

실혈시의 혈압강하와 복부장기 혈액유통의 관계

—속에 관한 실험적 연구—

—Alterations in Blood-flow of Visceral Organs following Hemorrhagic Hypotension

서울대학교 의과대학 생리학교실

趙 章 濟 · 申 東 薰

緒 論

失血이 있을 때에一次的으로 血壓이 降低하나 이때에 血液流通量의 分布를 보면 部位나 器官에 따라서 큰 差異가 있다. 中樞神經이나 心臟等 가장 生體機能을 直接的으로 左右하는 器官에 對하여는 血流를 줄이지 않고 皮膚나 筋系統은勿論이고 腹部臟器에 對한 血液流通은 激減하는 것이다.

腹部臟器에 있는 血管은 단지 血液의 通路구실만 하는 것이 아니고 血液貯藏場所로도 큰意義를 가지고 있다.^{9, 15)} 失血時의 血流力學變化와 失血로 因한 속(shock)發現機轉研究에 있어 腹部血液流通의 動態는 큰比重을 차지한다³⁾.

失血로 因한 이른바 非可逆的 속(irreversible shock)發現의 正確한 直接原因에 關하여는 區區한 學說이 있어 Werle 등¹⁰⁾의 表現을 빌리면 “輸血에 依하여도 恢復되지 않는 속”이라稱할 程度로 莫然한 狀態에 있으나 實驗動物에서 死後剖檢結果로 나타나는 것은 腹部臟器의 浮腫, 出血等이어서^{7, 18, 19, 20)}이 領域의 血液循環에甚大한 變化가 있었음을 짐작케 한다.

失血時에 腹部臟器血管의 抵抗과 血壓 및 血液流通量에 不均衡이 있고 臟器機能의 低下가 결들어¹⁷⁾ 이와 같은 病的變化를 結果할 것이다.

失血에 對한 身體反應에는 出血直後에 나타나는 早期反應과 持續된 低酸素症으로 因한 遲滯反應을 들 수 있다. 前者는 動脈系에 있는 難度感受體(baroceptor)에서始發하는 反射이어서 交感神經系와 副腎髓質의 活動에 依存한다.^{11, 15)} 後者는 貧血腎臟, 副腎皮質 및 腦下垂體가 關與하는 内分泌系統과 骨髓에서의 造血機能 및

局所에서 生產되는 代謝產物에 關係되는 일이라 하겠다.

早期反應 즉 交感神經系와 副腎髓質機能亢進으로 腹部臟器에 대한 血液灌流量은 줄어드는데^{1, 8, 14, 17)} 이때에 前毛細管括約筋(precapillary sphinctor)의 緊張이 높아진다.¹²⁾ 그러나 腹部臟器中에서도 다같은 反應을 보이는 것은 아니고 血流抵抗을 計算하면 腎臟에 있어서는 他臟器와는 달라 어느程度의 失血까지는抵抗增加가甚하지 않아¹³⁾ 腎臟에서의 自動調節能(autoregulation)의 片貌를 보이고 있다.

이 實驗에서는 失血로 因한 動脈血壓의 變動과 이에並行하여 일어나는 腹部內臟의 血液流通量 變化를 보기 위하여 段階的으로 採血하였다. 이에 따르는 血壓降下와 아울러 内臟血流의 減少를 確認한 후 採血하였던 것을 다시 段階的으로 輸血하여 正常血液量을 되찾는 方向으로 하였다.

輸血時에 일어나는 血壓과 腹部內臟血液流通量을 다시測定하여 採血과 輸血의 두 反對方向의 操作이 반드시 可逆的인 過程을 跟아 再現되는 가의 與否를 보려고 하였다. 失血期間中에 그 刺戟으로 말미암아 어떠한 機能的 變化를 誘發시켰고 그 條件下에 生體恒常性(homeostasis)이 維持되는 方向으로 展開되어 가고 있다면 血液量을 補充한다고 하여 失血時에 일어났던 現象이 即時로 復舊하자는 論을 것이다. 輸血이란 操作은單純한 是正이 아니라 오히려 세로운 刺戟의 負荷일 수도 있겠다.

輸血로 말미암아 血壓이나 血液流通量의 恢復이 만일에 이루어지지 않고 非可逆的現象을 나타내는 것이 있다면 그것들은 可逆的으로 復舊되는 例에서와 어떠한 差異點이 있는가를 보아 失血로 因한 非可逆의 속發現機轉究明에 도움을 주려는 것이 實驗目的이다.

腹腔은 同質的(homogenous)인 單一區間(compart-

* 이 연구에 쓰인 경비의 일부는 1970년도 문교부 학술연구조성비로써 충당되었다.

ment)이 아니고 그속에各種形態와 機能을 가진 臟器들이 있어 各其血流樣相도同一한 것은 아닐 것이다. 그러나 程度의 差는 있을지언정^{1, 17)} 失血에 對한 反應에 共通된 點이 있고 또 흔히 心臟이나 骨骼系統或是 腦等의 血液流通과 區別하여 腹部內臟全體의 血流量을 云謂하는 일이 많으므로 이 實驗에서는 各器官의 區別은 없이 總體의in 腹部臟器血液流通變化를 보았다.

實驗方法

血液流通量測定: 腹部臟器의 血液循環은 特히 人工的인 抵抗이 加해지는 境遇에 血液流通이 阻害되고 그中에서도 큰 部分을 차지하고 있는 肝循環은 그것이 低壓系에¹⁸⁾ 屬하는 까닭으로 카뉼(canule)등을 腹부로 插入하여서는 體內의 血流量을 제대로 測定하기 힘들며 또 色素排泄等은 臟器機能에 依存하는 度가 크므로 貧血時等 臟器機能에 支障이 있을 憂慮가 있으면 充實한 測定法이라 하기 어렵다.

