The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	Cinedensitometryによる下肢血流量の測定
Author(s)	菅原, 徹雄; 山口, 敏雄; 林田, 孝平 他
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1981, 41(5), p. 423-435
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/20333
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

Cinedensitometry による下肢血流量の測定

国立循環器病センター放射線診療部
菅原 徹雄 山口 敏雄 林田 孝平
植原 敏勇 有沢 淳 内藤 博昭
太田 光重 前田 宏文 小塚 隆弘
同センター心臓血管外科
足立 郁夫 中島 伸之
大阪医科大学放射線科
赤木 弘昭

(昭和55年9月29日受付)
(昭和55年12月1日最終原稿受付)

Cinedensitometry of blood flow in lower extremity

Tetsuo Sugahara*, Toshio Yamaguchi*, Kouhei Hayashida*, Toshiisa Uehara*, Jun Arisawa*, Hiroaki Naito*, Mitsushige Ohta*, Hirofumi Maeda*, Takahiro Kozuka*, Ikuo Adachi**, Nobuyuki Nakajima** and Hiroaki Akagi***

Department of Radiology* and Cardiovascular Surgery**, National Cardiovascular Center, Osaka, Japan, Department of Radiology, Osaka Medical School***

Research Code No.: *508.4*

Key Words: *Densitometry, Blood flow, Cineangiography, ASO*

In this paper, a cinedensitometric method used for evaluation of the hemodynamics in stenotic lesions of the arteries was described. With this method the blood flow of a external iliac artery was measured. After cineangiography of the external iliac artery, the cine film was projected on a frosted screen and the density of the artery was measured at the two different levels and the transit time between these two levels was calculated. The distance between the two levels and their diameters of the artery were measured with the aid of X-ray density scale. The densitometry of blood flow was caluclated as divided volume by appearance transit time.

Out of 34 legs of the patients with various arterial diseases were examined by cineangiography. In 7 of 34 legs, electromagnetic measurement was made at the same time as angiography. The correlation coefficient between the blood flow measured with both methods was 0.89 ($p<0.05$). In the control group, the blood flow obtained with densitometry was 632 ± 92 ml/min. With densitometry, the mean values of the blood flow in the iliac artery in patients with arteriosclerotic obstruction and arteriosclerosis with intermittent claudication was 163 ± 102 ml/min. There seems to be a good correlation between the blood flow obtained with densitometry and possible gait distance until

claudication occurs. There were four types of the densogram. Type A, B, and C showed good pulsatile wave, rectangular wave, and poorly pulsatile wave, respectively. Type D shows a flat curve. The rates of the four types were 743±349 ml/min., 141±9 ml/min., 463±208 ml/min. and 86±35 ml/min., respectively. The difference of the densogram in these four groups seems to be significant. In conclusion, measurement of the blood flow with this method was considered to be possible in the lower extremities, particularly in the extremities with slow blood flow.

I. はじめに

慢性閉塞性動脈疾患における検査方法はRI angiography[1], Xe-clerance 法[2], PVR 法[3], thermography[4], Dopplar 血流測定法[5] および血管造影法などがある．カットフィルムを用いる連続撮影血管造影法[7]は，形態変化を見るのにはすぐれており診断治療の重要な情報となるが，形態変化が必ずしも慢性閉塞性動脈疾患の病態および予後を表わしてはいない．このためX線映画法を用い，撮影されたシネフィルムを densitometry し，得られた densogram から血流量の算出および波形の解析を行い，慢性閉塞性動脈疾患の病態を定量的に把握することを試みたので報告する．

II. 対　象

1979年4月より12月までの9カ月間に国立循環器病センターにおいて腹部および下肢動脈に病変があると考え，血管造影を施行されたものを対象とした．Cinedensitometry 用にX線映画撮影を行ったものは36症例で，実際にcinedensitometry が行える条件で撮影されたのは24症例38肢（Table 1）であった．この内訳は，閉塞性動脈硬化症（arteriosclerosis obliterans, ASO）7症例9肢，Bürger 氏病（thromboangitis obliterans, TAO）3症例5肢，主要動脈に壁不整，または蛇行が見られたものを動脈硬化症（arterioscerosis, AS）とし4症例6肢，大動脈瘤7症例12肢，その他下肢動脈疾患と関係がなかったもの3症例6肢であった．これらの患者の平均年齢は61歳，平均体重56.2±6.6kg，平均体表面積1.59±0.11m² であり内女性は24症例中2症例であった．なお血管造影所見は，アメリカ心臓協会（AHA）の方法[8]に準じその狭窄の程度を7段階に分類した．100%，99～91%を99%，90～76%を90%，75～51%を75%，50～26%を50%，25%以下を25%とした．75%以上の狭窄があるものを有意の狭窄と取りASOと診断した．

III. 方　法

1. 装置および機材

主として使用したX線装置の高圧発生装置は，HD-15G-40（島津），イメジインテンシファイヤー（I.I.）は super 9″/6, 5 I.I. で，撮影機材は島津社製アーム懸垂器（FSD 90cm），シネカメラはアリテクノ135R 150を使用した．シネフィルムはコダック社製 CFS 35mm を用い，KXL 20℃ 20f/min で現像した．

Cinedensitometry 装置は，photosensor に太陽電池（シャープ，STD-550）（Fig. 1）を使用し，可変抵抗を介して2ペンレコーダー（大倉電気社製）に入力し記録した（Fig. 2）．

2. 造影方法および撮影部位

患者を臥位にして右または左大腿動脈より Seldinger 氏法[9]にて6F ないし7F のカテーテルを挿入，カテーテルの先端は腹部大動脈下端（第3腰椎下端）に固定した．造影剤は，76%Urografin 15ml を1秒以内に注入，撮影部位は原則として両側の外腸骨動脈から大腿動脈が入る部位で行った．撮影条件は固定条件下で60frames/sec にて撮影を行った．

3. Cinedensitometry

Cinedensitometry は，暗室でシネフィルムを projector（Vanguard 35X）にかけスクリーンに投影（Fig. 2），投影像内の2点，すなわち Fig. 3b のごとく外腸骨動脈から大腿動脈の間で，大きな分岐および病変が認められない2点に photosensor を設置し，次に projector を 4frames/sec にて作動させた．変換された電圧は可変抵抗で，

Table 1 Clinical data and the results of cinedensitometric measurement of the blood flow.

