌が明らかにされていない。

動脈硬化は血管分岐部の血流の乱れやすい部位に多く出現する³⁾。血流に関連する要因として、赤血球変形能、血液の粘性、血液凝固能、線溶能等が知られている^{3~5)}。赤血球変形能の低下は血流速度を低下させ、動脈硬化や血栓症と関連している可能性が考えられている⁶⁾。また、脳卒中、糖尿病、高脂血症等で赤血球変形能の低下がみられたという臨床的報告がある^{7~11)}。循環器疾患の発症あるいは動脈硬化の進展における血液凝固能の意義を明らかにするための疫学的研究は進められてきているが^{12,13)}、赤血球変形能とこれらの疾患との関連に関する疫学的研究はほとんどなく、食生活や喫煙等生活関連要因と赤血球変形能との関連についての研究も少ない¹⁴⁾。

本研究ではこれらの関連性を詳細に評価するための第一歩として、一地域において赤血球変形能指標の分布を明らかにし、血液検査所見、肥満、食生活、喫煙等と赤血球変形能指標との関連について検討することを主な目的とした。

II 対象と方法

1992年および1993年の7~8月に愛知県渥美郡赤羽根町における循環器疾患等予防特別健診を受診した2057名のうち、年齢が40, 50, 60, 70歳の特定年齢の者全員、男性92名、女性86名(受診率は1992年:男性48.4%,女性60.7%,1993年:男性61.8%,女性64.5%)を調査対象者とした。調査対象者には両年度にわたる重複受診者はいない。赤血球変形能測定は新鮮血を必要とし、また計測に遠心分離の時間を含めて一人約20分を要し、一日に測定できる人数に制約

表1 性・年齢別対象者数

(検査対象者)

年齢(歳)	男性	女性
40	9人(23.1%)	9人(23.1%)
50	8(20.5)	6(15.4)
60	10(25.6)	15(38.4)
70	12(30.8)	9(23.1)
総数	39(100.0)	39(100.0)

(食生活調査実施者)*

年齢(歳)	男性	女性
40	6人(27.3%)	6人(23.1%)
50	4(18.2)	4(15.4)
60	5(22.7)	10(38.4)
70	7(31.8)	6(23.1)
総数	22(100.0)	26(100.0)

* 調査対象者のうち食生活調査(1日記録法)を実施できた者。

があるため、食後5時間以上経過後に採血できた者のうち、採血後2時間以内に測定できた男性39名、女性39名を赤血球変形能検査に関する対象者(以後、検査対象者という)とした(表1)。血液検査項目は総コレステロール(酵素法)、中性脂肪(酵素法)、HDLコレステロール(リントングステン酸Mg沈澱法)、過酸化脂質(チオバルビツール酸法)、総蛋白、赤血球数、ヘモグロビン、ヘマトクリット、白血球数、 γ -GTP、血糖(酵素法)について検討した。

赤血球変形能測定は「血液の粘性および赤血球変形能測定のためのガイドライン」¹⁵⁾を参考として実施した。赤血球変形能測定は、赤血球浮遊液を一定圧力下で、細孔を持つフィルター膜に流し、通過時間を測定する赤血球濾過法の一方法である「シリコン単結晶基板を用いた擬毛細血管赤血球濾過法(菊池ら)」¹⁶⁾によった。測定には血液マイクロレオロジー測定装置(BMR II型, サンツリー機工)を用いた。まず静脈血5ml(抗凝固剤はEDTA 2Na塩)を遠心分離(3000回転、10分)し、白血球、血小板が多く含まれるバッフィーコートの混入をできるだけ避け、注意深く血漿と赤血球部分を採取した。これらをヘマトクリットが約10%となるように再混合し、赤血球-血漿浮遊液を調整した。調整した赤血球-血漿浮遊液および血漿各 10μ lが、 20cmHg の引圧下で、シリコン単結晶基板フィルター(流路1個の断面積 27.7

