起立による循環動態の変動

起立性循環障害の本態

小川 剛

日本医科大学第1内科学教室 (指導: 木村栄一教授)

緒言

起立時にはしばしば立ちくらみや失神がおこるが、そのメカニズムとして考えられているのは、起立時には重力の影響により下半身に血液が停滞^{1,2)}、静脈還流量 (venous return, 以下 VR) が減少するために心拍出量 (cardiac output, 以下 CO) も減少し、さらに上半身の血圧が低下し、その結果脳血流量の減少をきたす故だとされる。

しかし、この VR ならびに CO の減少を臨床的に実際に観察した研究は、著者の知るかぎりでは、Pentecost ら³⁾ の報告以外にはまだなされていない。これは VR を臨床的に計測する適当な方法がないことによるとと思われる。そこで著者は VR の変動を間接的に推測しうるパラメータがないものかと考え、中心静脈圧 (central venous pressure, 以下 CVP) を取りあげてみた。

CVP とは上・下大静脈が右心房に開口する近傍における圧をさし、主として外科、麻酔科領域にて用いられる指標であって、出血性ショックにおける重症度の判定や輸液量決定のさいに有力な情報を提供する。その理由は CVP が循環血液量の増減のある程度の指標になるという点にあり⁴⁻⁷⁾、Weil ら⁸⁾ は心拍数、ヘモグロビン、ヘマトクリットよりも CVP の方が信頼性があるとのべた。

しかし、CVP にいろいろの因子が影響をおよぼすことはいうまでもない^{9,10)}。すなわち、上記 VR や循環血液量のほか、血管の緊張度、心収縮、呼吸、毛細管圧などの影響をもうける。

VR と CVP の関係について Longerbeam ら¹¹⁾ は、CVP は VR に正比例し、心筋の能力 (myocar-

dial competence) に反比例するとのべ、また Hughes ら¹²⁾ は、hypovolemia のさいの CVP は VR の減少を反映するとした。

以上よりみて CVP に影響をおよぼす因子は数多くあるけれども、CVP の変動は VR のある程度の指標になるものとみなして差しつかえなさそうである。よって著者は、VR の代用として CVP を用い、起立による CVP, CO, その他の循環諸値の変動を追求し、問題の解決を試みた。

研究対象および方法

(1) 対象症例

起立により生ずる循環障害をしらべるのが目的であるから、簡単に考えるとかかる症状を有する患者を正常者と比較すればよいわけであるが、正常者でも起立により循環動態の変動をきたすのであるから、正常者を対照として用いることは必ずしも妥当とはいえない。よって起立による愁訴の有無を考慮せずに、心・血管系に器質的障害がない患者を対象として検索を行った。

その多くは第1内科 NCA (neurocirculatory asthenia) 外来を受診した患者で、男子 14 名 (21~58 才、平均 35 才)、女子 15 名 (17~51 才、平均 29 才) 計 29 名であって、少なからざる症例に立ちくらみ、胸痛、動悸、息切れなどの愁訴があったが、聴診、胸部 X 線写真、心電図、各種血液検査などにより循環器系に器質的障害が認められなかった例である。

その内訳は表 1 に示すごとくで、立ちくらみを有するもの 17 例、臥位収縮期血圧 110 mmHg 未満の低血圧 7 例、起立による収縮期血圧低下 10 mmHg 以上のもの 15 例、起立心電図による T_波 減高度 0.2 mV 以上のもの 19 例、心胸比 43% 未満の心臓の小さなもの 17 例であった。明らかに神経症やそううつ病などの精神病と思われるものは除外した。

OGAWA, TAKESHI: Hemodynamic changes on standing. A study on the pathogenesis of orthostatic dysregulation of circulatory system.

表 1 対象症例とその臨床所見

No.	年齢 (才)	性別	立ちく らみ・ 失神	血圧 (mmHg)	起立試験成績 収縮期血圧低下 (mmHg)	T ₁ 減高 (mV)	心臓比 (%)
1	47	男		110/80	5	0.10	44.0
2	31	男	(+)	116/70	7	0.20	46.6
3	58	男	(+)	148/86	64	0.20	40.4
4	25	女		124/80	12	0.20	46.1
5	29	男	(+)	122/72	8	0.20	41.0
6	17	女	(+)	118/76	10	0.10	46.1
7	32	女	(+)	92/60	10	0.30	45.3
8	31	女		96/50	13	0.05	48.2
9	32	男	(+)	124/60	9	0.20	42.1
10	47	女		116/70	7	0.25	41.4
11	22	女		92/60	2	0.30	43.9
12	24	男		128/68	18	0.10	38.1
13	51	女	(+)	144/112	36	0.20	47.8
14	39	男		108/74	8	0.30	32.4
15	31	女	(+)	108/70	8	0.25	46.2
16	23	男	(+)	116/70	7	0.30	39.5
17	39	男	(+)	136/88	38	0.25	37.1
18	35	女	(+)	122/80	12	0.25	40.1
19	26	女		108/60	4	0.30	38.9
20	47	男	(+)	110/70	14	0.05	45.0
21	30	女	(+)	110/64	2	0.05	42.0
22	27	女		122/78	12	0.20	37.0
23	21	男		116/78	12	0.10	39.0
24	34	男	(+)	118/70	14	0.20	42.1
25	23	女		110/62	10	0.15	47.1
26	21	女	(+)	110/60	12	0.15	48.3
27	20	女	(+)	104/58	6	0.25	39.9
28	40	男		128/84	6	0.25	41.7
29	30	男	(+)	114/66	2	0.15	40.6

(2) 研究方法

1) 体位変換法

体位変換にはX線透視台を用いて、受動的に起立させ、臥位、起立直後、起立10分後に下記の項目につきしらべた。この透視台は、水平位から垂直位になるまで、約32秒を要する。

なお、一部の症例では、起立10分後再び臥位にし、さらにその4分後、体位を20°、40°、60°、90°に傾ける検査を行なった。そのさいにはX線透視台にとりつけられた角度計を目標とした。

2) 計測項目

つぎの方式によりそれぞれの項目の計測を行なった。

CVP: X線不透の McGaw Laboratories 社製 CVP 用カテーテルをX線透視台下に右腕静脈より経皮的に挿入して計測した。ただし、計測にさいする零点

設定法にはいろいろの問題があるので、項を改めて後述する。カテーテル内凝血を防ぐため、測定中以外にはヘパリン加5%ブドウ糖液をできるだけ少量流した。

CO: Waters 社製 dye-dilution densitometer を使用し、インドシアニンググリーン 5mg を指示薬とし、イアピースを用い、Hamilton 法により算出し、心係数(以下 CI)を求めた。

平均循環時間(以下 MCT): CO 計測と同時に色素希釈法により求めた。

収縮期血圧(以下, BPs): 左腕動脈で Riva-Rocci 型血圧計により計測、なお平均動脈血圧(以下 BPm)は(拡張期血圧+1/3 脈圧)により算出した。

以上の計測値より一回拍出量(CO/心拍数, 以下 SV)、全末梢抵抗(BPm/CO×1332, 以下 TPR)および中心血流量(CO/60×MCT×1000, 以下 CBV)を求めた。

起立時心電図: 臥位と起立時において CVP 測定と同時に心電図を記録し、T₁の高さを比較した。

以上のうち、CVP、血圧、心電図は同時に検査したが、色素希釈法による測定は別に行なった。

3) 中心静脈圧測定における零点の設定

CVP の測定にあたっては、零点の設定が重要であり、カテーテルの先端を大静脈の右心房開口部付近に正しくおかねばならない。そのためには側臥位にてX線透視下にカテーテル挿入を行なえばよいが、その先端を必ずしもはっきり認めうとはかぎらない。

よって著者は、まず背腹方向X線透視によりカテーテル先端が大静脈右心房開口部のレベル(第3肋軟骨胸骨付着部下縁付近)にあることを確かめ、ついで Burri ら¹³⁾にしたがい、そのレベルにおいて胸郭前後径の背中より 3/5 の点をもって零点とした。

つぎに起立時における CVP 測定の零点としては、Winsor ら¹⁴⁾、Guyton¹⁵⁾ がそれぞれ異なる方式を発表しているが、臨床例に使用するのがむずかしく、あるいは著者の研究には適当でないため、臥位において用いた零点と同じ点を用いることにした。