Case	Age	sex	Diagnosis	Side	Densitometric flow (ml/min)	Velocity (cm/sec)	Pattern
3	62	M	A.S.O. L-I.C. 100m	R L	480 collateral	10.3 1.23sec	C D
4	66	M	A.S.O. L-I.C. 100m	R L	— 35	— 4.4	— D
17	60	M	A.S.O. R-I.C. 500m	R L	229 —	— 13.5	C —
19	59	M	A.S.O. L-I.C. 200m	R L	1015 132	59.9 9.8	A B
24	69	M	A.S.O. L-I.C. 200m	R L	— 196	— 9.6	— C
32	61	M	A.S.O. R-I.C. 1000m	R L	400 —	13.2 —	C —
28	62	M	A.S.O. L-I.C. 150m	R L	530 61	40.0 8.2	C D
10	50	M	T.A.O. R-cold	R L	102 —	20.0 —	D —
30	57	M	T.A.O. R-rest pain	R L	654 1188	31.4 57.8	A A
20	44	M	T.A.O. R-I.C. 200m	R L	202 546	9.6 26.6	C A
1	78	M	T. Aneurysm	R L	— 590	— 23.5	— C
6	58	M	A. Aneurysm	R L	461 550	22.4 26.8	C C
14	74	M	A. Aneurysm B-cold	R L	150 166	11.3 5.5	B A
18	59	F	Dissecting Aneurysm	R L	703 541	23.3 21.5	C C
21	60	M	Dissecting Aneurysm	R L	— 211	— 10.2	— C
22	73	M	A. Aneurysm	R L	1390 1001	60.0 39.8	A A
25	74	M	A. Aneurysm	R L	906 774	53.4 57.8	A A
29	69	M	A.S.	R L	590 1115	19.5 36.9	A A
27	73	M	A.S. B-I.C. 100m	R L	126 108	4.2 3.7	D D
23	62	M	A.S. B-I.C. 200m	R L	100 —	7.4 —	A —
5	78	M	A.S. B-I.C. 100m	R L	— 244	— 14.4	— C
2	16	M	Hypertension	R L	932 605	72.0 45.2	C C
12	45	F	Aortitis	R L	681 534	33.1 53.5	A A
13	57	M	Angina pectoris	R L	432 534	16.8 30.0	A C

(I.C. Intermittent Claudication. A.S.: Arteriosclerosis. R: Right. L: Left. B: Both)

シネフィルムのベース濃度がレコーダーの最大電圧になるように調節し densitometry を行った.

4. 装置の安定性

X線装置の安定性は，国立循環器病センターのX線映画撮影法が行える4機種について固定条件下で撮影したシネフィルムを調査した．Projector の安定性については，2機種につき同一シネフィルムをかけて行い，また photosensor の感度についても検討した.

5. 血流量の測定法

Cinedensitometry により得られた densogram による血流量の計算方法[10)11)] (Fig. 4) は，二点

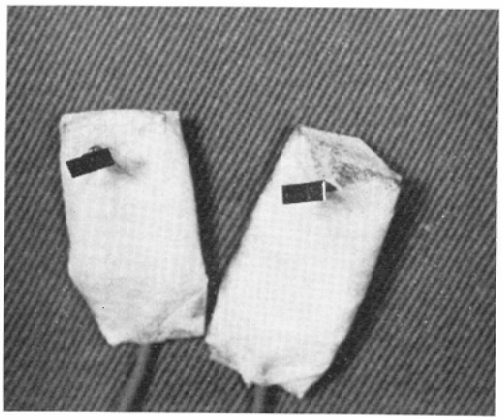


Fig. 1　Photosensors used in this study.

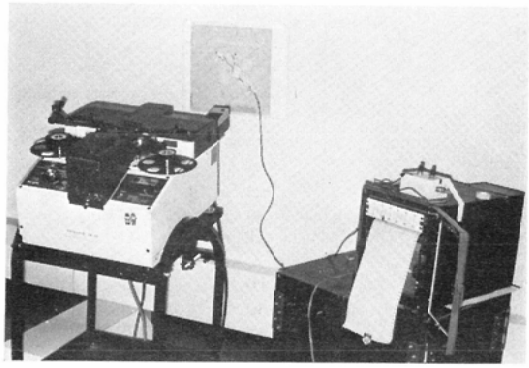


Fig. 2　A system of cinedensitometry.　A recorder and a projecter for densitometry of cine-film.

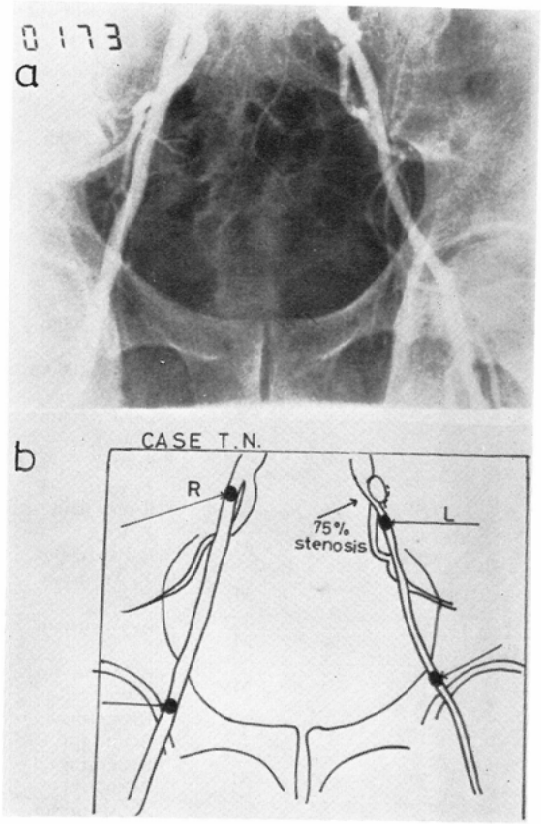


Fig. 3　a. A cine-angiogram. b. The schema of sampling postion. Black circles are the photosensors.