μm^2 、長さ $30 \mu m$ 、流路の総数 2600 個)を流れる通過時間を測定した。また赤血球—血漿浮遊液のヘマトクリットはマイクロヘマトクリット法により測定した。赤血球—血漿浮遊液通過時間より、血漿通過時間をさし引き、赤血球の平均流路通過時間を求めた(補遺参照)^{16,17)}。また通過時間が短い方が高い変形能を示すことから、ここではその通過時間の逆数を赤血球変形能指標と定義した。

収縮期および拡張期血圧、安静時心電図所見、眼底検査所見、body mass index (BMI:体重(kg)/身長(m)²)、皮脂厚(上腕皮厚+肩甲下皮厚)および問診票より把握した喫煙、飲酒習慣について検討した。

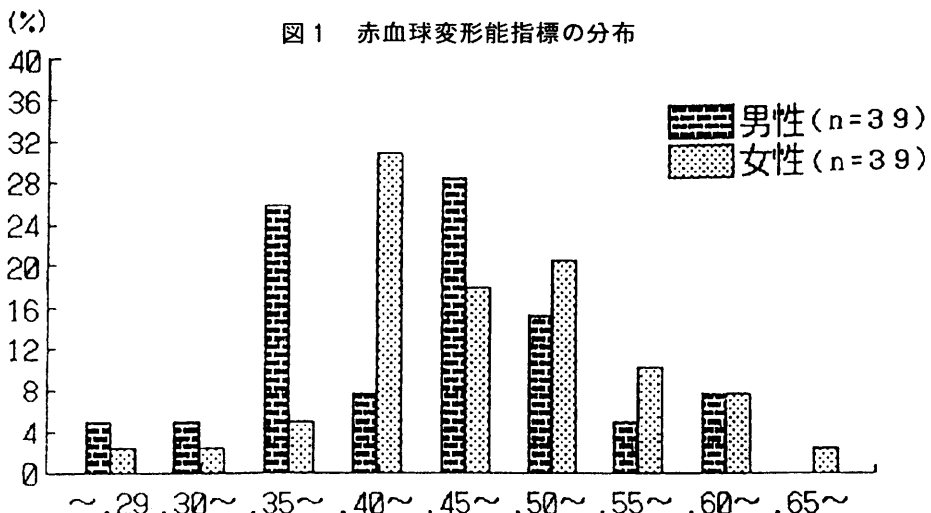
食生活調査は健診日前の一週間のある一日の食事について(祝日等の特別な日は除く)、朝、昼、夕、間食別に食事内容を記録させた。調査対象者のうち男性22名、女性26名より回答を得た(表1)。食品摂取量は原則として、調査対象者または調理担当者が調理前の生の食品重量を秤や計量スプーン等を用いて測定し記載したが、記載が不十分な場合は調査当日、栄養士が食品の実物大写真を提示し確認を行い、その目安量を摂取量として用いた。栄養素等摂取量は四訂日本食品標準成分表を用いて算出した。蛋白質、脂質、糖質については総エネルギー摂取量に対する摂取比率、すなわちP比、F比、C比を求めた。食品群別摂取量は12食品群(乳製品、卵類、魚介類、肉類、大豆類、緑黄色野菜類、その他の野菜類、果物類、穀類、芋類、油脂類、砂糖・菓子類)¹⁸⁾について検討した。

赤血球変形能指標と血液検査所見、血圧、皮脂厚、BMI、食生活要因等との関連については変形能指標の中央値を基準として高値群、低値群に分けて平均値を比較した。また変形能指標を目的変数とし、12食品群の摂取量、年齢および体重を説明変数とする重回帰分析(Stepwise法)を行った。