図1に著者の行なった臥位ならびに起立時における CVP 測定操作のスケッチを示した。なお、CVP の値は呼吸により 10 mmHg 以下の範囲で動揺したが、著者はその中間の値をもって測定値とした。

成績

1. 体位変換による中心静脈圧の変動

1) 起立による中心静脈圧の変動

図 1 中心静脈圧測定法

図 2 起立による中心静脈圧の変動

まず 29 例において臥位の CVP をしらべるに図 2 のごとく 110 ないし 46 mmH₂O を示し、平均 74 ± 19 mmH₂O であった。

すでにのべたように零点のとり方により CVP の値がかわるが、著者と同じく背面から胸郭前後径の 3/5 の個所を零点とした Burri ら¹⁸⁾は、その値が 100 ないし 30 mmH₂O の間にあったといっている。著者の症例のうち 2 例が 100 mmH₂O をこえる値を示したが、全体としては Burri らの正常値と同じ範囲にあった。

起立直後、CVP は全例において著明な低下を示し、10～95 mmH₂O (平均 -35 ± 30 mmH₂O) となった。起立前後の差は平均 109 ± 36 mmH₂O であった。

起立 4 分後における CVP はやや回復し、28～84 mmH₂O (平均 -24 ± 34 mmH₂O) であった。起立 4 分後より 10 分後の間に 2 例が失神したので、起

立 10 分後の計測は 27 例において行なったが、その値は 38～94 mmH₂O (平均 -21 ± 36 mmH₂O) を示し、さらに回復していた。なお、直後と 4 分後、直後と 10 分後の間に有意差が認められたが、4 分後と 10 分後の間には有意差は証明されなかった。

検査中失神した 2 例のうち、1 例は起立後 6 分にて失神をおこし、その時の CVP は 0 mmH₂O であった。他の 1 例は起立後 5 分で失神し、その時の CVP は測定を行うことができなかった。

2) 傾斜位における中心静脈圧の変動

29 例中 17 例において、起立 10 分後再び臥位にし、さらに 4 分後傾斜位にして CVP をつづけて測定した。まず再臥位による CVP の変動についてのべると、図 3 に示すごとく、再臥位直後には 52 ± 23 mmH₂O に著明に回復、さらに 4 分後には 60 ± 21 mmH₂O となった。起立 10 分後の値と再臥位直後の間に有意の差があったことはいうまでもないが、再臥位 4 分後の値と再臥位直後の間にも有意の差があった。すなわち、起立時に低下した CVP は再臥位により前値近くまで回復したのち、さらにつづけて回復を示した。

傾斜位における CVP は同じく図 3 に示すごとくで、20° で 17 ± 22 mmH₂O、40° で -9 ± 25 mmH₂O、60° で -29 ± 29 mmH₂O、90° で -40 ± 34 mmH₂O とだんだん低い値を示し、90° における値は臥位より

図 3 傾斜位における中心静脈圧の変動

ただちに起立した時の値とはほぼ同じであった。

推計学的検討を行うと、 40° の値は 20° の値より、 60° の値は 40° の値より、いずれも有意の低下を示したが、 60° と 90° の間には有意の差は証明されなかった。

3) デキストラン注入による中心静脈圧の変動

起立による CVP の低下を、起立時に重力の影響により下半身に血液が停滞し、VR が減少するためであると考え、循環血液量を増加させたなら、起立による循環動態の変動を緩和しうるかもしれない。

よって著者は 9 例につき再臥位 4 分後デキストラン 200~300 ml を約 10 分間に点滴静注し、その前後における臥位および起立時における CVP の変動について比較を行なった。

その成績は図 4 に示すごとくで、デキストラン注入前の再臥位 4 分後の CVP は 65 ± 24 mmH₂O、注入後の臥位 CVP は 129 ± 36 mmH₂O で、デキストラン注入により CVP の有意の上昇が認められた。しかし、起立直後の CVP は -1 ± 31 mmH₂O に低下し、デキストラン注入前後における起立直後の CVP の低下度をくらべると、それぞれ 101 ± 37 mmH₂O、 131 ± 33 mmH₂O であり、CVP の低下度は注入前に比し注入後やや増加する傾向を示したが、やはり有意の差は認められなかった。

図 4 Dextran 注入による中心静脈圧の変動

2. 起立時における各種循環諸値の変動

1) 心拍数

心拍数 (以下 HR) は図 5 のごとく、臥位では 67 ± 10 /min、起立直後では 85 ± 12 /min、10 分後では 90 ± 12 /min の値を示し、起立直後著明に増し、10 分後まで増加しつづけるのが観察され、臥位と起立直後の間にも、起立直後と 10 分後の間にも有意の差がみられた。また、その増加率は、臥位の値にくらべ起立直後には平均 28.2%，10 分後には 34.1% であった。

図 5 起立による心拍数の変動

なお、失神した 2 例における起立直後の HR は、1 例は 37.7%，1 例は 52.5% の増加を示し、もっとも著明に増加したグループに属した。

2) 収縮期血圧および脈圧

起立による血圧の変動をみると、BPs は図 6 のごとく、臥位では 116 ± 13 mmHg、起立直後では 109 ± 12 mmHg、10 分後では 108 ± 11 mmHg の値を示し、臥位と起立直後の間に有意の差がみられた。また、その低下率は、起立直後には平均 5.4%，10 分後には 7.2% であった。

脈圧 (以下 PP) については図 7 にみるごとくで、臥位では 46 ± 10 mmHg、起立直後では 34 ± 10 mmHg、10 分後では 32 ± 10 mmHg の値を示し、臥位と起立直後、起立直後と 10 分後の間に有意の差がみられた。また、その減少率は、起立直後には平均 26.4%，10 分後には 29.6% であった。

図 6 起立による収縮期血圧の変動

図 7 起立による脈圧の変動

失神 2 例において失神直後、臥位にして測定した血圧は、1 例では 85/58 mmHg で、起立前の臥位血圧 124/80 mmHg より BP は著明に低下し、PP は狭小化していた。他の 1 例における血圧は 70/60 mmHg で、起立前の臥位血圧 92/60 mmHg よりやはり低下し、PP は著明に狭小化していた。

3) 心係数

起立による CI の変動は図 8 に示すごとくで、個々の例については、増加したもの、減少したものなどい

図 8 起立による心係数の変動

ろいろであったが、平均値は臥位 3.4 ± 1.2 l/min/M²、起立直後 2.9 ± 1.1 l/min/M²、10 分後 2.6 ± 1.0 l/min/M² で、時間とともに減少を示し、起立直後の値は臥位の値より、10 分後の値は直後の値より、いずれも有意の差をもって小さかった。すなわち、起立により減少した CI は、起立をつづけていると、さらに減少を示した。しかし、個々の例についてみると起立直後 6 例、10 分後 4 例 CI の増加をしたものがあった。なお、臥位に対する減少率は、起立直後には平均 13.2%、10 分後には 21.1% であった。

失神をおこした 2 例のうち、1 例における起立直後の CI の変動は -19.4% で、それほど高度でなく、もう 1 例では失神のため測定できなかった。

4) 一回拍出量

図 9 に示すごとく、SV は臥位では 74 ± 24 ml、起立直後では 51 ± 20 ml、10 分後では 44 ± 16 ml であって、臥位から起立直後、起立直後から 10 分後と次第に低下し、それぞれの間に有意の差があった。なお、直後と 10 分後の間では、起立直後に SV がすでに著明に減少した例ではそれ以上あまり減少せず、起立直後の減少がそれほど著明でなかった例ではその後も減少をつづけるのがみられた。

また、その臥位に対する減少率は、起立直後には平均 29.9%、10 分後には 39.1% で、CO における減

図 9 起立による一回拍出量の変動

少率より高度であった。

5) 中心血液量

CBV の算出には MCT を用いるので、まずそれを求めたところ、起立による一定の変動はみられず、起立直後において延長したもの、短縮したもの、ほぼ半々であった。かつ平均値においても、臥位 16.8 ± 3.3 sec, 起立直後 16.9 ± 4.0 sec, 10 分後 16.7 ± 4.6 sec で、ほとんど差がなかった。

MCT と CO より CBV を算出するに、臥位では $1,414 \pm 612$ ml, 起立直後では $1,221 \pm 558$ ml, 10 分後では $1,088 \pm 490$ ml で、次第に減少する傾向がみられ、臥位と起立直後の間に有意の差が証明されたが、直後と 10 分後の間には差がなかった。また、減少率は起立直後 10.3%, 10 分後 18.9% であった。