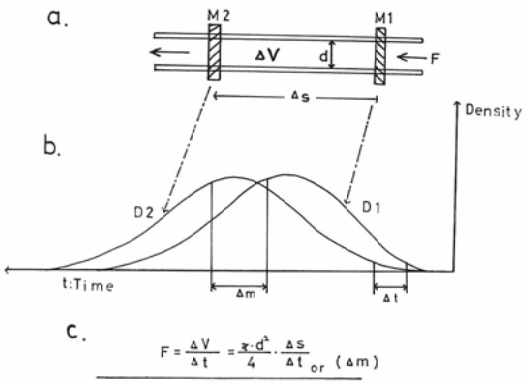


Fig. 4　Schematic representation of calculation. a. Schema of volume (ΔV) of a vessel between two photosensors. b. Densogram of two sampling position, mean transit time (Δm) and appearance time (Δt). c. The formula for the calculation of flow (F).

間の容積（Δv）を transit time（Δt）で除して血流量の算出を行なった.

Transit time (Fig. 4) については，ファントームをテフロン管で製作し，管径3.5mm および6mm において mean transit time と appearance time について基礎実験を行った.

生体では動脈切開術で検査が行われたものにつき，カフ型電磁血流量計[12]（ステッサム社製 Blood Flowmeter SP2204）の値と比較検討した.

二点間の容積（Δv）すなわち血管直径（d）と二点間の距離（Δs）は，グリッド形拡大率補正器（1cm 間隔に銅線が縦横にはってある拡大率補正器）およびカテーテルの太さを利用して計測補正した.

6. 波形分析

Densogram の波形分析は，波形を4型に分類することを試みた．Fig. 5 のごとくA型は拍動波形が明らかなもの，B型は矩形波形になっているもの，C型は山状になっており拍動波形があまり明らかでないもの，D型はピークが明らかでなく丘状になっているものに分類した．またA型の拍動波形が明らかな場合，Fig. 6a で示したごとく，カテ先流速計[13]（ミュラー社製）の血流図で黒く塗った部分が逆流成分であるが，この逆流成分が densogram 上にも出現しているかどうか調べた．Fig. 6b は densogram の分類で黒く塗った部分が逆流成分である．明らかに逆流成分が見られる場合を（＋＋），少しだけ逆流が見られる場合を（＋），逆流成分が densogram 上観察されない場合を（－）とし3型に分類した．

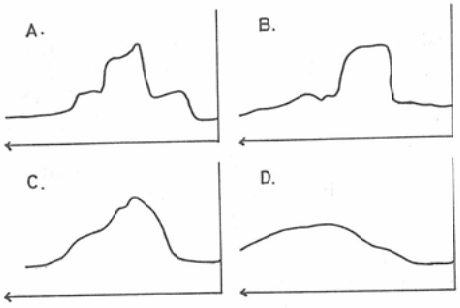
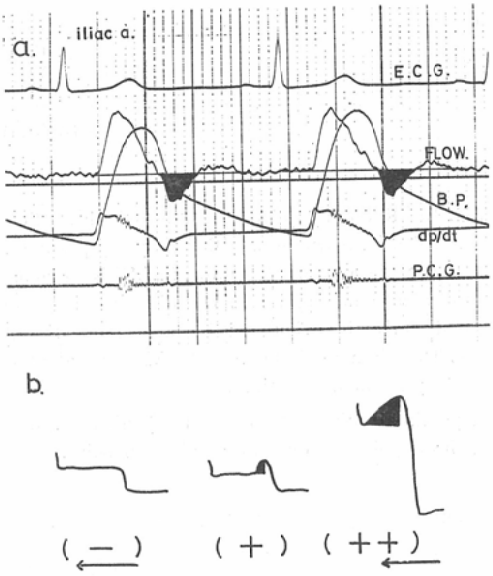


Fig. 5 Classification of four types of the densogram.
Type A; densogram with a good pulse wave.
Type B; densogram with a rectangular wave.
Typə C; densogram with a poor pulse wave.
Type D; densogram with a flat wave.



Fog. 6. Schematic presentation of reverse flow.
a. The curve of catheter tip electromagnetic flow (velocity probe). Black area represents flow.
b. Classification of reverse flow on the densogram.

IV. 結　果

1. 装置の安定性について

4機種の撮影時の安定性を調べた結果（Fig. 7）は，S社製およびP社製のものは濃度が安定していた．しかしT社製のものは濃度が大きく波うち変動していた．SH 社製のものでは多少のゆれが見られた．

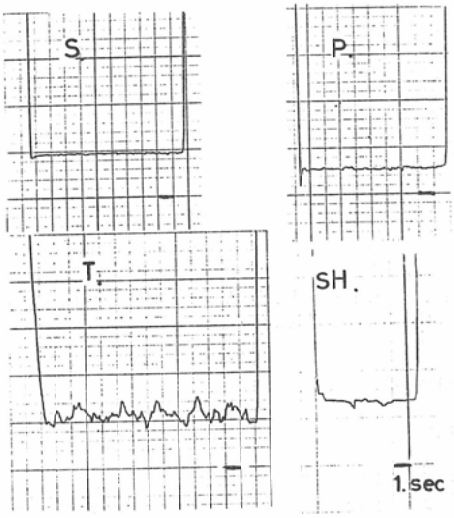


Fig. 7 A comparison with sampling balance of radiologic equipment in four machines by cine-densitometry.