III 結果

1. 赤血球変形能指標の性別分布、性・年齢別平均値および中央値

赤血球変形能指標の最頻値は男性では0.45~0.49であり、女性では0.40~0.44であり、男女ともやや右方に裾をひく分布を示した(図1)。



検査対象者の赤血球変形能指標の平均値は男性0.44、女性0.47と女性の方が高かったが有意差はなかった。また年齢階層別平均値は男女とも40歳と60歳で高く、70歳で最も低かったが、Duncanによる多重比較検定においていずれの年齢階層にも統計的に有意な差はみられなかった。またすべての年齢階層で女性の方が男性よりも平均値は高値を示したが、統計学的に有意な差はみられなかった。中央値は50歳を除く年齢層で女性が男性よりも高値であった(表2)。

表2 性・年齢別赤血球変形能指標¹⁾の平均値、標準偏差および中央値
(検査対象者)

年 齢 (歳)	男 性		女 性	
	平均値±標準偏差	中央値	平均値±標準偏差	中央値
40	0.47±0.07	0.46	0.48±0.13	0.47
50	0.44±0.05	0.45	0.47±0.08	0.44
60	0.45±0.10	0.45	0.48±0.07	0.48
70	0.42±0.11	0.40	0.46±0.05	0.43
全 体	0.44±0.09	0.45	0.47±0.08	0.46

(食生活調査実施者)

年 齢 (歳)	男 性		女 性	
	平均値±標準偏差	中央値	平均値±標準偏差	中央値
40	0.44±0.05	0.46	0.46±0.15	0.44
50	0.46±0.04	0.46	0.45±0.04	0.44
60	0.42±0.07	0.39	0.47±0.06	0.49
70	0.41±0.11	0.38	0.47±0.07	0.47
全 体	0.43±0.07	0.43	0.46±0.08	0.46

¹⁾ 定義は本文を参照。

検査対象者のうち食生活調査を実施できた者における変形能指標の性・年齢別平均値および中央値の男女差等は年齢層によるばらつきはあるが、全体でみた平均値および中央値は検査対象者における成績とほぼ同様であった(表2)。

2. 赤血球変形能指標の高値群・低値群別血液検査所見等の平均値

赤血球変形能指標を中央値を基準にして2群に分けた時、男性ではヘモグロビンおよびヘマトクリットの平均値が低値群で低い傾向を示した。女性では過酸化脂質、総蛋白、白血球数および皮脂厚の平均値は低値群で有意に高かった(表3)。

表3 赤血球変形能指標の高値群・低値群別血液検査所見、血圧、皮脂厚等の平均値および標準偏差

項目	男性		女性	
	高値群 ^a (n=20)	低値群 (n=19)	高値群 ^b (n=19)	低値群 (n=20)
年齢 (歳)	55±12	58±11	56±11	57±11
総コレステロール (mg/dl)	194±25	191±33	181±30	194±38
中性脂肪 (mg/dl)	106±46	131±60	99±46	86±28
HDLコレステロール(mg/dl)	46±10	43±10	45±11	45±7
過酸化脂質 (nmol/ml)	3.7±1.2	3.5±1.0	2.8±0.5	3.1±0.6 #
総蛋白 (g/dl)	7.3±0.4	7.3±0.5	7.1±0.3	7.6±0.3 **
赤血球数 (×10 ⁴ /μl)	476±32	453±51	433±33	437±33
ヘモグロビン (g/dl)	15.0±0.9	14.1±1.7 #	13.2±0.8	12.7±1.3
ヘマトクリット (%)	44.8±2.7	42.6±4.5 #	40.5±2.4	39.2±3.7
白血球数 (/μl)	6255±943	6479±1705	4837±855	5895±1191 **
γ-GTP (IU)	34±41	50±118	12±8	14±11
血糖 (mg/dl)	94±13	96±15	89±7	93±15
収縮期血圧 (mmHg)	126±16	124±19	118±24	119±18
拡張期血圧 (mmHg)	80±11	78±11	72±12	72±9
BMI (kg/m ²)	23±3	24±4	22±2	22±3
皮脂厚 (mm)	26±8	31±14	28±7	38±12 **