6) 全末梢抵抗

TPR を算出するためにまず BPm を求めたところ、臥位では 86 ± 12 mmHg, 起立直後では 88 ± 11 mmHg, 10 分後では 87 ± 10 mmHg で、起立による変動はほとんど認められなかった。

起立による TPR の変動は臥位 $1,604 \pm 513$, 起立直後 $1,939 \pm 794$, 10 分後 $1,994 \pm 710$ dynes sec/cm⁵ の値を示し、臥位にくらべ起立直後には有意の上昇がみられたが、直後と 10 分後の間には有意の変動はなかった。その増加率は、起立直後では平均 26.4%, 10 分後では 40.8% であった。

7) T_H

起立時には正常者でも T_H の減高のみられることがある。著者の成績は図 10 のごとくで、臥位では 0.30

図 10 起立による心電図 T_H の変動

± 0.10 mV, 起立直後では 0.19 ± 0.12 mV, 10 分後では 0.12 ± 0.13 mV を示し、臥位と起立直後、起立直後と 10 分後の間に有意の差がみられた。

3. 起立による循環諸値変動の相互関係について

以上のべた臥位、起立直後、10 分後における循環諸値の変動についてのまとめを表 2 に示す。

これらの変動がたがいにかなる関係にあるかをしらべるため、各循環諸値間の相関を求めた。その結果は表 3 に示すごとくで、どの項目もそれぞれ他の若干の

表 2 起立による循環諸値の変動

	臥位 起立直後	起立直後 起立 10 分後
CVP	↓↓↓	↓
HR	↑↑↑	↑↑
BP _s	↓↓↓	→
PP	↓↓↓	↓
BP _m	→	→
CI	↓↓↓	↓
SV	↓↓↓	↓
CBV	↓	→
TPR	↑↑↑	→
MCT	→	→
T_H	↓↓↓	↓↓↓

↑↑↑ : $p < 0.001$

↑↑ : $p < 0.01$

↑ : $p < 0.05$

→ : 有意差なし

表 3 起立による循環諸値変動の相互関係 (単純相関)

		CVP	HR	CI	SV	CBV	TPR	BP _s	PP	T _{II}
		(臥-直後) (臥-10分後)	(臥-直後) (臥-10分後)	(臥-直後) (臥-10分後)	(臥-直後) (臥-10分後)	(臥-直後) (臥-10分後)	(臥-直後) (臥-10分後)	(臥-直後) (臥-10分後)	(臥-直後) (臥-10分後)	(臥-直後) (臥-10分後)
CVP	(臥-直後) (臥-10分後)									
H	(臥-直後) (臥-10分後)	n.s.	n.s.							
R	(臥-直後) (臥-10分後)	n.s.	n.s.							
C	(臥-直後) (臥-10分後)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.					
I	(臥-直後) (臥-10分後)	r=0.432 ***	n.s.	n.s.	n.s.					
S	(臥-直後) (臥-10分後)	r=0.452 **	r=0.423 **	n.s.	n.s.	r=0.876 ***	r=0.709 ***			
V	(臥-直後) (臥-10分後)	r=0.678 ***	n.s.	n.s.	n.s.	r=0.533 **	r=0.876 ***			
CBV	(臥-直後) (臥-10分後)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	r=0.794 ***	r=0.560 **	r=0.770 ***		
TPR	(臥-直後) (臥-10分後)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	r=0.443 **	r=0.834 ***	r=0.539 **	r=0.876 ***	
BP _s	(臥-直後) (臥-10分後)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	r=-0.685 **	n.s.	r=-0.619 **	n.s.	r=-0.647 **
PP	(臥-直後) (臥-10分後)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	r=-0.581 **	r=-0.740 ***	r=-0.652 **	r=-0.679 **	r=-0.760 ***
T _{II}	(臥-直後) (臥-10分後)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	r=-0.478 **	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

*** : $P < 0.001$
 ** : $P < 0.01$
 * : $P < 0.05$
 n.s. : 有意差なし

項目との間に大なり小なりの相関を示した。これは当然のことといつてよからう。

本論文におけるもっとも主要な問題は、起立時における CO の減少が、VR の減少にもとづくものかどうかをたしかめることにあり、VR のかわりとして CVP の測定を行なった。したがって、CO (あるいは CI) と CVP の関係についての分析を中心とする必要がある。

ところが表 3 をみるに、臥位-起立直後の CVP の変動と CI の変動の間、および臥位-起立 10 分後における両者の変動の間には有意の相関はなく、臥位-起立直後の CVP の変動と、臥位-起立 10 分後の CI の変動の間にのみ、有意の相関がみられた。

一方、SV と CVP の関係については、臥位-起立直後の変動に関して、有意の相関があり、また臥位-起立直後の SV の変動と臥位-起立 10 分後の CVP の変動の間に有意の相関があったが、臥位-起立 10 分後の SV の変動と臥位-起立直後の CVP の変動との間には一層著明な相関が見出された。

CVP と CBV の変動の間にも有意の相関がみられたが、CBV の計算には CO が用いられるので当然のことといつてよからう。

また、臥位-起立直後の CVP の変動と臥位-起立

10 分後の TPR の変動の間、および臥位-起立 10 分後の CVP の変動と臥位-起立直後の BP_s の変動の間、および臥位-起立直後の TPR と BP_s の変動の間に、ともに有意の相関があった。

HR と T_{II} はおたがいの間にのみ有意の相関を示した。

以上を総括するに、起立直後における CVP の低下と、起立 10 分後における CI、SV の減少、TPR の増加の間に有意の相関がみられたことは、起立直後における CVP の低下が、10 分後において CI ないし SV の低下をきたすことを示唆しているといえよう。

4. 起立による循環諸値の変動と臨床所見の関係

表 1 に示した臨床所見の有無と起立による循環諸値の変動の関係について分析を行なった。ただし、これらのうち本態性低血圧症と立ちくらみの間には密接な関係があると思われるので、分析に先立ち、一応両者の関係をしらべたが、立ちくらみある群の BP_s の平均値は 118 ± 14 mmHg、なき群では 113 ± 12 mmHg で両群の間にまったく差がなかった。

また、立ちくらみと起立性低血圧症の間にも同様の問題があるのでしらべたところ、起立直後には特別な関係はなかったが、10 分後における BP_s の低下度が

表 4 各種臨床所見と臥位循環諸値の関係

臨床所見 循環諸値	立ちくらみ・失神 (+) (-)		収縮期血圧 110mmHg 110mmHg 未満 以上		起立による血圧低下 10mmHg 10mmHg 以上 未満		心 胸 比 43% 43% 未満 以上		起立心電図 T ₁ 減高 0.2mV 0.2mV 以上 未満	
	(+)	(-)	110mmHg 未満	110mmHg 以上	10mmHg 以上	10mmHg 未満	43% 未満	43% 以上	0.2mV 以上	0.2mV 未満
CVP (mmH ₂ O)	n.s.		n.s.		n.s.		n.s.		69 ± 17	* 84 ± 19
HR (/min)	n.s.		n.s.		n.s.		n.s.		n.s.	
CI (l/min/M ²)	n.s.		n.s.		n.s.		n.s.		n.s.	
SV (ml)	n.s.		n.s.		n.s.		n.s.		n.s.	
TPR (dynes sec/cm ²)	n.s.		n.s.		n.s.		n.s.		n.s.	