Projector の安定性は，Tagarno (Fig. 8a) ではフィルムの送転速度差によるノイズおよび濃度差が出現していた．Vanguard (Fig. 8b) では送転むらによる濃度変化が見られた．調整後，Fig. 8c ではほとんど濃度変動が見られなかった．

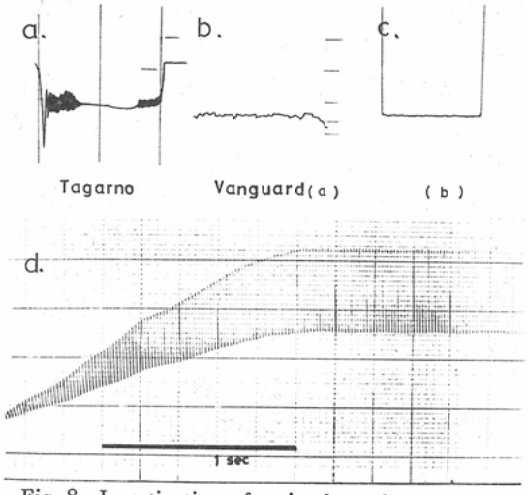


Fig. 8 Investigation of noise from the projector. a. Tagarno. b. Vanguard of poor condition. c. Vanguard of good condition. d. Noise from a source of light of the projector.

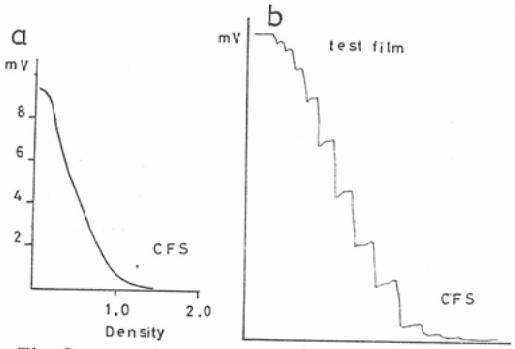
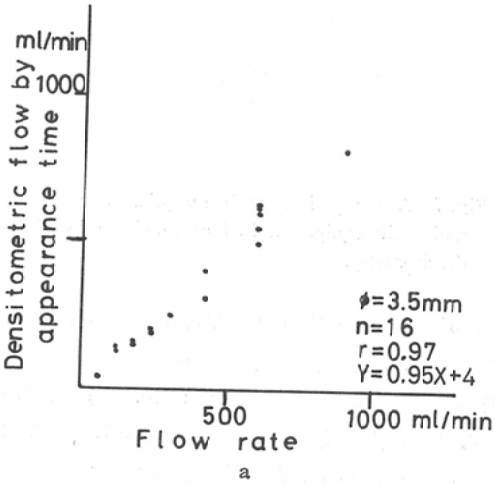
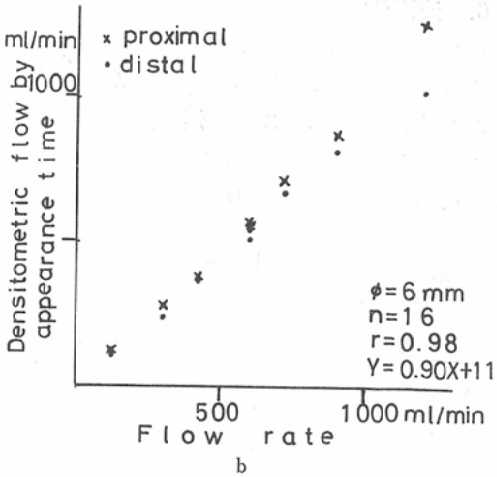


Fig. 9 a. Latitude. b. A comparison between test chart-film and voltage.





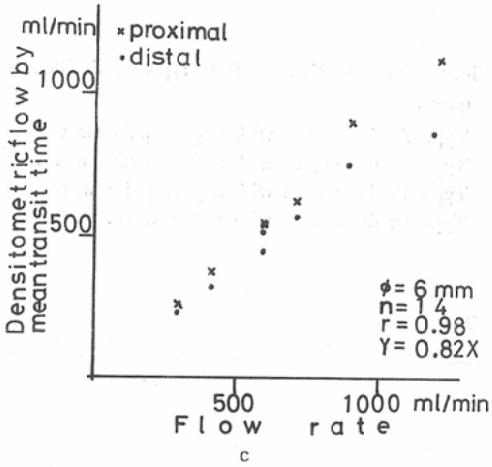


Fig. 10 Relationship between the absolute flow and densitometric flow (DMF) by the phantom. a. The diameter is 3.5mm and DMF is calculated appearance time. b. The diameter is 6mm and DMF is calculated by appearance time. c. The diameter is 6mm and DMF is calculated by mean transit time.

°; proximal point is 20cm from injection point.
*; distal point is 50cm from injection point.

Photosensor 自身の感度を調べた結果 (Fig. 8d) は60Hz の波形をも検出することが出来た．しかし著者らが使用した2ペンレコーダー（時定数0.19秒）においては60Hz の波形は検出されなかった．

Photosensor のラチチュードは，シネフィルム

(CFS)のテストチャートフィルムを使用して調べた結果 (Fig. 9), そのラチチュードは狭いものであった.

2. ファントーム実験 (Fig. 10)

定常流 (35℃) において, 管径3.5mm, 6mm 時の appearance time による血流量は, 実際の流量との相関関係は良いが, 回帰曲線は管径3.5mm 時 Y=0.95X+4, 管径 6mm では Y=0.90X+11とその係数は小さくなった. また管径6mm 時の計測点の違いによる算出流量の違いは, 近位点 (注入点より20cm) Y=0.96X+22, 遠位点 (注入点より50cm) Y=0.87X+30と遠位点の方が小さくなった. mean transit time よりの算出流量は Y=0.82X であり, appearance time による算出流量の近位点では Y=0.94X−28, 遠位点は Y=0.73X+25と appearance time による値より小さくなった.

3. 測定結果

Cinedensitometry による流量 (以後 DMF と略す) とカフ型電磁血流量計[13]による流量 (以後 EMF と略す) の比較は, Fig. 11 のごとく相関係数0.89 ($p<0.05$), 回帰曲線 Y=0.83X+32であった. しかしこの血流量の測定値は, EMF で360ml/min 以下の症例でしか測定できなかった.