될 수 있으면 臟器血流에 機械的인 障碍를 加하지 않고 또 總體의in 腹部臟器의 全貌를 알 수 있는 方法이 바람직하다. 腹腔內에는 體液이라는 電導體가 充滿되어 있고 各臟器가 제각기 形態上或은 機能上으로 區分(compartment)을 形成하고 있으나 電氣傳導라는 面에서는 同質의in 容積電導體(volume conductor)라 볼 수 있는 것이다. 그 空間內에 心臟搏動에 따라서 流入하는 血液量에 差가 있을 것임으로 이는 곧 電氣電導度의 變化를 나타난다. 이때에 나타날 交流에 對한 電氣抵抗 變化를 描記한 것이 rheogram이다. 心臟週期와 並行하는 電氣抵抗의 變化는 些少한 것이어서 測定裝置에 使用한 電子器具의 發達로 비로소 可能하게 되었다.¹⁶⁾

電極의 하나는 길이 1.5cm와 넓이 1cm²인 鉛板을 가제로 쌌고 生理的食鹽水로 적신 것을 肝臟에 接해두고 小型電極 1個는 腹腔에 가깝게 大腿部의 皮下에 埋沒하여 이를 接地하였다. 이로써 呼吸運動으로 因한 胸部運動의 影響이 腹部의 電氣傳導度測定에 直接影響을 미치는 것을 最少限度로 줄이었다.

電氣傳導度測定에는 Narco(E&M)會社製의 Rheograph를 사용했으며 이를 다시 Narco의 Physiograph에 連結하여 描記하였다.

이와같은 測定裝置로 電極의 位置를 固定하기만 하면 記錄上의 變動은 血液流通量의 變化를 나타나겠끔하였으며 測定이 끝난 後에는 다시 그의 位置를 點檢하여 電極이 제자리에 있음을 確認하였다. 電極의 位置를 바꾸더라도 그의 振幅에 變化가 있을뿐 그자리에서 또 移動해가지 않는限 實驗期間中에 일어나는 相對의in 크기

는 서로 比較가 可能한 것이다.

血壓測定에는 Narco會社製 pressure-transducer를 使用하여 이를 physiograph에 連結하였다. Transducer에 달린 管의 規格이 반드시 토끼의 몸크기에 適合하다고는 할 수 없어 血壓曲線에서 正確히 알 수 있는 것은 다만 平均血壓뿐이라 하겠다.

動物과 失血: 成熟한 토끼로 體重 2kg 内外의 것 20마리를 使用하였다. Nembutal 30mg/kg 을 종류수에 탄 것을 耳靜脈으로 注射하였다.

血壓測定裝置에 달린 管에 때때로 heparine 첨가 生理的食鹽水를 通하는 일 以外에 血液凝固防止劑를 動物體內에 注射하지는 않았다. 그 까닭은 動物에서 非可逆의 쇠(shock) 때에 흔히 腹腔內出血을 일으키는 일이 있기 때문이다.^{18, 20)}

初回에 20ml를 採血하였다. 採血은 頸動脈에 血壓測定用으로 插入한 카뉼의 다른 部分에 連結된 管의 途中에 있는 3方向 cock을 들려서 스텐드에 걸어둔 採血瓶에 徐徐히 올라오게 하였다. 5ml의 採血에 約 3분을 要하였다.

初回採血이 있은 뒤 곧 血壓과 rheogram을 記錄測定하였고 그들 값이 2分後면 安定值에 到達하였음으로 採血이나 或은 輸血操作이 있은 뒤 적어도 2分이 經過한 후의 값들을 採擇하였다.

初回에 계속하여 다음 採血부터는 大體의으로 5ml씩 追加해 갔으며 少數의例外에서는 10ml를 採血한 것도 있었다. 每回 採血의 間隔은 적어도 10분은 두었다.

血壓이나 血液流動量變化가 顯著하여지면 採血을 멈추고 다시 10분이 經過한 後에 輸血하였다. 前記한 採血瓶에 壓力を 加하여 徐徐히 約 5分걸려 10ml를 輸血하였다. 輸血直後에도 一過的인 變動이 血壓曲線이나 rheogram에 나타나는 것이었으나 2~3分後에는 安定하게 되었음으로 이때의 값을 읽었다. 輸血은 每回에 10ml씩 累加總量은 20~40ml에 이르렀다. 어느것에 서나 그 動物自體에서 採血하였던 것을 다시 輸血간 關係로 採血總量보다 輸血總量이 더 많은일은 있을 수 없었다.

計測方法: 血壓은 慣例대로 미리 標準壓力을 加하여 0, 100, 및 200mmHg가 記錄紙上에 나타나게하여 4mm Hg가 1mm의 높이로 나타나겠끔 標準화하였다.

Rheogram에는 波形과 波高를 아울러 考慮하여야 하나 이 實驗에서는 波高로 血液流通을 표시하였다. 記錄裝置의 感度는 0.05ohm의 變化에 對하여 5mm의 偏位가 있게끔하는 것이 常例이었으나 形便에 따라서 任意感度를 採擇한 것도 있었다. 어느 境遇이나 失血 혹은 輸血

Table 1. The Influence of Graded Bleeding and Retransfusion of Blood upon Blood Pressure and Rheogram of Abdominal Cavity in Rabbits. Blood Pressure (BP) and Rheogram (RG) were also presented as fractions versus their control values. (*: RG was eliminated from calculation of the mean value)

No. 6666	Sex	Body wt. (kg)	Parameters	Hemorrhage(ml)							Transfusion(ml)				Reco- very
				0	20	25	30	35	40	45	10	20	30	40	
1	M	2.0	BP mmHg	132	81		37				70	92			0
			fraction	1.00	0.61		0.28				0.53	0.70			
2	M	2.2	BP mmHg	96	58	60					96	99			0
			fraction	1.00	0.60	0.62					1.00	1.03			
3	M	1.8	BP mmHg	130	101		84	57	34		56	82	115		0
			fraction	1.00	0.78		0.65	0.44	0.26		0.43	0.63	0.88		
4	M	1.9	BP mmHg	97		66	52	57			81	97			0
			fraction	1.00		0.68	0.54	0.59			0.83	1.00			
5*	M	2.1	BP mmHg	97		67		44	44	31		95	104	116	X
			fraction	1.00		0.69		0.45	0.45	0.32		0.98	1.07	1.20	X
6	M	1.9	BP mmHg	100	52		30				81	100			X
			fraction	1.00	0.52		0.30				0.81	1.00			
7	F	1.9	BP mmHg	130	105		84				108	124	130		X
			fraction	1.00	0.81		0.65				0.83	0.95	1.00		
8	M	1.8	BP mmHg	130	92	102		50			105	108	130		X
			fraction	1.00	0.71	0.79		0.38			0.81	0.83	1.00		
9	F	2.0	BP mmHg	128	92		64	57	45		96	106	115		X
			fraction	1.00	0.72		0.50	0.45	0.35		0.75	0.83	0.90		
10	M	1.9	BP mmHg	100	80		47				76	96			0
			fraction	1.00	0.80		0.47				0.76	0.96			
			RG mm	6	1		0				6	7			0
			fraction	1.00	0.17		0				1.00	1.17			