* : $p < 0.05$, n.s. : 有意差なし

立ちくらみなき群 12 例では 12 mmHg から -10 mmHg (マイナスはかえって上昇したことを意味する。)の間にあったのに対し、立ちくらみある群 17 例では 12 mmHg を越える血圧降下を示したものが 5 例あった。しかし、両群間に有意の差はなかった。

すなわち、立ちくらみの存在と、低血圧症、起立性低血圧症の間にはそれほど深い関係は見出されなかった。それ故これら 3 項目をそれぞれ独立の症状として分析を行なうこととした。

1) 臥位における循環諸値と臨床所見の関係

まず起立前(臥位)における循環諸値と、これら臨床所見の関係についてしらべるに表 4 に示す成績がえられ、臨床所見の有無と臥位における循環諸値の間にはほとんど関係がないことがわかった。起立により T₁ が著明に減高した群において、臥位における CVP が有意に低いという関係がみられたのみであった。

2) 立ちくらみと起立時循環諸値

立ちくらみの有無と、起立による循環諸値の変動との間の関係につきまずしらべるに、表 5 に示すように、CVP が起立直後でも、10 分後でも有意の低値を

表 5 各種臨床所見と起立時循環諸値変動の関係

臨床所見 循環諸値変動	立ちくらみ・失神 (+) (-)		収縮期血圧 110mmHg 110mmHg 未満 以上		起立による血圧低下 10mmHg 10mmHg 以上 未満		心 胸 比 43% 43% 未満 以上		起立心電図 T ₁ 減高 0.2mV 0.2mV 以上 未満	
	(+)	(-)	110mmHg 未満	110mmHg 以上	10mmHg 以上	10mmHg 未満	43% 未満	43% 以上	0.2mV 以上	0.2mV 未満
CVP (mmH ₂ O)	起立直後の値 $\bar{x}$ $\Delta\%$	-45 ± 31* -19 ± 21 n.s.			n.s.		-44 ± 33* -21 ± 19 n.s.		-45 ± 28** -15 ± 23 n.s.	
	起立 10 分後の値 $\bar{x}$ $\Delta\%$	-33 ± 39* -5 ± 23 n.s.	n.s.		-8 ± 35* -37 ± 23 79.3 * 112.5		χ^2		n.s.	
	起立直後の値 $\bar{x}$ $\Delta\%$						n.s.		n.s.	
HR (/min)	起立 10 分後の値 $\bar{x}$ $\Delta\%$	n.s.	n.s.		n.s.		-38.6* -25.7		-26** -15 -40.2** -22.6	
	起立直後の値 $\bar{x}$ $\Delta\%$						n.s.		n.s.	
	起立 10 分後の値 $\bar{x}$ $\Delta\%$	n.s.	n.s.		n.s.		n.s.		n.s.	
CI (l/min/M ²)	起立直後の値 $\bar{x}$ $\Delta\%$				n.s.		χ^2		n.s.	
	起立 10 分後の値 $\bar{x}$ $\Delta\%$	n.s.	n.s.		n.s.		n.s.		n.s.	
	起立直後の値 $\bar{x}$ $\Delta\%$				n.s.		n.s.		n.s.	
SV (ml)	起立 10 分後の値 $\bar{x}$ $\Delta\%$	n.s.	n.s.		n.s.		n.s.		38 ± 17 * 53 ± 11 n.s.	
	起立直後の値 $\bar{x}$ $\Delta\%$				n.s.		n.s.		46.4 * 27.5 n.s.	
	起立 10 分後の値 $\bar{x}$ $\Delta\%$	n.s.	n.s.		n.s.		n.s.		n.s.	
TPR (dynes sec/cm ²)	起立直後の値 $\bar{x}$ $\Delta\%$				n.s.		n.s.		n.s.	
	起立 10 分後の値 $\bar{x}$ $\Delta\%$	n.s.	n.s.		n.s.		n.s.		n.s.	
	起立直後の値 $\bar{x}$ $\Delta\%$				n.s.		n.s.		n.s.	

数字は $m \pm S.D.$ $\bar{x}$: (臥位 - 起立直後) 又は (臥位 - 起立 10 分後) の差 $\Delta\%$: その変動率** : $p < 0.01$ * : $p < 0.05$ t 検定にて有意 χ^2 : $p < 0.05$ χ^2 検定にて有意

n.s. : 有意差なし

示すのがみられた。

つぎに、起立による CI の変動との間には有意の関係は証明されなかったが、図 11 にみられるように、起立 10 分後における CI の値が 2.5 l/min/M^2 未満のものが、立ちくらみのある群では 13 例中 8 例(61.5%)に対し、なき群では 10 例中 3 例(30.0%)であって、かなりの差があり、もし十分な例数があれば有意差の証明される可能性があった。また、起立直後における TPR が、立ちくらみある群では $1,600 \text{ dynes sec/cm}^5$ 以上のもの 15 例中 12 例、立ちくらみなき群では 11 例中 5 例で、前者において高い傾向がみられた。

図 11 立ちくらみの有無と起立による心係数の変動

3) 血圧と起立時循環諸値

まず低血圧症の有無と、起立による循環諸値の変動との関係についてしらべたが、特別な所見は見出されなかった。

起立性低血圧症の有無については、起立により BPs が 10 mmHg 以上低下した群では、起立 10 分後における CVP の値が、しからざる群に比し有意に高く、かつ臥位における値との差が有意に小さかった。

また、起立 10 分後における SV の減少度が、起立性低血圧症なき群では 10 ml より小さなものが 1 例もなかったのに対し、起立性低血圧症群では 11 例中 4 例が低値を示した。SV の減少率でもほとんど同様の

関係がみられた。

4) 心臓の大きさと起立時循環諸値

心胸比と起立時循環諸値の関係について検討を行なうに、心臓の小さな群では、起立直後の CVP が心臓の正常な群にくらべ、有意の低値を示し、10 分後においても、心小なる群では 17 例中 9 例が $-30 \text{ mm H}_2\text{O}$ 以下の値を示したのに対し、心正常群でこれ以下の値を示したのは 10 例中 1 例にすぎなかった (χ^2 検定にて有意)。

CI との関係についても、起立 10 分後における CI の値が、心小なる群では 16 例中 10 例において 2.5 l/min/M^2 未満であったのに対し、心正常群でかかる値を示したのは 7 例中 1 例のみであった (χ^2 検定にて有意)。

なお、起立直後においても、CI の値が 2.0 l/min/M^2 未満のものが、心小なる群では 17 例中 6 例、心正常群では 9 例中 1 例のみという差があった。

SV については起立直後の減少率 30% 以上のものが、心小なる群では 17 例中 11 例、心正常群では 9 例中 4 例、起立 10 分後のそれは心小なる群 16 例中 12 例、心正常群 7 例中 4 例という差があった。

TPR についても起立直後では $2,100 \text{ dynes sec/cm}^5$ 以上のものが、心小なる群では 17 例中 8 例に対し、心正常群では 9 例中 1 例のみ、起立 10 分後ではそれぞれ 14 例中 7 例、9 例中 2 例で、若干の差があった。

5) 起立時 T_{11} 減高の有無と起立時循環諸値

起立時における T_{11} 減高については、その著明な群で起立直後の CVP が有意の低値を示し、かつ 10 分後における SV の減少が有意に著明であった。

考察

1. 中心静脈圧測定の意義

起立すると血液が下半身に停滞することはすでによく知られた事実であり、Sjöstrand¹⁾ は臥位から起立への体位変換により平均 643 ml の血液、すなわち循環血液量のおよそ 11% が下肢に移行したとのべ、Gauer ら²⁾ も約 500 ml の血液が下肢へ移行することを観察した。

このような血液の下肢停滞が、VR、CO などの変化をもたらすことは十分考えられるところであり、ことに起立時の CO の減少についてはすでに多数の報告がなされている¹⁷⁻¹⁹⁾。しかし、この CO の減少は当然 VR の減少によると考えられるのにかかわらず、

体位変換時の CO と VR の関係についての論文は数えるほどしかない。

Abel ら²⁰⁾は無麻酔イヌの上・下大静脈および大動脈にとりつけた流量計によりそれらの血流量を計測し、臥位より起立させた時には CO は 6.9%, 下大静脈血流量は 3.2%, いずれも増加したのに対し、頭部を 20° 挙上させた時には、CO は 5.8%, 下大静脈血流量は 8.0%, いずれも減少したとのべている。

つぎに臨床例につきこのような研究を行なった論文として、Pentecost ら²¹⁾の報告があげられる。彼らは¹³¹I 人血清アルブミンを使用して下大静脈血流量を、色素希釈法により CO を測定し、臥位より頭部を 15°~50° 挙上させると、下大静脈血流量は 1~2 分後におよそ 20% 減少し、その後はほぼ臥位血流量まで回復するのに対し、CO は傾斜位直後にはほとんど減少せず、15 分後に 10~20% 減少し、両者の間に時間的ずれの存在することを指摘した。

しかし、以上のほかにはこの問題についての臨床的報告は見あたらず、その理由は VR を計測する適当な臨床的方法がないことによると思われる。

そこで著者は VR の変動を間接的に推測しうるパラメータとして CVP をとりあげ、それを用いて分析を行なった。

CVP はいろいろの因子^{9,10)}の影響を受けるが、CVP と VR ないし循環血流量との関係についてこれまでのべられている見解として表 6 に示すものがあげられる。このほかなお、臨床例における心臓手術にさいし下大静脈における圧と血流量の変化をしらべ、両者の間に比例的関係を認めた Levowitz ら²²⁾の研究もある。

表 6 中心静脈圧・静脈還流量・循環血流量の関係

CVP ∝ $\frac{\text{circulating blood volume} \cdot \text{vascular tone}}{\text{heart pump action}}$	(Borow et al.)
CVP ∝ $\frac{\text{rate of VR}}{\text{myocardial competence}}$	(Longerbeam et al.)
$\Delta \text{CVP} = f(\Delta \text{blood volume})$	(Gauer et al.)
CVP ∝ functional pressure of the return venous flow	(Hughes et al.)