病肢に関係なく疾患別に5群に分けた時の DMF を比較した (Fig. 12). ASO 群において DMF は (平均値±標準偏差) 342±290ml/min,

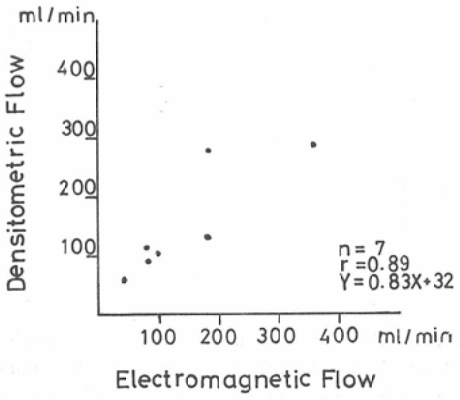


Fig. 11 Correlation between the densitometric flow and the electromagnetic flow.

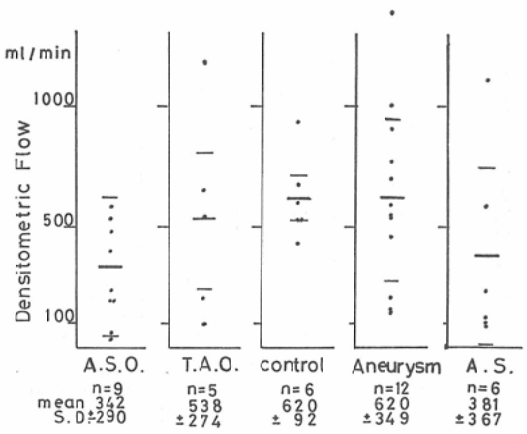


Fig. 12 A comparison of the densitometric flow by classification of the disorders.

TAO 群は538±274ml/min, AS 群は381±367ml/min, 大動脈瘤群は620±349ml/min, 対照群は620±92ml/min であった. ASO 群と AS 群はほぼ同様の分布であった. また他の3群の平均値はほぼ同様の値であった.

ASO 群と AS 群の中で間歇性跛行を訴える症例の跛行距離と DMF との関係 (Eig. 13) を見ると, 10肢でその相関係数は0.84 ($p<0.01$)であった. その DMF は163±102ml/min であり, 1Km の間歇性跛行を訴える患者の DMF は400 ml/min であった. 対照群620±92ml/min との間には明らかな有意差 ($p<0.01$) が見られた. また ASO 群と AS 群で間歇性跛行を訴えなかった

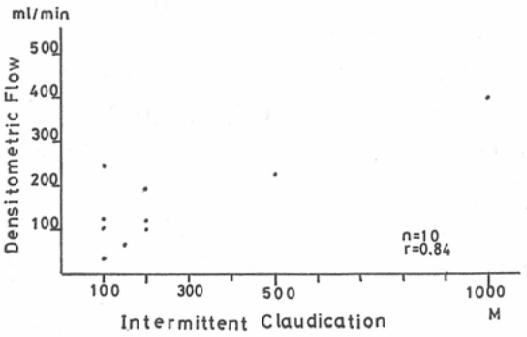


Fig. 13 Correlation between the densitometric flow and the possible gait distance until occurrence of intermittent claudication in arteriosclerosis obliterans and arteriosclerosis.

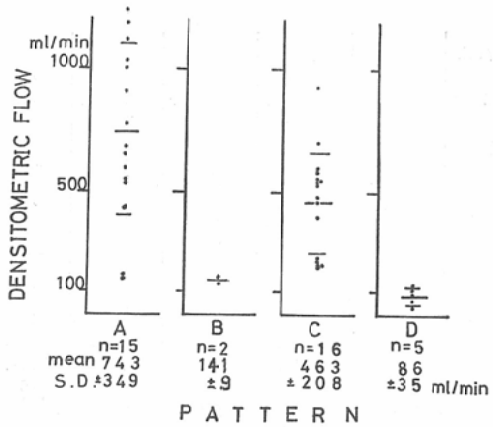


Fig. 14　A comparison of densitometric flow by classification of the densitometric pattern.

5肢の平均値746±264ml/min との間に有意差 ($p<0.01$) が見られた.

4.　波形分析

Cinedensitometry により得た末梢側の densogram をFig. 6で分類した波形別に DMF の値を比較 (Fig. 14) した. A型群は743±349ml/min, B型群は141±9ml/min, C型群は433±231ml/min, D型群は86±35ml/min であった. DMF の平均値に関しては, A型, C型, B型, D型の順に, その値は小さくなっている. A型群とB型群は $p<0.05$で有意差が見られ, A型群とC型群は $p<0.01$で有意差が見られた. またA型群とD型群では $p<0.001$で有意差が見られた. C型群はB型群との間には有意差が見られず, D型群との間では, $p<0.01$で有意差が見られた.

波形分類した35肢の疾患別分類 (Table 2) では, ASO 群においてはC型およびD型が多く, TAO 群ではA型が多い傾向であった. AS 群および大動脈瘤群では特に一定の傾向は見られなかった. A型の densogram 上に見られる逆流波形を疾患別に分類比較 (Table 3) した結果, ASO 群, TAO 群では逆流成分はあまり見られないが, 大動脈瘤群および対照群においては, 逆流成分がほとんどの症例に見られた.

5.　症例提示

症例25, 74歳男性, 主訴：腹部腫瘤. 血管造影

Table 2　The distribution of the densitometric pattern in five groups.

	A	B	C	D	
A.S.O.	1	1	5	2	9
T.A.O.	3	0	1	1	5
A.S.	3	0	1	2	6
aneuryrm	5	1	6	0	12
control	3	0	3	0	6
	15	2	16	5	38

Table 3　The distribution of reverse flow of type A in the densitometric pattern.

	−	+	++
A.S.O.	0	0	1
T.A.O.	3	0	0
A.S.	3	0	0
aneurysm	0	2	3
control	0	1	2

診断：腹部大動脈瘤, 下肢動脈には特記すべき所見なし. Fig. 15 は同症例の右下肢の densogram であり, 下線は中枢側, 上線は末梢側である.