—趙璋濟·外: 실현시의 혈압강하와 복부장기 혈액유통의 관계—

No. 6666	Sex	Body wt. (kg)	Parameters	Hemorrhage(ml)						Transfusion(ml)				Reco- very	
				0	20	25	30	35	40	10	20	30	40		
11	M	2.0	BP mmHg	116	110		110		75	38	76	116		0	
			fraction	1.00	0.95		0.95		0.65	0.33	0.66	1.00			
			RG mm	18	16		17		15	6	7	25			
			fraction	1.00	0.89		0.94		0.83	0.33	0.39	1.39			
12	M	1.7	BP mmHg	103	52		47				94	125		X	
			fraction	1.00	0.50		0.46				0.91	1.21			
			RG mm	21	3		2				3	4			
			fraction	1.00	0.14		0.10				0.14	0.19			
13	M	1.7	BP mmHg	125	85						102	110		0	
			fraction	1.00	0.68						0.82	0.88			
			RG mm	27	6						12	16			
			fraction	1.00	0.22						0.44	0.59			
14	F	2.2	BP mmHg	100	85		75		45		63	73	86	0	
			fraction	1.00	0.85		0.75		0.45		0.63	0.73	0.86		
			RG mm	13	12		7		8		7	11	15		
			fraction	1.00	0.92		0.54		0.61		0.54	0.85	1.15		
15	F	2.0	BP mmHg	100	54		35				69	90		0	
			fraction	1.00	0.54		0.35				0.69	0.90			
			RG mm	11	11		8				10	12			
			fraction	1.00	1.00		0.73				0.91	1.09			
16	F	1.8	BP mmHg	98	75	38	35	34			40	52	70	90	0
			fraction	1.00	0.76	0.39	0.36	0.35			0.41	0.53	0.71	0.92	
			RG mm	16	12	10	8	3			5	8	10	12	
			fraction	1.00	0.75	0.63	0.50	0.25			0.42	0.67	0.63	1.00	
17	M	2.0	BP mmHg	90	70	63					84	95			X
			fraction	1.00	0.78	0.70					0.93	1.06			
			RG mm	20	5	3					2	3			
			fraction	1.00	0.25	0.15					0.10	0.15			
18*	F	2.0	BP mmHg	110	76	70	56	42	42	30	70	95	110	115	0
			fraction	1.00	0.69	0.64	0.51	0.38	0.38	0.27	0.64	0.86	1.00	1.05	
			RG mm	17	25	23	25	20	17	10	7	11	13	12	
			fraction	1.00	1.47	1.35	1.47	1.18	1.00	0.59	0.41	0.65	0.76	0.71	
19	F	2.1	BP mmHg	115	83	56	42	32			68	86			0
			fraction	1.00	0.72	0.49	0.37	0.28			0.59	0.75			
			RG mm	18	18	13	10	5			6	12			
			fraction	1.00	1.00	0.72	0.56	0.28			0.33	0.67			
20	M	1.9	BP mmHg	90	78	60					80	95			X
			fraction	1.00	0.87	0.67					0.89	1.05			
			RG mm	19	18	7					10	5			
			fraction	1.00	0.95	0.37					0.53	0.26			
Mean (fraction)				BP	1.00	0.72	0.63	0.51	0.42	0.42		0.73	0.89	0.93	10.6
				RG	1.00	0.57	0.35	0.40	0.24	0.47					

實驗成績

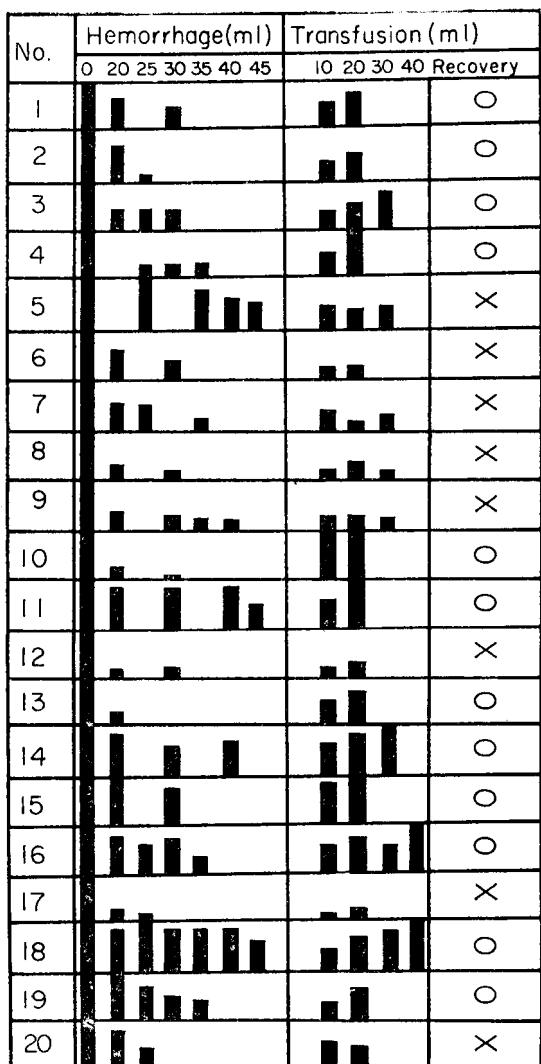


Fig. 1. The Influence of Graded Bleeding and Retransfusion of Blood upon the Blood Flow of the Splanchnic Area.