^a 赤血球変形能指標 : 0.45<

^b 赤血球変形能指標 : 0.46<

t-検定: ** P<0.01, * P<0.05, # P<0.1

3. 赤血球変形能指標の高値群・低値群別虚血性心電図所見・眼底異常所見出現率および喫煙・飲酒状況

虚血性心電図所見・眼底異常所見出現率、喫煙率、飲酒者率については男女とも赤血球変形能指標の高値群と低値群の間に有意な差は認められなかった（表4）。

表4 赤血球変形能指標の高値群・低値群別虚血性心電図所見等出現率
および喫煙・飲酒状況

	男 性		女 性	
	高値群 ^a (n=20)	低値群 (n=19)	高値群 ^b (n=19)	低値群 (n=20)
虚血性心電図所見 ^c	4 (20.0%)	3 (15.8%)	2 (10.5%)	2 (10.0%)
眼底異常所見 ^d	0 (0.0)	1 (5.3)	2 (10.5)	3 (15.0)
喫煙 吸わない	4 (20.0)	5 (26.3)	18 (94.7)	18 (90.0)
禁 煙	9 (45.0)	5 (26.3)	0 (0.0)	0 (0.0)
喫煙している ^e	7 (35.0)	8 (42.1)	1 (5.3)	2 (10.0)
不 明	0 (0.0)	1 (5.3)	0 (0.0)	0 (0.0)
飲酒 飲まない	6 (30.0)	9 (47.4)	15 (78.9)	20 (100)
飲 む ^f	14 (70.0)	9 (47.4)	4 (21.1)	0 (0.0)
不 明	0 (0.0)	1 (5.3)	0 (0.0)	0 (0.0)

^a 赤血球変形能指標：0.45<

^b 赤血球変形能指標：0.46<

^c ミネソタコード分類4-1~4, 5-1~5

^d Keith-Wagener分類2群以上

^e 現在、毎日喫煙している者

^f 現在、週1回以上の飲酒者

4. 赤血球変形能指標の高値群・低値群別食品・栄養素等摂取量の平均値

男性の各食品摂取量および栄養素等摂取量の平均値は赤血球変形能指標の高値群と低値群の間で有意な差を示さなかった。女性では穀類および芋類摂取量が低値群では高値群よりも多く、またエネルギー、総蛋白質、動物性蛋白質、植物性蛋白質の摂取量およびP比も低値群の方が多かった(表5)。

表5 赤血球変形能指標の高値群・低値群別食品・栄養素等摂取量の平均値および標準偏差

項 目	男 性		女 性	
	高値群 ^a (n=11)	低値群 (n=11)	高値群 ^b (n=13)	低値群 (n=13)
食品摂取量				
乳製品 (g)	86±164	111±153	148±212	147±138
卵 類 (g)	32±27	56±36	31±35	42±44
魚介類 (g)	107±84	74±67	69±44	101±69
肉 類 (g)	85±69	65±71	58±66	108±86
大豆類 (g)	106±72	73±49	77±72	77±58
緑黄色野菜 (g)	125±147	79±78	98±79	89±76
その他の野菜 (g)	211±138	263±99	223±148	298±179
果物類 (g)	69±128	96±177	198±257	114±148
穀 類 (g)	346±91	331±112	190±36	227±71 #
芋 類 (g)	31±54	45±73	14±21	68±68 #
油脂類 (g)	21±20	22±13	19±15	26±17
砂糖・菓子類 (g)	23±27	36±61	30±25	65±67
栄養素等摂取量				
エネルギー (Kcal)	2199±481	2290±440	1690±435	2049±555 #
蛋白質 (g)	88±26	81±22	64±21	86±26 *
動物性蛋白質 (g)	45±18	40±22	34±18	49±23 #
植物性蛋白質 (g)	44±10	41±9	30±6	37±7 *
脂 質 (g)	63±25	61±23	52±27	71±34
動物性脂質 (g)	18±12	23±20	19±18	33±26
植物性脂質 (g)	37±20	30±14	29±16	32±13
魚介脂質 (g)	8±12	8±8	4±5	6±6
糖 質 (g)	298±56	326±80	233±62	260±82
P 比 (%)	16±3	14±3	15±3	17±2 #
F 比 (%)	26±8	24±8	27±9	31±11
C 比 (%)	55±5	57±9	56±10	51±11
食塩相当量 (g)	17±5	15±6	15±8	18±5