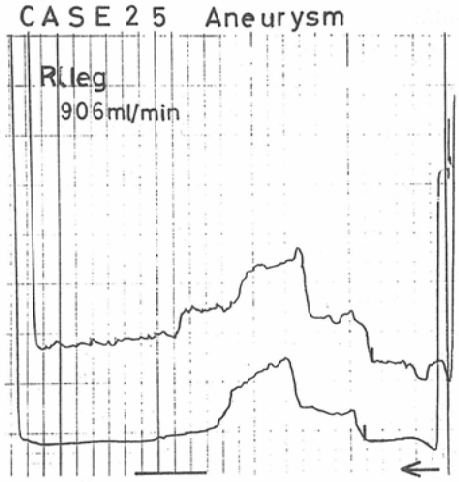


Fig. 15　Case 25, 74-year-old man. Angiographic diagnosis is abdominal aneurysm. The figure shows the densogram of the external iliac artery. The densitometric flow is 906ml/min and the pattern is type A (+).

末梢側の densogram は拍動波がのり階段状になっている．また逆流成分も多少見られる．A型(+)である．DMF は906ml/min であった．

症例28，62歳男性．主訴：左下肢に150m の間歇性跛行．血管造影所見は左総腸骨動脈の完全閉塞であった．Fig. 16a は右下肢の densogram で拍動波形はあまり明らかでなくC型である．DMF は 530ml/min であった．Fig. 16b は左下肢の densogram でピークは明らかでなくD型である．DMF は 61ml/min, EMF は 40ml/min であった．

症例19，59歳男性．主訴は左下肢に200m の間歇性跛行．血管造影所見は外腸骨動脈起始部に75%の狭窄が認められた．右下肢の densogram (Fig. 17a) は拍動波形および逆流成分も充分に見られることよりA型（++）である．DMF は

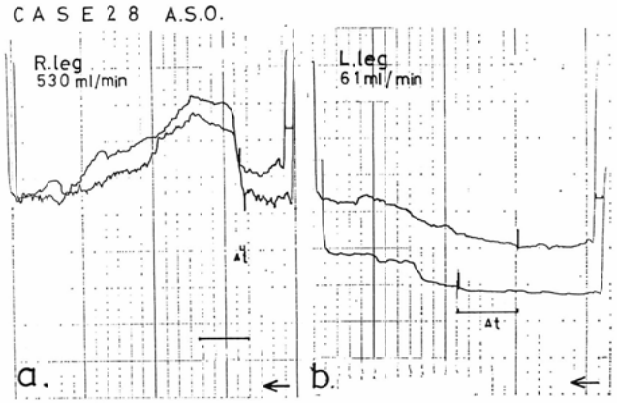


Fig. 16 Caes 28, 62-year-old man. Angiogram shows occlusion of the left common iliac artery. a. The densitometric flow is 530ml/min in the right lower leg and densitometric pattern is type C. b. The densogram in the left lower leg with densitometric pattern of type D. The flow is 61ml/min in the left common femoral artery.

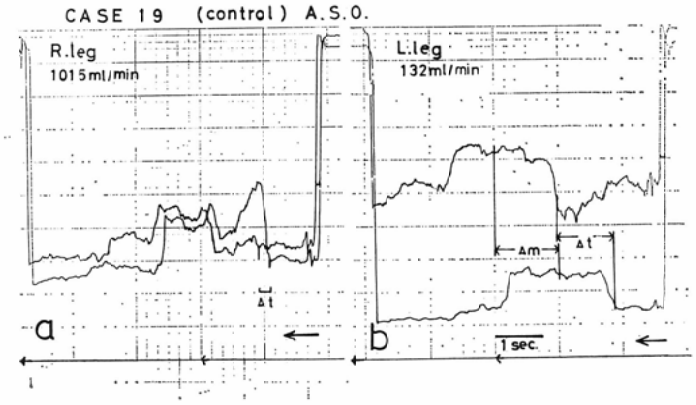


Fig. 17 Case 19, 59-year-old man. Angiogram shows incomplete obstruction (75%) in the left iliac artery. a. The densogram in the right external iliac artery with densitometric pattern of type A (++). Densitometric flow is 1015ml/min. b Densitometric flow is 132ml/min in the left lower leg and the pattern is type B.

1015ml/min であった．左下肢の densogram (Fig. 17b) は拍動波形が見られず矩形波になっておりB型であり，DMF は134ml/min, EMF は180ml/min であった．同症例の左外腸骨動脈起始部にあった75%の狭窄を Grüntzig の方法[4] で angioplasty を行った後の densogram (Fig. 18) では，拍動波形がのったものになり，また逆流成分も出現している．波形分類はA型（＋）であった．DMF は96ml/min, EMF は80ml/min であった．血管造影所見では左外腸骨動脈起始部にあった75%の狭窄は認められなかった．

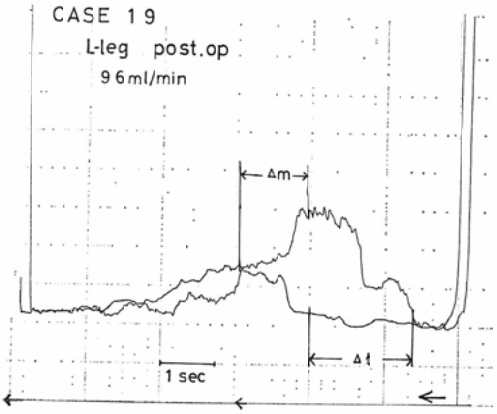


Fig. 18 The densogram of the case 19 after angioplasty using Grüntzig catheter method in the left external iliac artery Densitometric pattern is type A (−), but densitometric flow is 96ml/min.

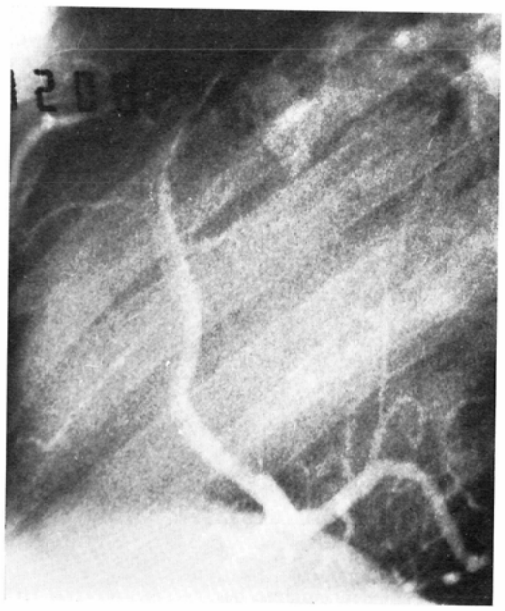


Fig. 19 The "Layering-out" phenomenon was observed during the injection of contrast medium into the right coronary artery. The figure shows late arterial-phase.