The height of the bar is the relative magnitude of the flow. The full height represents the same or greater flow than the control value value (O Hemorrhage).

前後の波高を比較하는 것이 있음으로 實驗條件은同一하다고 보아야 한다. 血壓과 血流量의 크기 표시에는 記錄紙에 나타난 크기를 對照値에 對한 分率로 나타내었다. 即 分率(fraction)이라 함은 어느 때의 測定値를 그 動物의 血出血前 對照値로 나눈 比率을 뜻하는 것이다.

失血前과 失血後 및 再輸血後의 血壓과 rheogram의 振幅으로 表示된 血流量의 變化를 第1表와 第1圖에서 볼 수 있다.

即 初回에는 20ml를 採血하였고 이에 後續하는 採血量은 每回 5ml씩이었고 少數의 例에서는 10ml씩으로 하여 한번씩 增加되었다. 血壓이 下降된 程度를 그의 分率 即 採血前値와의 比率로 보면 20ml의 失血로 分率平均이 0.72, 25ml의 失血로 0.63 또 30ml의 失血에서는 0.51, 35ml의 失血은 0.42이었고 40ml까지 失血한 少數의 例에서도 分率 0.42를 보이었다. 모든 境遇에 同一量씩 段階의 으로 採血한 것은 아니어서 平均을 亂例數에는 差異가 있었을 지라도 上記한 平均値의 變遷은 失血과 平均血壓의 關係를 잘 나타낸다고 볼 수 있어 第2圖A에 圖示하였다.

血液流通量을 가르키는 것으로 보이는 電氣傳導度의 變化 即 rheogram의 振幅을 보면 20ml의 失血에서 平均 0.57의 分率을, 25ml의 失血에서는 大幅줄어 0.35를 보이고 있으나 後續하는 失血로 數字上의 增加를 보이고 있다. 即 30ml의 失血로 平均 0.40의 分率을 또 35ml失血에서 0.24의 分率을 보이면 것이 40ml의 大量失血에서는 一見 增加한 것 같아 보이는 0.47의 分率를 나타내고 있다. 이는 失血이 進行됨에 따라 腹部臟器의 血液流通量이 增加하는 것은 決코 아님 失血을 거듭함에 따라 臟器의 血流量이 激減하면 그 以上의 採血은 試圖하지 않고 rheogram이 그대로 殘存하는 것에서만 繼續 採血을 더하였던 關係로 30ml보다 더 많은 失血을 한 것은 rheogram이 끈적지게 나타나는 動物들이다. 그의 代表적인 例가 第5番 動物과 第18番 動物이며 이들의 rheogram 振幅은 平均計算에 넣지 않았다.

採血하였던 自家血液을 다시 輸血하면 第2圖 B에서와 같이 血壓은 다시 올라 10ml의 輸血에서는 血壓의 分率平均이 0.73을 나타내었고 輸血을 10ml 씩 2회에 걸쳐 都合 輸血量이 20ml에 이르면 血壓分率은 0.89를 나타내어 低血壓의 境地를 벗어 났다고 하겠다. 다시 輸血量이 30ml에 이르면 血壓分率은 0.93을 나타내었고 40ml의 輸血에서는 平均血壓이 採血前의 對照値를 上廻하는 故로 分率은 1.06을 나타내었다. 이와같이 輸血로 말미암아 血壓의 恢復이 迅速하게 이루어지고 또 심지어는 失血前値보다 큰 值을 나타내는 것은 失血刺戟으로 身體內에서 血壓를 높게 維持하는 機構가 動員된 까닭으로 믿어진다.

初回採血부터 시작하여 2時間餘에 걸친 觀察期間中

Table 2. Blood pressure and Blood Flow in the Irreversible Cases. Value is the ratio Vs. the control value obtained before bleeding.

Exp. No	Blood Pressure Ratio			Blood Flow Ratio		Bleeding Amount (ml)	Transfused Amount (ml)
	Initial Bleeding	Final Bleeding	After Transfusion	Initial Bleeding	Final Bleeding		
5	0.69	0.32	1.20	1.15	0.45	45	40
6	0.52	0.30	1.00	0.58	0.23	30	20
7	0.71	0.38	1.00	0.55	0.18	35	30
8	0.81	0.65	1.00	0.23	0.08	30	30
9	0.72	0.35	0.90	0.26	0.11	40	30
12	0.50	0.46	1.21	0.14	0.10	30	20
17	0.78	0.70	1.06	0.25	0.15	25	20
20	0.87	0.67	1.05	0.95	0.37	25	20
Mean	0.70	0.48	1.05	0.42	0.21	33	26

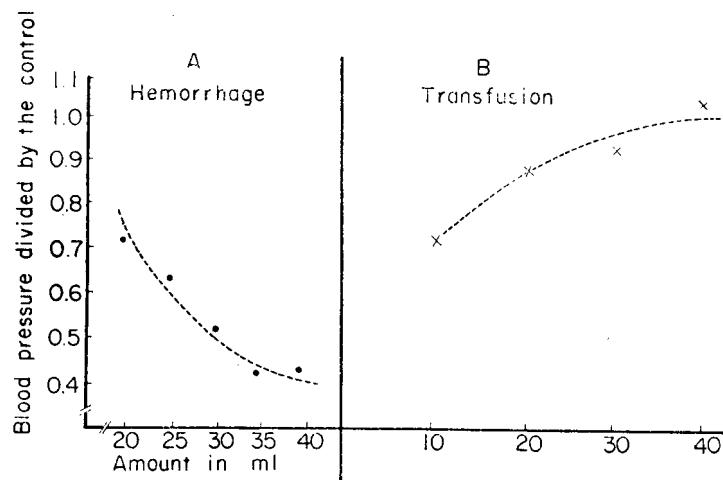


Fig. 2. Blood pressure alteration by hemorrhage and retransfusion.
Alteration were expressed as fractions of the control mean pressure obtained before bleeding.

血壓의 變動은 體內血液量과 密接한 關係를 維持하면서 變動하는 것 있으나 rheogram에 나타난 腹部臟器의 血液流動量의 變遷은 全然 다른 모습을 나타내었다.