^a 赤血球変形能指標：0.45<

^b 赤血球変形能指標：0.46<

t-検定：* P<0.05, # P<0.1

5. 赤血球変形能指標と食品摂取量との関連に関する重回帰分析

赤血球変形能指標を目的変数とし、12食品群からの摂取量、年齢および体重を説明変数とする重回帰分析を行ったところ、男性では赤血球変形能指標と有意な関連を示す食品群はなかった。女性では肉類および卵類の摂取量が負の関連を示し、大豆製品とは正の関連を示した（表6）。

表6 赤血球変形能指標を目的変数とした重回帰分析（女性）

説明変数	標準偏回帰係数	重相関係数 (自由度調整済み R ²)
食品摂取量 ^a		0.78 (0.47) *
肉類	-0.52 *	
卵類	-0.50 *	
大豆製品	0.41 *	

使用した説明変数：

^a 卵類，魚介類，肉類，大豆製品，果物類，緑黄色野菜類，
その他野菜類，油脂類，砂糖・菓子類，穀類，年齢 体重 (n=26)。

* P<0.05

IV 考察

加齢に伴う動脈硬化の進展を抑制するためには、高血圧、高脂血症の予防・治療が重要である。しかし、動脈硬化の進展は非常に複雑であり、その全貌解明のために新しい検査方法の開発および研究への導入が試みられている。その一つが赤血球変形能検査である。赤血球は直径約8 μ m、厚さ約2 μ mの大きさであるが、直径が約5 μ mの毛細血管等ではその形を大きく変化させて流れている。このような「変形のし易さ」が赤血球変形能である。

赤血球変形能の測定方法には主に細孔通過能による測定法とずり応力変形による測定法がある。前者には細孔フィルターを用いた赤血球濾過法、マイクロピペット吸引法等が、後者にはレーザー解析楕円法等^{19,20)}があり、それぞれ長所と短所がある。著者らが用いた赤血球濾過法は最近、赤血球変形能の臨床評価等に広く用いられている^{21,22)}。赤血球濾過法は用いるフィルターの性質が特に重要であるため¹⁵⁾、菊池らは集積回路(IC)の素材であるシリコン単結晶基板上に、ICの製造技術を応用した正確な微細な流路を作成することにより、再現性の高い測定を可能とした²³⁾。2名を対象として、数週間間隔で4回測定した時の流路通過時間の変動係数はそれぞれ3.7%、9.1%であった²⁴⁾。

赤血球変形能測定に関するガイドライン¹⁵⁾ではMCVおよびMCHCの高度異常者は変形能測定の対象から除くことを勧めているが、本研究の検査対象者におけるMCVおよびMCHCの平均値と標準偏差は93.0 \pm 5.1および32.9 \pm 1.2であり、高度異常を示す者はいなかった。検査対象者の赤血球変形能指標の平均値は男性0.44、女性0.47と女性の方が高かったが有意差は