CVP : 中心静脈圧, ΔCVP : 中心静脈圧の変化, VR : 静脈還流量

これよりみると、CVP には数多くの因子が影響をおよぼすけれども、著者の対象としたのは器質的心疾患のない症例のみであるから、Landis ら⁹⁾のいう vis a fronte や vis a tergo の要因による VR への影響は少なく、それ故著者の症例においては CVP の変動は VR ないし循環血流量のある程度の指標になると

みて差しつかえないと考えられる。

つぎに、著者の研究においては CVP を上大静脈のみに測定したが、これだけで VR 全体について論じてよいかという問題がある。下大静脈領域では上大静脈領域よりも交感神経支配が優勢であり²³⁾、両領域の間で圧-容積関係が異なる²³⁾という報告があるからである。しかし、Abel ら²⁰⁾の動物実験成績によれば、上大静脈と下大静脈よりの静脈還流量の比率は体位変換によって本質的な変化を生じなかったとされるので、この点につきそうこだわる必要はないと考えた。

2. 臥位および起立時における零点設定に関する問題

CVP の計測は、カテーテルを大静脈に挿入し、右心房に近い個所にその先端をおいて行われる。臥位患者の側面から X 線透視を行ないつつ CVP を測る場合には、カテーテル先端に相当する位置を零点とすればよいが、ふつうは背腹方向透視下にカテーテルを挿入するので、カテーテルの先端が背面からどのくらいの距離にあるかわからない。したがって、カテーテル先端の位置に相当する点を体表側胸壁上にきめ、それを零点として用いることになる。

しかし、この零点の設定は必ずしも容易ではなく、多くの人々によりいろいろの提唱がなされており、背面から 10 cm²⁴⁾、あるいは胸郭前後径の背面より 1/2²⁵⁾ や 2/3²⁵⁾ の個所を零点として用いる人もある。Debrunner ら²⁶⁾は各種の方法を比較検討し、Burri ら^{12,16)}および Courmand ら²⁷⁾の方法がもっとも正確であるとした。Burri らの方法では背面から胸郭前後径の 3/5 の点が零点として用いられ、その正常値は 10~3 (平均 4.7±1.0) cmH₂O とされる。また、Courmand らの方法では前胸面の Louis 角から背面へ向って垂直に 6.6 cm の点が用いられる。

しかし、Burri らによると、前胸面あるいは背面から一定距離にある点を零点として用いる Courmand らの方法は、胸壁の厚さによってかなりの誤差を生ずるという。それ故著者は本研究において、Burri らの方法の通りに、背面より胸郭前後径の 3/5 の点を用いることにした。

さらに問題になるのは、体位変換時における CVP の測定である。臥位において零点とされた個所を起立時においても零点として用いるなら、CVP の値は当然かわってしまうからである。したがって、体位変換

前後における CVP を比較するにはどうしたらよいかということについて検討する必要がある。

Guyton¹³⁾によれば、正常人の右心房圧は起立時においておよそ 0 mmHg であるとされる。したがって、上記の点を零点として起立時の CVP を測る時には、カテーテル先端と右心房開口部の間の静水圧だけ低い圧がえられることになる。

著者が零点として用いた点（カテーテル先端）は大静脈右心房開口部よりおよそ 1 肋間上方（頭側）に位置するので、起立したさいには両者の距離、すなわち 20~30 mm に相当する静水圧だけ低い値がえられる。

3. 起立による中心静脈圧の変動について

著者の症例では、CVP は起立直後平均 109 mmH₂O の降下を示し、 -35 ± 30 mmH₂O の値となった。

著者のごとき零点のとり方では、前節でのべたように起立時の CVP は臥位にくらべ静水圧のぶんだけ低い値を示す。しかし、その差は 20~30 mmH₂O にすぎない。したがって、起立により 109 mmH₂O も降下するという事は、単に姿勢の変換のみによるのではなく、その他の因子の影響が当然加わっている。かかる因子としてもっとも重要なものが VR の減少であることは容易に推定されるところである。

起立直後よりあとにおける CVP の変化については、4 分後には有意の上昇を示したが、4 分後と 10 分後の間には有意の差がなかった。起立時における CVP の時間的経過をしらべたこのようなデータはまだほとんど報告されていない。

著者は体位変換にあたって受動的な方法を用いたが、能動的な体位変換の場合との差が問題となる。Greenfield¹⁴⁾によると、静脈還流に供されるエネルギーは、臥位では主として心収縮により与えられ、起立位では頭部、頸部、軀幹からの静脈還流は心収縮により与えられるが、四肢における静脈還流は筋のポンプ作用によるとされる。

この点からみると能動的起立時には、受動的起立時にくらべ、VR に影響をおよぼす因子の変化がより複雑である可能性があり、多数の症例において、それを一様にするとはむずかしいと考えられる。よって本研究においては受動的体位変換法を用いることにした。

4. 傾斜位における中心静脈圧の変動について

図 3 に示すごとく、傾斜度を増すにしたがって CVP

の低下は高度となった。このような観察を行なった研究は、まだ報告されていないようであって、Weissler¹⁵⁾が臥位と 60° の傾斜位の比較を行なっている程度にすぎず、それによれば CVP の低下がみられたという。

著者の観察において傾斜を次第に増して行き、90° になった時の CVP の値は、臥位から直ちに起立させた時の CVP と同じであった。このことは、傾斜位における CVP の低下もおそらく VR の減少によることを示唆する。

なお、Page¹⁶⁾は臥位の CVP と、頭部を 60° 舉上したあと臥位にもどした時の CVP をくらべ、後者が高かったとのべ、傾斜によって変化した CVP が臥位にしたあとに残るのだと説明しているが、傾斜位で CVP を測定したわけではなく、単なる臆測にとどまる。

5. 起立時におけるその他の循環諸値の変動について

起立による HR, BPs, PP, BPm, CI, SV, CBV, TPR, MCT, T₁ の変化は表 2 のごとくであり、BPm と MCT 以外はすべて有意の変動を示した。これらのうち HR の増加、BPs ならびに PP の低下、T₁ の減高などは、他の多くの報告におけるのとほとんど同様であった。

CO ないし CI については、正常人が臥位から起立した時の CI の減少率を、Bickelmann¹⁷⁾は最大 25% であるとし、伊藤¹⁸⁾は 12~30% (平均 22%) であったとのべている。したがって、正常人における減少率は 30% 以下であるとみなされる。

著者の症例では、起立直後の減少率は平均 13.2%、10 分後の減少率は平均 21.1% で、Bickelmann¹⁷⁾らや伊藤¹⁸⁾らの示した値とほぼ同じ範囲にあったが、個々の症例については、図 8 にみるごとく、起立直後には CI の増加を示したものが 6 例、一方 30% 以上の減少率を示したものが 9 例あった。10 分後においても、増加 4 例、30% 以上の減少 11 例があった。著者の対象が必ずしも正常例のみでないことが、おそらく関係していると思われ、あとでその考察を加えることにする。

起立による SV の減少については、Wang¹⁹⁾は平均 41% の数字をあげ、CO の減少より著明であったとしている。

著者の成績でも、起立直後における SV 減少率は

29.9%, 10 分後では 39.1% で, CI の減少率より高かった。これは, 起立時における HR の増加が, CI の減少を一部代償することによると考えられる。

CBV については, Wang ら³¹⁾は平均 20%, Warren ら³²⁾は 17~28%, Sjöstrand³³⁾は肺血液量で 27%, 心腔内血液量で 26% の減少が起立により生じたとのべており, 上田ら³⁴⁾は起立後の身体各所の血液量は, 頭部, 肺, 心臓ではそれぞれ, 平均 3%, 25%, 26% 減少し, 反対に腹部, 大腿部ではそれぞれ平均 6%, 56% 増加したと報告している。