第1表와 第1圖의 輸血後 rheogram(RG) 分率을 보면 歸復되어 가는 것이 12例이고 진연 回復過程에 들어 가지 못하는 것이 8例 있었다. 血壓을 보면 적어도 觀察期間中에例外없이 上昇하는 것이 있으나 血液流動量은 이와 直接的인 關聯이 없는 것으로 나타나 있다. 8例即 全體例數의 40%에서는 輸血로 血壓은 回復하지 腸器血流은 回復하지 못하는 結果를 보이고 있다. 이는 失血過程에서 腸器血流에 關한限 非可逆의인 變化가 일어났다고 볼 수 밖에 없는 것이다.

第2表에 輸血하여도 血液流動量이 歸復하지 않는 8

例에서의 여러가지 測定值를 한데 合여 表示하였다. 이 들과는 다른 12例의 回復例에서와 反應모습에 다른 特徵이 있는가를 찾아보기 為해서였다. 初回失血 即 20ml의 採血로 血壓이 急降下하여 特히 銳敏한 反應을 나타냈는가의 與否를 보기 위하여 이 8例에 局限하여 平均値를 내면 20ml의 失血로 血壓分率이 0.70을 보이어 全體 20마리의 平均値인 0.72와 別로 다를바 없었다.

最終採血을 하고 난 후의 血壓分率도 0.48로서 別로 낮은 値을 보인 것은 아니었다. 初回失血로 因한 腹部臟器血液流動量의 감소가 非可逆인 8例에서 더甚한 것 같은 印象을 주나 個體差가 너무 커서 一律的으로 말하

기는 困難하다. 採血을 멈추고 난 後의 血流量 減少가 非可逆群에서 더하였다고 볼 수는 없겠다. 第2番 및 第10番動物에서는 最終採血後에 血液流動이 一段 막히었다고 보이었음에도 不拘하고 輸血로 回復하여가는 모습을 나타내었다.

失血量에 差異가 있는 것도 아니었다. 즉 腹部臟器血液流通이 回復하지 못한 8例에서도 平均 33ml의 失血로 他例들과 量的인 差가 있었다고 할 수 없다.

한가지 差異를 보이는 傾向으로는 輸血後의 血壓上界이었다. 20ml의 輸血이 끝났을 때의 血壓分率을 보면 輸血로 腸器血流가 回復된 12例의 平均値는 0.83인데 比하여 血流가 回復되지 않았던 8例에서의 平均値는 0.99로 큰 差異를 보이었다. ($p < 0.005$) 換言하면 血壓

上昇이 빨랐던 群에서는 腹部臟器의 血液流通回復이 이 뿐이지 못하였던 것이다. 이는 血壓을 急上昇시켰던 機構가 腹部臟器의 血液流通을 阻止하였음을 보이고 있다. 第3圖에 두群에서 20ml輸血後의 血壓反應을 나타내었다. A는 臓器流通이 회복되었던 群이고 B는 回復

을 보지못한 群이다. B群에서 血壓이 오히려 더 높게 나타나 있음은 注目할만 하다.

第4圖와 第5圖에 記錄例를 나타내었다. 第4圖에서 보는 바는 臓器血液流動이 회복되어 rheogram이 失血前과 恰似하게 나타난 例(實驗番號 第3番)이고 第5圖는 輸血에도 不拘하고 臓器血流가 회복되지 못한 例(實驗番號 第17番)이다. 두例에서 血壓이 上昇하였음에도 不拘하고 脈壓이 제대로 나타나지 않는 理由는 血壓記錄裝置의 탓이지 別로 意味있는 것은 아니다.

考 察

失血이 있을 때에는 腹部臟器에 對한 血液流通은 줄어 심장이나 뇌와는 대조적인 위치에 있다.⁶⁾ 따라서 腹部臟器에서 各器管의 區別 없이 總括的으로 腹部臟器全體의 血流量增減을 論할 수 있다면 失血과 같은 危急時에 血液의 再配當(redistribution)을 보는데에 便利한 方法일 것이다.

이에는 적어도 두 條件을 充足시켜야 한다. 즉 測定值가 腹部全體臟器의 血流量을 代表할 수 있을것과 測定方法이 血流自體를 阻害함이 없어야 한다는 점이다. 臓器나 一定領域의 血流量을 測定하는데에 Abel 등¹⁾은 electromagnetic flowmeter를 썼고 Bloom 등²⁾은 ultrasonic flowmeter를 또 Ginsbury¹⁰⁾등은 internal calorimetry로 實驗하였다. 著者は 血流自體는 거친 阻害하지 않는 方法으로 rheography를 適用하였으나 그것이 果然 總體의 腹部臟器의 血流量變化를 가르키는 가를 檢討하겠다. 몇 가지의豫備實驗에서 腹腔內의 여러 臓器에 同時に 個別의 電極을 놓았을 때에 언제나 周

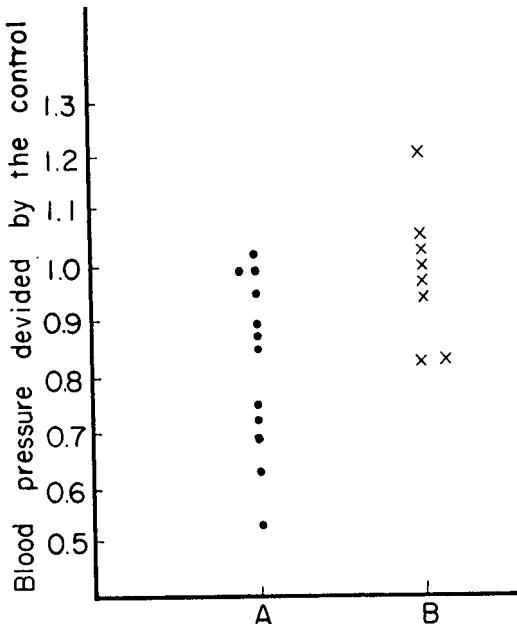


Fig. 3. Recovery in Blood-pressure following transfusion of Blood, 20ml.

A: Visceral blood-flow was restored by transfusion. 12 cases.

B: Visceral blood-flow was not restored regardless the sharp rise in blood pressure. 8 cases.