なかった。また、男女とも70歳で変形能指標は最も低値を示したが、他の年齢階層との間に有意差はみられなかった。菊池らは33名の健康な男性ボランティア（24～63歳）を対象として赤血球の流路通過時間を測定したが、年齢との間に有意な相関を認めなかった²⁴⁾。しかし、対馬は健常老年群（平均57.2歳）では、健常若年群（平均29.7歳）よりも全血通過時間で評価した変形能は低いことを報告している²⁵⁾。また沖野らは16～29歳の若年者において、女性の方が男性よりも変形能が高値であるが、加齢とともに男女差は少なくなり、閉経期の50歳代以降では男女差がなく、また男女とも加齢とともに変形能は低下すると報告している²⁶⁾。赤血球変形能の基本的特性、すなわち性差や加齢による影響に関する研究は現在まだ十分とは言えず、さらに研究が必要である。

本研究における赤血球変形能指標と血液検査成績との関連についてみると、血清脂質については女性の過酸化脂質のみ変形能指標低値群の方が高値群よりも高値を示した。本研究では女性のコレステロールは赤血球変形能指標低値群で高い傾向を示したものの有意ではなかった。赤血球変形能と血中脂質成分との関連には、脂質の量的関係とともに、脂質を構成する脂肪酸の質も関与していると考えられ²⁷⁾、量と質の両面からのアプローチがさらに必要である。変形能指標と赤血球数、ヘモグロビンおよびヘマトクリットとの関連については男性では変形能指標低値群の方がヘモグロビンおよびヘマトクリットが低い傾向を示した。ヘモグロビン、ヘマトクリットおよび白血球数等と変形能指標との関連についてはさらに詳細に検討し、それらの意義を明らかにする必要がある。

変形能指標と食生活との関連については変形能指標低値群では高値群と比較し、女性の穀類および芋類の摂取量、エネルギーおよび蛋白質関連の栄養素摂取量が多かった。また、食品群相互の相関分析においては男性では魚介類と果物、肉類と油脂類および緑黄色野菜類摂取とが正の有意な相関を示し、女性では肉類と乳製品および油脂類摂取とが正の有意な相関を示した。小林らは漁村の方が農村よりも赤血球変形能が高く、健康な人にエイコサペンタエン酸（EPA）を与えると赤血球変形能が高くなること、また赤血球膜中のEPA含量と赤血球変形能との間には有意な相関が認められることを報告している^{28, 29)}。本研究の男性において変形能指標低値群の魚介類摂取量は高値群よりも少ない傾向を示したが、統計学的には有意差はみられなかった。また女性における重回帰分析では肉類および卵類摂取量が変形能指標と負の関連を示した。脂肪酸の種類からみると、肉類や卵類は主に飽和脂肪酸および一価不飽和脂肪酸の供給源といえる。1日記録法という食事調査法の限界はあるが、飽和あるいは一価不飽和脂肪酸を多く含むこれらの食品の摂取量が多いほど、赤血球変形能が低いという結果は注目された。魚介類および肉類の摂取と変形能指標との関連については男女によりその傾向が異なりさらに検討する必要があるが、食事から摂取される脂肪酸の質が赤血球変形能に関わる可能性が推測され、今後、赤血球変形能と脂肪酸の質との関連について、より詳細な研究が進められることが望まれる。

変形能指標と虚血性心電図所見および眼底異常所見（Keith-Wagener分類2群以上）との関連については、これらの異常所見を持つ者は少なく、変形能低下との間に関連は認められなかった。

今後、赤血球変形能がより簡便に測定できるようになり、多数例の検討が加えられ、変形能と動脈硬化との関連および食生活をはじめとした日常生活との関連についての研究がさらに推進されることが期待される。

謝 辞

本研究を行うにあたり、血液マイクロレオロジー測定装置の借用をお願いできました浜松ホトニクス株式会社および赤血球変形能測定にご協力いただきました農林水産省食品総合研究所達慶維研究員に御礼を申し上げます。