著者の成績では起立直後平均 10.3%, 10 分後平均 18.9% の減少を示し, 上記と同じ程度の変動であった。

正常人が起立した時, TPR の増加することはすでにいろいろの人々によりのべられており^{18,34)}, 著者の成績でも, 起立直後では 26.4%, 10 分後では 40.8% の増加を示した。この増加が, 起立時における交感神経緊張により説明されることはいうまでもない。

6. 起立時における循環諸値の変動の出現機序について

起立時には上記のごとく循環諸値の変化がおこるが, この変化がいかなるメカニズムによって生ずるかを検討するため, 各循環諸値間の相互関係についてしらべたのが表 3 である。

この表においてもっとも注目されるのは, すでにのべたように, 起立直後の CVP の低下度と CI の減少度の間, および起立 10 分後における両者の変動の間には有意の相関がなかったのに, 起立直後の CVP の低下度と起立 10 分後の CI や CBV の減少度との間に有意の相関のみられたことである。

すなわち, 起立直後の CVP の低下と緊密な関係を有するのは 10 分後の CI の減少であり, 両者の間に時間的なずれがあった。Pentecost ら³⁵⁾が, 起立後まず大静脈血流量の減少がおこり, ついで CO の減少が認められたと報告しているのは, 著者の観察とほぼ同義的な所見であるといつてよからう。

この時間的ずれの説明として考えられるのは, 起立により VR が減少すれば, 当然 CO の減少をきたすが, 肺内その他に reservoir として存在する血液によって補われるので^{2,22)}, 起立直後における CVP と CO の変動には必ずしも有意の相関がないとすることである。しかし, 10 分後には, 肺内の血液 reservoir も減少をきたし, CO の減少を補いえなくなるので, CVP と CO の間に相関がみられるようになるのだと

考えられる。Lagerlöf ら³⁶⁾によれば, 頭部を 60° 挙げた直後には左室拍出量より右室拍出量が小さいとのものであり, VR 減少の影響が左心系におよぶには若干の時間が必要なのであろう。

したがって, この時間のずれは, 起立による CO の減少が VR の減少にもとづくことを支持する。かつこのさいには CBV も当然減少していなければならないが, 著者のデータにおいても, 起立直後の CVP の低下度と 10 分後の CBV の減少度との間に有意の相関があった。また, 起立直後の CVP の低下度と 10 分後の TPR の増大度との間に相関にみられる時間的ずれも同様にして説明されよう。

著者の成績では CBV と CI, CBV と SV の間に, 起立直後にも, 起立 10 分後にも有意の正の相関がみられた。ところが同様の研究を行なった上田ら³³⁾は, 起立 10~20 分後における肺血液量と SV および CI との間に有意の逆相関がみられたとのべている。すでにのべたように CBV が左心系へ移動し, CO の減少を補っていることからみると, 上記のごとき逆相関を説明しえないでもないが, かかる CBV の移動は起立直後はおこるが, まもなく CBV は減少し, CO を補いえなくなるのであるから, 10~20 分後にも逆相関があったということは理解しがたい。

表 3 において, 10 分後における CVP の低下度と直後における BP の低下度との間に有意の逆相関のみられたのは意外であった。BP の変化が先で, それにより CVP が低下したと考えなければならないからである。

今この現象を具体的にのべると, BP の低下の著明な時は, CVP の低下は軽く, BP の低下の軽い時の方が CVP の低下が著明であるということになる。血圧低下は venoconstriction を招くとされるので³⁶⁾, 血圧が著明に低下した時には, このメカニズムが働き, CVP の低下度を軽減しようとするけれども, 血圧の低下が著明でない時には, このメカニズムがあまり働かず, CVP の低下はそのままなのではないかと考えられる。

すでにのべたように, CI および SV は起立により減少するのが多くの人々により示された成績であるが, 著者の症例のなかには起立直後かえって増加を示したものが 6 例, 10 分後に増加したものが 4 例あった。

このように起立により CI ないし SV の増加する例は, Wang ら¹⁹⁾, Bevegård ら³⁷⁾の症例中にもみら

れるところであるが、この現象の説明を行なうことは必ずしも容易でない。先に起立直後には肺内の血液 reservoir が CO の減少を補うのだとしたが、この肺から左心への代償的移行が若干の症例で大きすぎることが、起立直後にかえって CO の増大をきたすのかもしれない。

また、表 3 において起立直後の TPR の減少度と BP の低下度の間に正の相関がみられた。いいかえれば TPR の増大度と BP の低下度の間に逆相関があった。このことは、起立による TPR の増大が十分でない時には BP の低下が著明なことを示すのだと考えられる。

7. 起立時における循環血液量変動の影響について

起立時の CVP あるいは CI の低下については、起立により血液が下半身に停滞し、循環血液量の減少をきたすことが、その原因となっている可能性もある。

Murray ら³⁰⁾は、下半身に陰圧をかけ、血液を下半身に集める方法 (LBNP 法, negative pressure to the lower body) により循環血液量を減少させた時の循環動態をしらべ、まず CVP が低下し、ついで CO が減少、そのあとで逆に CVP の上昇、CBV と CO の増加がみられたとのべている。

したがって、起立時の CVP ないし CO の変化を論ずるには、循環血液量をもしらべる必要があるが、その測定には 2~3 分を要し、起立時には循環動態が刻々変動することを考えると、その測定値にどのくらいの意味をつけてよいかわからない。それ故著者は循環血液量そのものの測定を行わず、デキストラン注入により循環血液量を増加させた後における起立試験につき検討を加えた。

起立による CVP の低下が、もし循環血液量の減少によるならば、デキストラン注入後の起立試験ではその低下が多少とも不著明になることが予想される。ところが期待に反して、図 4 にみられるように、臥位の CVP はデキストラン注入後に上昇したけれども、起立による低下度はデキストラン注入後も注入前と同様であって、注入前後における有意の差はみられなかった。

デキストランやプラズマネートなどの膠質剤注入により CVP の上昇することはすでに Burri ら¹⁰⁾や福田³¹⁾により観察されているところであるが、起立位における CVP につき測定を行なった報告はまだないと

思われる。

ただし著者の研究において、デキストラン注入量が少なかったために予期された成績がえられなかった可能性はある。Sjöstrand¹¹⁾や Gauer ら²¹⁾によれば、起立時下肢に貯留する血液量はおよそ 500~643 ml とされるからである。したがって、この問題については、さらに若干の実験を追加する必要がある。

8. 起立時循環動態の変動と臨床所見との関連性

起立時にみられる症状ないし所見として一般にみられるのは、立ちくらみ、血圧低下、T_{II} の減高等である。また、Master¹⁰⁾によると、心臓の小さなものでは失神、立ちくらみなどが多いとされる (いわゆる small heart syndrome)。

そこで、これらの所見の有無と起立時における循環諸値の変動との関係をしらべたのが、表 5 である。

まず立ちくらみ、さらに失神をおこした例については、伊藤ら¹⁹⁾や Weissler ら⁴¹⁾は高度の CO 減少がみられたと報告しているが、著者の症例のうちこれらの症状を有する群では、有しない群に比し、CVP についてのみ、起立直後でも、10 分後でも、前者が有意の低値を示すのがみられた。ただし低下度については両群の間に有意の差がなかった。

一方、CI および SV の減少度は、立ちくらみ・失神を有する群と有しない群の間に有意の差は証明されなかったが、すでにのべたように、立ちくらみある群では CI の低値を示す例が多いことよりみて、やはり起立による CVP の低下 (いいかえれば VR の減少) が CI の減少を招き、立ちくらみを生ずると解釈するのが妥当であろう。

なお、立ちくらみある群では、起立直後における TPR が、しからざる群に比し高い傾向を示した。このことについては後で考察を加えることにする。

起立性低血圧症については、Chokroverty ら⁴²⁾は頭部挙上 (15~45°) にて CO が 35~42% 減少したとのべ、Bickelmann ら¹⁹⁾は起立時 50% におよぶ CO 減少率がみられたとしている。なお、彼らによると正常者における減少率は前述のごとく最大 25% である。

これに対し著者の成績では起立性低血圧のあるものとなないもの間に、起立直後には循環諸値について有意の差はみられず、10 分後において血圧低下著明な群における CVP が、しからざる群に比し、有意の差をもって高いのがみられた。かつ 10 分後における SV も前者において大きい傾向を示した。