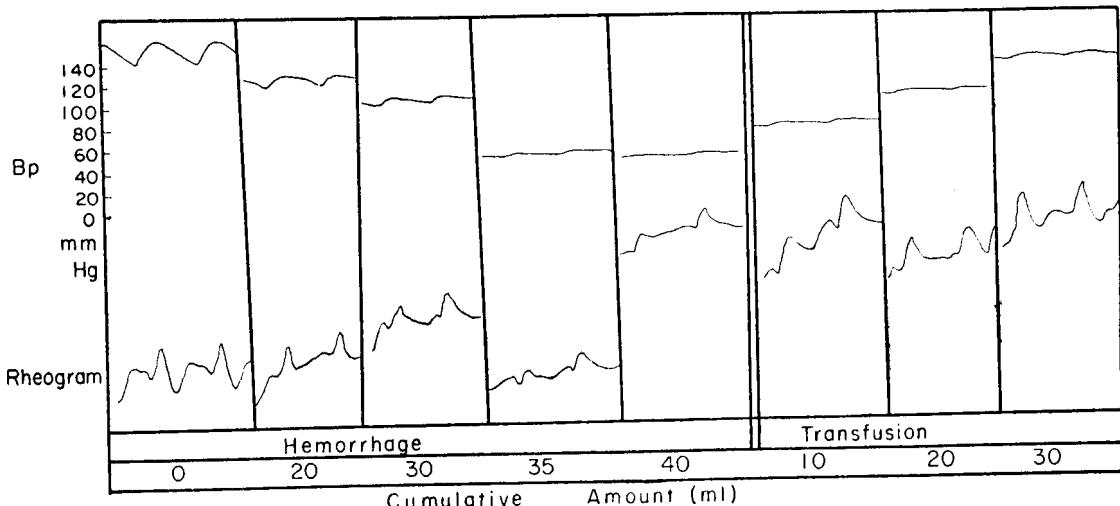


Fig. 4. Effects of Hemorrhage and Retransfusion of Blood upon the Blood Flow in the Splanchnic Area. Blood flow was restored by transfusion. (Exp. No. 3)

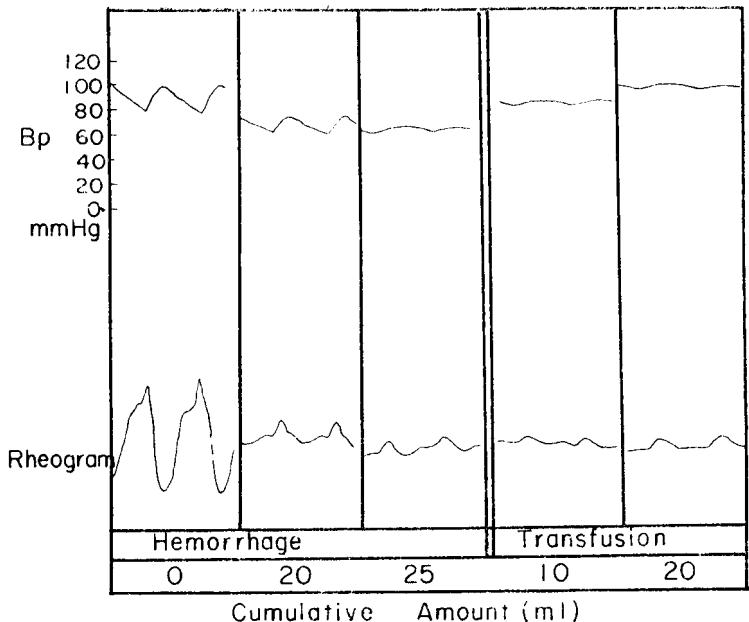


Fig. 5. Effects of Hemorrhage and Retransfusion of Blood upon the Blood Flow in the Splanchnic Area. Blood flow remained at low level after transfusion. (Exp. No. 17)

期가一致하는變動을 보았으며 波形의 相(phase)이 달라 서로相殺하는 일은 없었다. 또 polzer 등¹⁶⁾은 이미 rheograph를 使用하여 심지어 體表로부터도 어느 臟器의 血流量를 觀察할 수 있고 Brown¹⁷⁾은 血流變動으로 因한 容積變化를 細心하게 測定하였다. 이 實驗에서 波形의 分析에 까지는 이르지 못하였으나 rheogram 上의 振幅의 크기로 血流量의 相對的變化를 觀察한 것은妥當한 일이라 보겠다.

失血할 境遇에는 循環血液量減少로 一次的으로 血壓이 急降한다. 그러나 곧 腹部臟器에 가는 血管低抗은 커져서 血液의 再配當이 일어나는 同時に 急激한 血壓降下를 막는 反應이 나타난다. 그러한 結果로 失血量과 血壓降下의 程度는 多樣한 關係를 가져¹⁸⁾ 이 實驗에서도 個體差가 많음을 보이았다. 局所의 血管低抗을 크게 하는 要因은 複雜하며 Haddy¹⁹⁾ 등이 指摘한 바와 같이 壁이 薄은 血管 즉 毛細血管이나 小靜脈등에서 管內外壓力傾斜(transmural pressure gradient)가 줄어드는 것, 脾臟으로 부터의 血球動員²⁰⁾으로 血液粘性이 커지는것 또 vasopressin 등 血管收縮物質의 增加도 있겠으나 무엇보다도 動脈系의 壓力感受體(baroreceptor)로 부터의 反射로 因하여 血管이 能動으로 收縮하는 것이 가장 重要的 일이다. 즉 交感神經系의 緊張度增加와 epinephrine 및 norepinephrine의 分泌增加가 가장 뚜렷한 役副을 한다.