V. 考　案

四肢の血流量測定には種々の方法[15]があるが各々の方法には一長一短がある．現在一番信頼性があるとされているカフ型電磁血流量計は小手術が必要であり測定できる症例は限られている．Cinedensitometry による血流量の算出法は，血管造影時にその形態診断だけでなく，撮影されたシネフィルムを血流量の算出に併用できる方法である．この方法による血流量算出は冠動脈において Smith[16] らによって行なわれ，また小林[17] らは大動脈および第1次分岐動脈の流速測定を行い報告している．Itzchuk[18][19] らは cinedensitometry を用いて外腸骨動脈の血流量を測定した．Lantz[20] らは拍動流を作り血流量を densogram から希釈法を用いて算出した．また測定距離の違い，狭窄および抵抗の違いによる波形の変化についてファントーム実験を行い報告している．われわれの行なった cinedensitometry の造影剤の使用量は，15ml と少量で希釈曲線が得られ血流量を算出するには簡単な方法であるが，しかし cinedensitometry には次に述べるような基本的な問題点が存在する．

X線装置の安定性，すなわち固定条件下で撮影した時，一定濃度のシネフィルムが得られるかどうかである．現像時における現像むらは管理が充分であればほとんどなく一定濃度で現象できる．しかしX線発生装置の安定性は Fig. 7 のごとく変動が見られる場合があり，この変動は subtraction 等の処理[21]にも問題がある．Cinedensitometry 装置の photosensor の感度は Fig. 8d のように高いが，時定数が0.19sec のペンレコーダーを使用したためフィルターをかけた状態になり，最高0.02程度の濃度変化をも検出できた．しかし projector は Fig. 8a.b.c. に見られるように注意して整備しなければ詳細な血流波形を観察できない．

Roentgen-densitometry による血流量の計算方法は，Lantz[20] らが行った希釈曲線の面積より求める希釈法と Smith[16] らが行った transit time より計算する方法がある．前者は理論上は正確であるが，実際には放射線エネルギーの違いによる散乱線の差およびラチチュードの補正と単純には解決できない問題がある．後者の場合は，background が一定であれば photosensor のラチチュードの補正を行うだけでよいので今回はこの方法を使用した（Fig. 4）．この場合，Lantz[20] らが指摘しているように管径 d が細い場合，測定管径4mm 時，1mm の血流量誤差は44～56％という非常に大きな値になる．このための拡大率およびイメージインテンシファイヤーの歪みを拡大率補正器で補正し，さらにカテーテルの太さを利用して管径の拡大率および計測誤差を補正した．Densogram より transit time を用いて血流量の算出を行う場合，造影剤として水溶性ヨード剤を使用するが，比重約 1.4，粘稠度約 9cps，浸透圧比約 9 と物理学的に血液成分と異なるため血液と全く同じ流れをするとは考えられない．造影剤が血液と充分に混合しない場合，Fig. 19のごとく "Layering-out" 現象[22] が起こり，二つの違った流れを形成することが考えられる．このため，ファントム実験を行った．その結果（Fig. 10），造影剤を bolus として注入しても管径が細い時は良い結果であるが，管径が太くなると算出流量は低くなる．またその測定距離が注入点より遠くなると算出流量はさらに少なくなった．このことより，管の内で二つの違った流れ[23][24] が存在すると考えられた．この結果，定常流の場合，transit time で測定する時は，mean transit time を使用するよりも appearance time を使用した方がよい結果になった．カフ型電磁血流量計（EMF）との比較において（Fig. 10），低流量領域ではあるが，相関係数0.89であり ASO のように血流障害疾患の検査方法には有用と考えた．Itzchak[18] らは，DMF が他の検査値より大きな値になったと報告しているが，transit time を用いる方法は血流が拍動流のため流速が早くなるとその値は最大流速値にちかくなるためと考えられる．

測定結果について，対照群は620±92ml/min，ASO 群は342±290ml/min であり，この値は Itzchak らの報告値，正常者男性は604.1±104ml/min，ASO 患者男性の377±52ml/min の値とほぼ同様であった．

ASO および AS と診断された患者のうちで間歇性跛行を訴えた患者の跛行距離と DMF の相関係数は0.84であり，また DMF と EMF との相関係数0.89と考え併せると DMF は正常から低流領域で高い信頼性があると考えられる．

Densogram は造影剤を bolus として注入しているので本来その波形は一定であるはずである．正常者の血流はカテ先流速計でみれば Fig. 6a のごとく拍動脈であり収縮期直後には必ず逆流が表われる．すなわち造影剤の流れを高速で撮影すれば正流と逆流が必ず観察されるはずである．この現象は densogram 上にも拍動波形として表われ Fig. 6b のごとく拍動波形に逆流成分が色々の形で観察される．大動脈弁閉鎖不全では逆流が大であろう．また狭窄があり血管壁の硬化があれば拍動波形が減少しかつ逆流成分も消失していくはずである．Fig. 18b の症例のように拍動波形が見られなくなる．もし血管が完全閉塞し血流が側副血行路より供給されていれば，Fig. 17b の症例のように拍動成分も見られなくなる．波形別の分類（Fig. 15）において DMF の値はA型，C型，B型，D型の順に小さくなっているのも単に血流が少なくなるだけでなしに血管の閉塞性病変の程度をもよく表したものであると考えている．逆流成分の出現（Table 3）については，対照群と大動脈瘤群において逆流成分が見られるが，ASO 群，TAO 群，AS 群においてはほとんど逆流成分が見られない事も血管病変の程度，中でも狭窄の程度だけでなく血管壁の硬化の程度および末梢枝の血管病変の程度差を表しているものと考えている．この事は症例19において Grüntzig のカテーテルで行なった angioplasty 後の DMF が 96ml/min と非常に少なく血管造影所見と相反したものであったが，densogram 上には拍動波形

が充分に出現しており動脈結紮による一時的な血流障害によって起ったと考えられる.