この関係は、起立による血圧低下の著明な群では、いわば自動制御機構が強くはたらき、10分後にはしからざる群に比し、臥位の状態により近く回復することを示唆する。この制御機構としてはすでにのべた venoconstriction がはたらくのであろう³⁶⁾。

心臓の大きさについては、CTRの小さな群において、起立するとCVP, CI, SV, CBVが低下し、TPRの増大する傾向がみられた。このような差のあることを観察した論文はほとんどなく、small heart syndrome という言葉の提唱者である Master⁴⁰⁾が、心臓の小さな人では、坐位または起立における静脈還流や心拍出量の減少がみられると推測しているにとどまる。著者のデータはこれを実証したものであるといえる。

起立により T_{II} の減高を示した群では、しからざる群に比し、起立直後におけるCVPの低下、10分後におけるSVの減少とHRの増加につき、有意の差がみられた。

T_{II} 減高の出現機序はまだ明らかにされていないが、まず考えられるのはCIないしSVの減少による冠不全の発生である。しかし、著者のデータでは、 T_{II} の減高は起立直後から観察されたのに対し、 T_{II} 減高とSVの間に有意の関係がみられたのは起立10分後であるから、SVの減少が T_{II} 減高の原因であると、簡単に結論をくだすことはできない。また、冠不全の徴候は一般的にいて ST 低下であって、 T 減高ではない。

したがって、 T_{II} 減高は、むしろ起立そのものによっておこる現象であり（たとえば自律神経の関与）、起立により一方ではVRの減少、したがってCVPの低下がおこるとともに、他方 T_{II} の減高が生ずると考えるのが穏当であろう。

9. 失神例の分析

著者の症例中、失神をおこしたものが2例あった。この失神が脳血流量の減少によることは容易に推測されるところであって、すでに上田ら⁴³⁾により起立時には脳血流量の減少すること、ことに失神時にはその高度の減少のめられたことが報告されており、また Mc Henry ら⁴⁴⁾は頭部を30°挙上させ失神をおこした時の脳血流量が臥位に比し有意に低かったとのべている。

しかし、失神するほどの脳血流量減少が起立時にいかにしておこるのかについては、まだ十分な検討がなされていない。

この点につき若干の考察を行なうに、著者の失神を呈した2例はともに起立直後に著明なHR増加(29/分, 31/分)を示し、1例は起立後6分、1例は5分にて失神した。失神を生じた瞬間ないし直前のHRや血圧を測定することはできなかったが、再臥位直後にしらべた血圧は、それぞれ85/58 mmHg, 70/60 mmHg という著明な低血圧を示した。HRについては十分な測定を行ないえなかったが、触診ではともに徐脈を呈していた。

起立による失神につき、その直前ないしその瞬間の循環動態をしらべるには、CVP その他の連続記録を必要とするため、まだ十分なデータを報告した人はいない。ただ Epstein ら⁴⁵⁾は頭部80°挙上または前記 LBNP 法により正常人に失神を誘発させたさいの循環動態をしらべた結果では、失神直前には前腕の血管抵抗、BPmの低下、HRの減少、静脈壁緊張亢進が認められたが、CVPや前腕の血流量にはほとんど変化がみられなかったとのべている。

彼らの説明によると、有効循環血流量の減少による心室容積の減少と、起立による交感神経の緊張亢進により心室壁の張力が増加し、これから減圧反射のおこることが、失神をおこすメカニズムであるという。また、Weissler ら⁴¹⁾は、頭部を60°挙上した位置にて失神をおこした例においてTPRの減少がめられたとのべ、かかるさいにはCOが増加して代償するのがふつうであるが、起立時にはCOの十分な増加がおこらないことが、失神をきたす理由だとしている。

著者の失神2例では失神直前のTPRが測定されなかったので、Weissler らの説の適否を直接判断することはできないが、2例とも急激な血圧低下を呈し、かつ起立時には著明な心拍数増加を生じたにもかかわらず、失神中には徐脈を呈していたので、TPRの減少が血圧低下を招き、徐脈と相まって失神をおこすにいたったことが十分考えられる。ただし、このさいの心拍数減少がおこったメカニズムはわからない。あるいは減圧反射とともに迷走神経反射がおこって徐脈をおこしたのかもしれない。

なお、著者のデータからみると、立ちくらみ群では Weissler らの説とは反対にTPRは起立時にむしろ高値を示した。このことは血圧低下を代償するメカニズムがより強くはたらいっていることによると考えられる。これらの患者が立ちくらみをおこす時には、おそらくこの代償機構としてのTPRの増大がおこらず、その結果著明な血圧低下を招来するのだという推測も

成り立つであろう。

結論

立ちくらみその他、起立時に生ずる症状の本態をさぐるため、器質的心疾患のない 29 例を対象として、起立時における循環動態の変化をしらべ、つぎの成績をえた。

1) 中心静脈圧は起立直後有意の低下を示し、4 分後、10 分後と回復傾向が認められた。

2) 再臥位により中心静脈圧はほぼ前値に回復、さらにその 4 分後には再臥位直後より有意の高値を示した。

3) 傾斜位における中心静脈圧は、傾斜度を増すにつれて低下したが、その変化は臥位より 20° にかわる時もっとも著明であった。

4) デキストラン注入前後における起立による中心静脈圧の変動には有意の差はみられなかった。このことは、起立時における中心静脈圧の低下が循環血液量減少によるものではないことを示唆する。

5) 起立により心係数および一回拍出量は減少を示し、起立直後の値は臥位の値より、起立 10 分後の値は直後の値よりいずれも有意に小さかった。

6) 起立直後の中心静脈圧の低下度と起立 10 分後の心係数の減少度の間に有意の相関がみられた。中心静脈圧の変動を静脈還流量の指標とみなすなら、この時間的ずれは、起立により静脈還流量の減少することが、心拍出量の減少をきたすことを示唆する。

7) 起立による中心静脈圧の低下度と一回拍出量の減少度の間には、起立直後にも有意の相関があったが前者の直後の低下度と後者の 10 分後の減少度の相関の方がはるかに高く、前項における記述と同義的な関係がみられた。

8) 起立により心拍数と全末梢抵抗は有意の増大を、収縮期血圧、脈圧、中心血液量は有意の減少を示した。

9) 起立直後の中心静脈圧の低下度と 10 分後の全末梢抵抗の増大度の間にも有意の相関があり、このことも 6)、7) における同様の関係により説明される。

10) 起立直後の全末梢抵抗の増大度と収縮期血圧の低下度の間に有意の逆相関があった。このことは、起立時の心拍出量減少の代償機序として全末梢抵抗の増大がおこるとき、この増大が十分でないと血圧が著明に低下することを示す。

11) 起立直後の収縮期血圧の低下度と 10 分後の中心静脈圧の低下度の間に有意の逆相関があった。このことは、動脈血圧低下により招来される静脈収縮が、中心静脈圧の低下を軽減しようとしてはたらくことを示唆する。

12) 立ちくらみ、低血圧、起立性低血圧、心臓の大きさ、起立時 T_{II} 減高の臨床所見と臥位循環諸値の間には特別な関係は見出されなかった。

13) 立ちくらみを有する症例では、起立後の中心静脈圧が有意に低く、かつ 10 分後の心係数が小さい傾向を示した。

14) 起立性低血圧症例では起立 10 分後の中心静脈圧の低下度が有意に小さく、一回拍出量が大きい傾向を示した。おそらく自動制御機構ははたらくことによると解される。

15) 心胸比の小さな症例では、起立後の中心静脈圧が低く、心係数が小さく、全末梢抵抗は高い傾向を示した。

16) 起立時 T_{II} 減高を示す症例では、臥位および起立直後の中心静脈圧が有意の低値を示し、かつ起立 10 分後の一回拍出量が有意の減少を示した。したがって、起立直後における T_{II} 減高を、拍出量減少にもとづく冠不全によって説明するのは困難であり、その減高は起立そのものによっておこる現象であると解される。