이와같은 反應으로 말미암아 過度한 血壓低下를 防止

하고 血液貯藏場所로서의 內臟血管은 收縮하여 腦와 心臟으로 가는 血液流通量을 補償하는 것이나 腹部內臟도 또한 血液供給을 받아 機能을 营爲하여야 하는 器管이다. 그러므로 長時間의 貧血에도 正常機能을 유지할 수는 없어 代謝產物의 蓄積으로²¹⁾ 血管이 擴張되어 低抗은 다시 줄어들 것이다. 그뿐 아니라 血管外로 부터 體液이 血管內로 移動하는 까닭으로 血液粘性이 줄어들고 交感神經一副腎系統의 機能도 低下하여²²⁾ 末梢低抗이增加한 狀態를 오래 維持할 수 없다. 그리하여 腹部臟器는 다시 低抗을 줄여 血液供給을 받을 수 있는 狀態로 還元하더라도 低血壓으로 말미암아 心臟, 腦等을 包含하여 全身機能이 非可逆的으로 破綻에 이른다고 한다.^{23), 24)}

이와같이 腹部臟器로 가는 血管低抗을 左右하는 要因은 雜多한 것인어서 實驗條件에 따라서 또 個體에 따라서 나타나는 反應이 一定하지는 않 을 것이다. 이 實驗에서도 失血時に 腹部臟器의 血液流通量이 줄어든 것은 나타나 있으나 그 程度와 樣式은 다같은 것은 아니었다. 이러한 點은 輸血하였을 때에 더욱 뚜렷하게 나타났다. 즉 輸血로 말미암아 血壓은 上昇하였고 그 狀態를 적어도 實驗期間中에는 維持하였다.

失血量과 輸血量을 감안할 때에 血壓上昇度는 急激하다고 할 수 있었다. Baue²⁵⁾ 등도 该實驗에서 採血量의 55%만의 量을 輸血하면 血壓은 採血前值로 回復하였다고 한다. 그러나 減少하였던 血液流通은 回復을 보지 못하였고 Jacob²⁶⁾ 등도 輸血로 肝血流를 一時的으로 增加시키는데 不過하였다고 한다. 이 實驗에서는 20例中 그의 40%에 해당하는 8例에서 血液流通의 回復을 보지 못하였다. 이때에 一時的일련지는 물라도 血壓은 全例에서 回復되었고 血壓上昇은 血流回復群에 比하여 더 빨랐다. 採血量보다 적은 量을 輸血하였음에도 不拘하고 血壓은 失血前值을 上廻하였다.

이는 腹部臟器와 其他部位의 血管에서 그때까지도 血管收縮作用이 優勢하였다는 것을 말할 것이고 따라서 血流量이 恢復하지 않는 것이 理解된다.前述한 바와 같이 腹部臟器로 가는 血管의 長時間收縮狀態는 非可逆的 속의 原인이 된다면 當分間은 高은 血壓을 維持하드라

도 旱晚間에 속에 빠져 非可逆的 過程에 移行할 要因을
내包하고 있다.

以上과 같이 失血狀態로 있는 動物에 輸血을 하였을
때에 血壓과 血液流通에 나타나는 反應이 分離되는 것이
非可逆의 속에 移行하는 過程이라고 보면 이 實驗에서
是 間接的方法을 體表面으로 부터 適用한 方途를 考察하
여 失血로 인한 非可逆의 속을豫見할 수도 있을 것이다.

總括 및 結論

失血이 있을 때에 血壓降下와 腹部臟器血流量變化를
보기 위하여 20마리의 토끼에서 처음에는 20ml를 또
그 다음 부터는 5ml 或은 10ml 씩 段階의 으로 採血하였
다. 血流量變化는 腹腔에 넣은 板電極과 大腿部에 埋
沒한 電極사이의 電氣電導度變化를 나타내는 rheogram
의 破高를 比較함으로서 이루어졌다.

失血量이 增加함에 따라서 血壓과 腹部臟器 血液流通
量은 처음에는 急速하게 또 나중에는 徐徐히 내려갔으
나 血流量變化는 보다 多樣하여 反應이 늦게 나타나는
것도 있었다. 採血하였던 血液을 다시 輸血하면 血壓上
昇은 迅速하게 오나 血流은 恢復되는 것이 있는 反面에
非可逆의 으로 低值에 머무는 例도 相當數있어 失血期間
中에 體內에 일어났던 生體恒常性維持反應이 劇一의
아님을 示唆하였다.

얻은 結論은 다음과 같다. 즉

1. 20ml의 失血 즉 體重의 1%에 該當하는 失血에서
血壓은 採血前值의 72%까지 내려갔고, 25ml의 失血에
서는 血壓이 63%, 30ml失血로 51%, 35ml失血로 42%
까지 내려갔다. 輸血을 하면 10ml에서 血壓이 73%까
지 또 20ml에서 89%, 30ml에서 93%까지 回復되었으
나 40ml의 輸血例에서는 採血前值을 上廻하여 輸血前
에 이미 體內에서 异壓反應이 優勢함을 보여주었다.

2. 腹部臟器血流에 對한 反應을 보면 失血 20ml에서
採血前值의 57%를 보이었고 이에 계속하는 失血에서는
45ml失血까지 평균 24%로부터 47%사이로 變動하였다.
輸血에 對한 血流反應은 2群으로 나눌 수 있었다. 한群
은 血流量이 恢復되는 것이어서 12例 즉 全體數의 60%
이었고 다른 群은 恢復하지 못하는 8例 즉 40%를 차지
하는 群이었다. 즉 이들은 失血로 因한 非可逆의 血流變
化를 보였었다.

3. 非可逆의 血流變化群에서 採血量이나 失血時 反應
様相이 恢復群과 크게 다를 것이 없었으나 輸血時에 血
壓이 恢復群에 比하여 더 올라 갔다. 이는 輸血로도 腹
部나 其他 臟器血管의 收縮狀態가 是正되지 않는 것을
示唆하여 非可逆의 속에의 移行을豫想케 하였다.

4. 輸血時에도 腹部臟器血液流通이 恢復되지 않는 것
이 失血性 非可逆性 속 發現機轉에 關係된다면 生體에서
未然에 이 狀態를豫見할 수 있는 可能性이 檢討되었다.

끝으로 이 연구를 위하여 고개 도와준 업용의 신명해
두조교의 노고를 감사한다.

AUTHORS' ABSTRACT

Alterations in Blood-flow of Visceral Organs following Hemorrhagic Hypotension

By Cho, Jang Zae and Shin, Dong Hoon

Dept. of Physiology College of Medicine,
Seoul National University

On 22 rabbits stepwise bleedings were performed in
order to elucidate the relationships among the bleeding
amount, hypotension and the deterioration of the blood
flow in the splanchnic area. Initial bleeding amount
was 20ml and the following bleeding was mostly 5ml
each time. In a few cases larger amount, 10 ml was
drawn.