文 献

- 1) 上田一雄. 久山町住民にみられた虚血性心疾患とその危険因子の時代的動向. 日循協誌 1992; 26: 155-160.
- 2) 永川佑三. 虚血性心疾患における血清脂質と凝固線溶系. 循環科学 1993; 13: 22-26.
- 3) 大橋俊夫. 動脈硬化の成因論-レオロジーの立場から-. Therap Res 1991; 12: 41-72.
- 4) 吉田洋二. 動脈硬化の発生・進展とレオロジー. 日本バイオレオロジー学会誌 1991; 5: 26-36.
- 5) 山口隆美. 血流の流体力学と粥状動脈硬化. 最新医学 1991; 46: 7-12.
- 6) 中山 龍, 対馬信子. バイオレオロジーの見地よりみた末梢血栓. 臨床科学 1983; 19: 906-912.
- 7) Donald E, et al. Reduced erythrocyte deformability in diabetes. Diabetes 1978; 27: 895-901.
- 8) 磯貝行秀. 糖尿病患者の血管障害と血液レオロジー. 診断と治療 1985; 73: 403-406.
- 9) 高松滋, 他. 脳梗塞における赤血球変形能の低下と赤血球膜蛋白. 弘前医学 1985; 37: 1-12.
- 10) 勝沼英宇, 近喰櫻. 血流内赤血球の力学変形-高コレステロール血症, Pentoxifylline処置赤血球について-. 総合臨床 1986; 35: 2699-2710.
- 11) Kikuchi Y, et al. Red blood cell deformability and venous blood PO₂ in diabetics. Clin Hemorheol 1988; 8: 171-181.
- 12) Iso H, et al. Hemostatic variables in Japanese and Caucasian men. Am J Epidemiol 1990; 132: 41-46.
- 13) Freedman DS, et al. The relation of Prothrombin times to coronary heart disease risk factors among men aged 31-45 years. Am J Epidemiol 1992; 136: 513-524.
- 14) Norton JM, Rand PW. Decreased deformability of erythrocyte from smokers. Blood 1981; 57: 671-674.
- 15) Bull BS, et al. International committee standardization in haematology (Expert panel on blood rheology). Guidelines for measurement of blood viscosity and erythrocyte deformability. Clin Hemorheol 1986; 6: 439-453.
- 16) Kikuchi Y, Sato K, Mizuguchi Y. Modified cell-flow microchannels in a single-crystal silicon substrate and flow behavior of blood cells. Microvasc Res 1994; 47: 126-139.
- 17) Kikuchi Y, Arai T, Koyama T. Improved filtration method for red cell deformability measurement. Med Biol Eng Comput 1983; 21: 270-276.
- 18) 坂本元子, 丹後俊郎. 栄養情報の統計解析. 東京: 朝倉書店 1987; 111-124.
- 19) 昆 和典, 志賀 健. レオスコープによる赤血球変形能の測定. 日本バイオレオロジー学会誌 1989; 3: 2-12.

- 20) Shiga T, Maeda N, Kon K. Erythrocyte rheology. *Oncology/Hematology* 1990 ; 10 : 9-48.
- 21) 杉浦良啓, 後藤幸生. 赤血球変形能. 循環制御 1987 ; 8 : 111-117.
- 22) 加藤 忠, 他. 虚血性心疾患患者における CoenzymeQ₁₀の血液レオロジーへの効果 - 血液粘度, 赤血球膜抵抗, 赤血球変形能についての検討 -. *Jpn J Clin Pharmacol Ther* 1990 ; 21 : 433-437.
- 23) Kikuchi Y, et al. Optically accessible microchannels formed in a single-crystal silicon substrate for studies of blood rheology. *Microvasc Res* 1992 ; 44 : 226-240.
- 24) Kikuchi Y, Da Q-W, Fujino T. Variation in red blood cell deformability and possible consequences for oxygen transport to tissue. *Microvasc Res* 1994 ; 47 : 222-231.
- 25) Tsushima N, et al. Hemorheological analyses on cardiovascular diseases. *Clin Hemorheol* 1990 ; 10 : 435-447.
- 26) 沖野 実, 他. マイクロフィルター法による赤血球変形能の基礎的検討. *臨床血液* 1980 ; 21 : 925-931.
- 27) 岡野幸雄, 野沢義則. 赤血球膜脂質の特性. *医学のあゆみ* 1990 ; 155 : 907-911.
- 28) Kobayashi S, et al. Epidemiological and clinical studies of the effect of eicosapentaenoic acid (EPA, C20:5 ω3) on blood viscosity. *Clinic Hemorheol* 1985 ; 5 : 493-505.
- 29) 小林 悟. 多価不飽和脂肪酸と血液レオロジー. *治療学* 1991 ; 25 : 45-47.