17) 起立時の失神については、上記各種の代償機構がうまくはたらかないことが、失神をおこす原因だと考えられる。

文献

- 1) Sjöstrand, T. : The regulation of the blood distribution in man. *Acta Physiol. Scand.*, **26**, 312, 1952.
- 2) Gauer, O.H., and Thron, H.L. : Postural changes in the circulation. "Circulation in handbook of physiology" (Hamilton, W.F., and Dow, P. ed.). p. 2409, American Physiological Society, Washington, D.C., 1963.
- 3) Pentecost, B.L., Irving, D.W., and Shillingford, J.P. : The effects of posture on the blood flow in the inferior vena cava. *Clin. Sci.*, **24**, 149, 1963.
- 4) Gauer, O.H., Henry, J.P., and Sieker, H.O. : Changes in central venous pressure after moderate hemorrhage and transfusion in man. *Circ. Res.*, **6**, 79, 1956.
- 5) Northfield, T.C., and Smith, T. : Central venous pressure in clinical management of acute gastrointestinal bleeding. *Lancet*, **7673**, 584, 1970.
- 6) Wilson, J.N., Grow, J.B., Demong, C.V., Prevedel, A.E., and Owens, J. C. : Central venous

- pressure in optimal blood volume maintenance. Arch. Surg., **85**, 563, 1962.
- 7) Borow, M., Aquilizan, L., Krausz, A., and Stefanides, A. : The use of central venous pressure as an accurate guide for body fluid replacement. Surg. Gynecol. Obstet., **121**, 545, 1965.
 - 8) Weil, M.H., Shubin, H., and Rosoff, L. : Fluid repletion in circulatory shock. Central venous pressure and other practical guides. J.A.M.A., **182**, 668, 1965.
 - 9) Landis, E.M., and Hortenstine, J.C. : Functional significance of venous blood pressure. Physiol. Rev., **30**, 1, 1950.
 - 10) Ryan, G.M., and Howland, W.S. : An evaluation of central venous pressure monitoring. Anesth. Analg., **45**, 754, 1966.
 - 11) Longerbeam, J.K., Vannix, R., Wagner, W., and Joergenson, E. : Central venous pressure monitoring. A useful guide to fluid therapy during shock and other forms of cardiovascular stress. Am. J. Surg., **110**, 220, 1965.
 - 12) Hughes, R.E., and Magovern, G.J. : The relationship between right atrial pressure and blood volume. Arch. Surg., **78**, 238, 1959.
 - 13) Burri, C., Müller, W., Kuner, E., und Allgöwer, M. : Methodik der Venendruckmessung. Schweiz. Med. Wochenschr., **96**, 624, 1966.
 - 14) Winsor, T., and Burch, G.E. : Use of the phlebomanometer. Normal venous pressure values and a study of certain clinical aspects of venous hypertension in man. Am. Heart J., **31**, 387, 1946.
 - 15) Guyton, A.C. : Effect of right atrial pressure on venous return-The normal venous return curve. The systemic circulation II-Regulation of blood flow by the arterioles ; special functions of the venous system ; regulation of capillary pressure. "Circulatory physiology : cardiac output and its regulation", p. 177, p. 365, W.B. Saunders Co., Philadelphia, 1963.
 - 16) Burri, C., und Allgöwer, M. : Klinische Erfahrungen mit der Messung des zentralen Venendrucks. Schweiz. Med. Wochenschr., **97**, 1414, 1967.
 - 17) Wang, Y., Marshall, R.J., and Shepherd, J.T. : The effect of changes in posture and of graded exercise on stroke volume in man. J. Clin. Invest., **39**, 1051, 1960.
 - 18) Bickelmann, A.G., Lippschutz, E.J., and Brunjes, C.F. : Hemodynamics of idiopathic orthostatic hypotension. Am. J. Med., **30**, 26, 1961.
 - 19) 伊藤巖, 安田寿一, 杉浦昌也, 高畠豊, 飯尾正宏, 鶴沼直雄, 石田徹, 小出直, 山田英夫, 上田英雄 : 神経循環無力症 (NCA) における循環動態—とくに体位変換時の心送血量変動について—. 内科, **7**, 525, 1963.
 - 20) Abel, F.L., and Waldhausen, J.A. : Influence of posture and passive tilting on venous return and cardiac output. Am. J. Physiol., **215**, 1058, 1968.
 - 21) Levowitz, B.S., Kernan, M., and Monsees, R. : Central venous pressure during total cardiac bypass. Surg. Forum, **8**, 402, 1957.
 - 22) 堀原一 : 静脈瘤来. 呼吸と循環, **20**, 644, 1972.
 - 23) 西丸和義 : 体液循環の研究. 広島医学, **16**, 765, 1963.
 - 24) Lyons, R.H., Kennedy, J.A., and Burwell, C.S. : The measurement of venous pressure by the direct method. Am. Heart J., **16**, 675, 1938.
 - 25) Saegesser, M. : Die Bedeutung des zentralen venösen Blutdrucks in der Chirurgie. Schweiz. Med. Wochenschr., **95**, 974, 1965.
 - 26) Debrunner, F., and Bühler, F. : Normal central venous pressure. Significance of reference point and normal range. Br. Med. J., **19**, 148, 1969.
 - 27) Cournand, A., Riley, R.L., Bradley, S.E., Breed, E.S., Noble, R.P., Lauson, H.D., Gregersen, M.I., and Richards, D.W. : Studies of the circulation in clinical shock. Surgery, **13**, 964, 1943.
 - 28) Greenfield, A.D.M. : The venous system. "Cardiology" (Luisada, A.A. ed.), p. 2-174, McGraw-Hill Book Co. New York, 1959.
 - 29) Weissler, A.M., Leonard, J.J., and Warren, J. V. : Effects of posture and atropine on the cardiac output. J. Clin. Invest., **38**, 1656, 1957.
 - 30) Page, E.B., Hickam, J.B., Sieker, H.O., McIntosh, H.D., and Pryor, W.W. : Reflex venomotor activity in normal persons and in patients with postural hypotension. Circulation, **11**, 262, 1955.
 - 31) Wang, Y., Blomqvist, C., Rowell, L.B., and Taylor, H.L. : Central blood volume during upright exercise in normal subjects. Fed. Proc., **21**, 124, 1962.
 - 32) Warren, J.V., and Weissler, A.M. : Central blood volume as a factor in the regulation of the circulation. Circulation, **18**, 793, 1958.
 - 33) Ueda, H., Koide, T., Ito, I., Yamada, H., Matsuyama, K., and Iizuka, M. : Postural changes in blood distribution and its relation to the change in cardiac output. Jap. Heart J., **5**, 115, 1964.
 - 34) Shepherd, J.T. : Role of the veins in the circulation. Circulation, **33**, 484, 1966.
 - 35) Lagerlöf, H., Eliasch, H., Werkö, L., and Berglund, E. : Orthostatic changes of the pulmonary and peripheral circulation in man. Scand. J. Clin. Lab. Invest., **3**, 85, 1951.
 - 36) Henry, J.P., and Meehan, J.P. : The low pressure system, orthostasis, and the return of blood to the central reservoir. "The circulation", p. 92, Year Book Medical Publishers, Chicago, 1971.
 - 37) Bevegård, S., Holmgren, A., and Jonsson, B. : The effects of body position on the circulation at rest and during exercise, with special reference to the influence on the stroke volume. Acta Physiol. Scand., **49**, 279, 1960.
 - 38) Murray, R.H., Thompson, L.J., Bowers, J. A., and Albright, C.D. : Hemodynamic effects of graded hypovolemia and vasodepressor syncope induced by lower body negative pressure. Am. Heart J., **76**, 799, 1968.
 - 39) 福田俊郎 : 麻酔中における中心静脈圧の検討. 麻酔, **18**, 34, 1969.

- 40) Master, A.M. : Neurocirculatory asthenia due to small heart. *Med. Clin. North Am.*, **28**, 577, 1944.
- 41) Weissler, A.M., Warren, J.V., Esters, E.H., McIntosh, H.D., and Leonald, J.J. : Vasodepressor syncope. Factors influencing cardiac output. *Circulation*, **15**, 875, 1957.
- 42) Chokroverty, S., Barron, K.D., Katz, F.H., Del Greco, F., and Sharp, J.T. : The syndrome of primary orthostatic hypotension. *Brain*, **92**, 743, 1969.
- 43) 上田英雄, 狭野脩一, 小出直, 権平達二郎 : 起立および失神時の脳循環動態—RI 体外希釈法による研究—. *呼吸と循環*, **17**, 243, 1969.
- 44) McHenry, L.C., and Fazekas, J.F. : Cerebral hemodynamics of syncope. *Am. J. Med. Sci.*, **241**, 173, 1961.
- 45) Epstein, S.E., Stampfer, M., and Beiser, G.D. : Role of the capacitance and resistance vessels in vasovagal syncope. *Circulation*, **37**, 524, 1968.

(受付: 1975 年 6 月 21 日)