このように cinedensitometry による下肢血流量の測定は，単に下肢血流量の算出を行い血管の狭窄の程度を評価するだけでなく，densogram の波形を分析することにより末梢血管の病変の程度および血管壁の硬化の程度まで把握できると考えている.

IV. おわりに

われわれの使用した cinedensitometry の方法は，安価な方法であるが安定性のある densitometry が行なえる方法である. Densogram よりの下肢血流量の算出値は，低流量領域ではあるが DMF と EMF との相関係数0.89と良い値であり，また間歇性跛行肢の DMF と跛行距離との相関係数は0.84でありまた対照群との間には明らかな有意差が見られた事は，DMF が低流量領域で高い信頼性があると考えられた.

Densogram の波形は血管の病態および血流を反映した重要な情報であり今後の慢性閉塞性疾患における治療方針の指標になると考えている.

本論文要旨は，第39回日本医学放射線学会総会において発表した. なお，本研究費の一部は厚生省循環器病研究委託費阪口班によった.

文　献

1) Moss, C.M., Rudavsky, A.Z. and Veith, F.J.: The value of scintiangiography in arterial disease. Arch Surg., 111: 1235—1242, 1976
2) Alpert, J., Rio, G.D. and Lassen, N.A.: Diagnostic use of radioactive Xenon clearance and a standard walking test in obliterative arterial disease of legs. Circulation, 34: 849—855, 1966
3) Jeffrey, K. and Raines, J.K.: Use of the pulse volume recorder in peripheral arterial disease; Ed. by Bernstein, E.E.; Noninvasive diagnostic technique. pp 304—314, 1978, Mosby, Saint Louis
4) Torell, L.M. and Nilsson, S.K.: Temperature gradients in low-flow vessel. Phy. Med. Biol., 23: 107—117, 1978
5) Nimura, Y., Matsuo, H., Hayashi, Y., Kitabatake, A., Mochizuki, S., Sakakibara, H., Kato, K. and Abe, H.: Studias on the arterial flow pattern—intstantaneous velocity spectrums and their phasic changes—with the directional ultrasonic Doppler techniques. Brit. Heart J., 36: 899—907, 1974
6) Suzuki, S.: Arteriography of the extremities; with an analysis of the occlusion diseases of the arteries in the lower extremities. Am. J. Roentgenol., 106: 400—417, 1969
7) Rogoff, S.M.: Technique of serial long film angiography in arteriosclerosis obliterans. Am. J. Roentgenol., 76: 787—800, 1956
8) Austen, W.G., Edward, J.E., Fry, R.L., Gensini, G.G., Gott, V.L., Griffith, L.S., McGoon, D.C., Murohy, M.L. and Roe, B.B.: AHA committee report.; A reporting system on patients evaluated for coronary artery disease. Circulation, 51(4): 7—40, 1975
9) Seldinger, S.I.: Catheter replacement of the needle in percutaneous arteriography. A new technique. Acta Radiol., 39: 368—376, 1953
10) Ritishauser, W., Simon, H., Stucky, J.P., Schad, N., Noseda, G. and Wellauer, J.: Evaluation of roentgen cine densitometry for flow measurement in models and in the intact circulation. Circulation, 36: 951—963, 1967
11) Lantz, B. and Strid, K.G.: Contrast formation in fluoroscopic videodensitometry. II. A comparison between theoretically computed and experimentally measured contrast. Acta Radiol. Diag., 14: 625—637, 1973
12) Mill, C.J.: A catheter tip electromagneous blood flow velocity and pressure in conscious man with a catheter tip velocity probe. Circulation, 90: 603—614, 1969
13) 佐野文男，沖野　遥：電磁血流計. 電子医学，7：41—52，1969
14) Katzen, B.T., Chang, J. and Knox, W.G.: Percutaneous transluminal angioplasty with the Grüntzig balloon catheter. Arch Surg., 114: 1389—1399, 1979
15) 沖野　遥，堀　原一，本田西男：血流測定，1974，医学書院，東京
16) Smith, H.C., Sturm, R.E. and Wood, E.H.: Videodensitometric system for measurement of vessel blood flow, particularly in the coronary arteries, in man. Am. J. Cardiol., 32: 144—150, 1973
17) 小林昭智，大沢　保，広瀬一年，沢田　敏，岡田宣三深，谷徳幸：高速X線造影映画による心臓大血管および分枝の血流計測，脈管学，13：175—176，1973
18) Itzchak, Y., Modan, M., Adar, R. and Deutsch, V.: External iliac artery blood flow in patients with arteriosclerosis obliterans.

Am. J. Roentgenol., 125: 437—441, 1975
19) Itzchak, Y., Silberberg, A., Adar, R. and Deutsch, V.: Determination of the pressure drop across an arterial stenosis utilizing angiocinedensitometry. Yale J. Biol and Med., 50: 375—381, 1977
20) Lantz, B.: Relative flow measured by roentgen videodensitometry in hydrodynamic model. Acta Radiol., 16: 503—519, 1974
21) Heunck, F., Vanselow, K. and Deininger, H.K.: Neue Grundlagen und Theorien zur Verbesserung der Angio-cine-densitometrie. V. Der Einfluß des Injectionsmodus der Kontrastsubstanz auf das Meßergebnis bei der Angio-cine-densitometrie. Fortschr. Rontgenstr., 123: 567—570, 1975
22) Rosen, L. and Silverman, N.R.: Videodensitometric measurements of blood flow using crosscorrelation techniques. Radiology, 109: 305—310, 1973
23) 岡　小天：レオロジー，1974，裳華房，東京
24) Folkow, B. and Neil, E.: Circulation, 1971, Oxford University Press, England