[平成7年(1995年)10月30日受理]

(補遺)

赤血球流路通過時間を用いた変形能指標の算出:

赤血球-血漿浮遊液の合計流路通過時間

$$T_{cP} + (b-1) / VP$$

赤血球-血漿浮遊液の合計通過体積

$$S \times (a+b)$$

赤血球-血漿浮遊液の合計流路通過時間に全ての流路を通過する体積

$$N \times S \times (a+b)$$

$$\therefore \frac{T_{cP} + (b-1) / VP}{N \times S \times (a+b)} = T$$

$$\therefore T_{cP} = T \times N \times S \times (a+b) - (b-1) / VP$$

ここで

T : 赤血球-血漿浮遊液 1 μl あたり通過時間 (sec)

T_{cP} : 赤血球 1 個の平均流路通過時間 (msec)

b : 1 個の赤血球の通過から次の赤血球の通過までの間に血漿が流れる距離 (μm)

l : 流路の長さ (30 μm)

V_P : 血漿だけの流路内流速 (mm/sec)

N : 流路の数 (2600個)

S : 1 流路あたり断面積 (27.7 μm²)

a : 流路に入る赤血球の平均の長さ (MCV/S)

NS : 流路の総断面積 ($2600 \times 27.7 \mu \text{m}^2 = 7.202 \times 10^{-2} (\text{mm}^2)$)

$a / (a + b) =$ 調整したヘマトクリット (小数で表されたもの)

$\therefore a + b = a /$ 調整したヘマトクリット

上記より赤血球 1 個の平均流路通過時間 $\{ (T_{cp}) \text{ msec} \}$ を求め、その逆数を変形能指標 $(1/T_{cp})$ と定義した。

要 旨

1992年～1993年の愛知県赤羽根町における循環器疾患予防健診を受診した40、50、60、70歳の男性39名、女性39名を対象として「シリコン単結晶基板を用いた擬毛細血管赤血球濾過法」により赤血球の流路通過時間を測定し、算出した赤血球変形能指標の性別分布、また血液検査所見、肥満、食生活、喫煙等と赤血球変形能指標との関係を検討し、以下の結果を得た。

1. 赤血球変形能指標の最頻値は男性では0.45～0.49、女性では0.40～0.44であり、男女ともやや右方に裾を引く分布を示した。平均値は男性0.44、女性0.47と女性の方が高かったが有意差はなかった。男女とも年齢別平均値は70歳で最も低く、年齢階層別にみても一般に女性が男性より高値の傾向を示した。
2. 赤血球変形能指標を中央値で2群に分け比較した時、女性では総蛋白、白血球数および皮脂厚の平均値は高値群より低値群で高かった。
3. 男女ともに虚血性心電図所見および眼底異常所見出現率、喫煙率、飲酒者率については変形能指標の低値群と高値群との間に有意な差はみられなかった。
4. 各食品群・栄養素等摂取量は男性では赤血球変形能指標の低値群と高値群との間に有意差はみられなかった。女性では低値群で穀類、芋類の摂取量、エネルギーおよび蛋白質摂取量が多かった。
5. 重回帰分析では、赤血球変形能指標は女性において肉類および卵類摂取量と負の、大豆製品と正の関連を示した。今後、脂肪酸を含めた詳細な検討が必要であると考えられた。