Visceral blood flow change was detected by the
alteration in the electrical conductivity, that was
rheographically, between two electrodes. One electrode
was placed on the liver surface and the other, which
was grounded, was buried beneath the skin of the
thigh.

As the bleeding amount increased the mean arterial
pressure and the visceral blood flow decreased, rapidly
at first and slowly later on. The changes in the visceral
flow manifested more varieties.

When the shed blood was retransfused the blood
pressure rose promptly. However, there were two
different patterns in the response of visceral blood
flow, showing the complete restoration on the one hand
and the irrecoverable sluggishness on the other hand.
These multiple patterns suggest the heterogeneity of
the response in maintaining the homeostasis in the
acute hemorrhage.

The results obtained were as follows:

1. By bleeding of 20ml, that was approximately 1%
of the body weight, the mean arterial blood
pressure dropped down to 72% of the control
value obtained before the bleeding. And successive
bleedings brought the figures; by bleeding of

25ml the pressure was 63%, by 30ml pressure dropped to 51%, then followed by 42% when 35 ml of blood was shed. By the retransfusion of 10 ml of the shed blood the blood pressure recovered to 73%, and successive two increments of blood volume, 10 ml each time, resulted in 89 % and 93% of the control value.

By the transfusion of 40ml in total, the pressure overpassed the control value, showing the persistence of the pressor response even when blood was retransfused.

2. The responses in the visceral blood flow after the bleeding were; decreased to 57% by bleeding of 20ml, and showed a fluctuation between 24 to 47 % on further bleedings.

By the retransfusion of the shed blood two different kinds of manifestation were revealed. In 12 cases, 60% of the total number, there were nice recoveries by transfusion, but in 8 cases, 40% of the total, no restorations were attained, showing irreversible deteriorations.

3. Between the two groups, of reversible and irreversible visceral blood flow, no clear difference was noticed in the physiological parameters, except the pressor effect of transfusion. In the irreversible group the animals responded more sharply than the others. It suggested the persistent peripheral vascular constriction in the irreversible group and the possibility of occurrence of the irreversible hemorrhagic shock seemed to be probable.
4. If the irreversible deterioration in the visceral blood flow relates, in some way or other, to the onset of the irreversible hemorrhagic shock, some detectable measure for the onset of shock would be expected.

REFERENCES

1. Abel, F. L., and Q. R. Murphy *Mesenteric, renal and iliac vascular resistance in dogs after hemorrhage*. Am. J. Physiol. 202:978, 1962.
2. Baue, A. E., Johnson, D. G., and W. M. Parkins *Blood flow and oxygen consumption with adrenergic blockade in hemorrhagic shock*. Am. J. Physiol. 211:354, 1966.
3. Lintermans, J. P., Appel, A. J. Bloom, R. S. Mullins, G. L., and W. G. Guntheroth *Mesenteric blood flow and vascular volume in hemorrhagic shock*. Am. J. Physiol. 212:482, 1967.
4. Brown, C. E. *Digital Rheoplethysmography*. Circulation 13:641, 1956.
5. Corday, E., and J. H. Williams, Jr. *Effect of shock and vasopressor drug on the regional circulation of the brain, heart, kidney, and liver*. Am. J. Med. 29:228, 1960.
6. Deavers, S., Smith, E. L. and R. A. Huggins *Critical role of arterial pressure during hemorrhage in the dog on release of fluid into the circulation and trapping of red cells*. Am. J. Physiol. 195:73, 1958.
7. Einheber, A., and G. J. Cerilli *Hemorrhagic shock in the monkey*. Am. J. Physiol. 202:1183, 1962.
8. Frank, E. D. Frank, H. A., Jacob, S. W., and J. Fine *Hepatic blood flow in experimental hemorrhagic shock*. Am. J. Physiol. 202:7, 1962.
9. Friedman, J. J. *Mesenteric circulation in Hemorrhagic shock*. Circul. Res. 9:561, 1961.
10. Ginsburg, M., and J. Grayson *Factors controlling liver blood flow in the rat*. J. Physiol. 123:574, 1954.
11. Greever, C. J., and D. T. Watts *Epinephrine levels in the peripheral blood during irreversible hemorrhagic shock in dogs*. Circul. Res. 7:192, 1959.
12. Haddy, F. J., Scott, J. B., and J. I. Molnar *Mechanism of volum replacement and vascular constriction following hemorrhage*. Am. J. Physiol. 208:169, 1965.
13. Hamilton, W. F. ed. *Handbook of Physiology. Circulation II*. Am. Physiol. Soc. Washington, D.C., U.S.A., 1963.
14. Heinemann, H. O., Sonythe C. M., and P. A. Marks *Effect of hemorrhage on estimated hepatic blood flow and renal blood flow in dogs*. Am. J. Physiol. 174:352, 1953.
15. Moon, V. H. *Shock: Physiologic and chemical factors resemblance between shock and hemorrhage*. Otto Glassler ed. *Medical Physics I The Yearbook*

- Publisher's Inc. Chicago, 1947.
16. Polzer, K., Schuhfried, F., and H. Hegger *Rheography*. *Brit. Heart J.* 22:140, 1960.
17. Selkurt, E.E., and G.A. Brecher *Splanchnic hemodynamics and oxygen utilization during hemorrhagic shock in the dog*. *Circul. Res.* 4:693, 1956.
18. Strawawitz, J.G., Hift, H., and R.L. Temple *Irreversible hemorrhagic shock in rats. Method and critical bleeding volume*. *Am. J. Physiol.* 200:257, 1961.
19. Werle, J.M., Crosby, R.S. and C.J. Wiggers *Observations on hemorrhagic hypotension and hemorrhagic shock*. *Am. J. Physiol.* 136:401, 1942.
20. Wiggers, C.J., and J.M. Werle *Cardiac and peripheral resistance factors as determinants of circulatory failure in hemorrhagic shock*. *Am. J. Physiol.* 136:421, 1942.
-