

血液銀行의 效率的 在庫管理에 關한 研究 (An Analysis of the Blood Bank Whole Blood Inventory Control)

吳 炯 在*

ABSTRACT

The whole blood inventory control model is developed, shown to provide an accurate representation of actual blood bank operations in Korea.

The main difference of the blood bank situations between Korea and the United States is that about 50 percent of all bloods demanded, crossmatched, and held for a particular patient are eventually found not to be required for that patient in case of U.S. while in Korea the crossmatch test is not so significant and almost successful.

Accordingly, the model in this paper is focused in seeking the minimum inventory level where neither shortage nor outdated bloods begin to occur, while the Jennings' model, developed in 1970 at MIT OR Center, is the inventory level somewhere between the inventory level "band" where both shortage and outdated occur.

I. 緒 論

在庫管理의 對象品目은 보는 側面에 따라 여러가지로 區分할 수 있으나 크게보면 時間이 經過해도 變質되지 않는 것과 變質(deteriorated)되는 것으로 大別된다.

本 論文은 後者의 境遇中에 거의 代表的 品目이라고 볼 수 있는 血液을 例로 들어 血液銀行에 있어서의 效率的 在庫管理를 爲

한 씨뮬레이션 模型을 만드는데 主眼點을 두었다.

血液은 無形成分(血漿)과 有形成分(血球)로 이루어져 있으며 前者는 섭유소와 血清으로 構成되고 後者는 赤血球, 白血球 및 血小板으로 이루어져 있다. 이 中 赤血球는 採血後 21日이 경과하면 30%가 死滅하므로 血液管理法 施行令⁽¹⁾에 依해 이러한 血液

(*) 서울市立大學 電算統計學科

(1) 1971年 6月 24日 字 大統領令 제 5680호에 依하면 第 11條 9項에 "採血日로부터 21日이 經過한 血液은 輸血하여서는 아니된다"로 規定되어 있다.

은 輸血이 금지되어 있다.

時間이 經過하면 變質되는 品目の 在庫管理는 다음 몇가지 理由로 매우 어려운 問題로 思料되고 있다. 特히 血液의 경우는

가. 需要와 供給패턴이 無作為 (random)하고

나. 같은 型의 피라 하더라도 交叉試驗(crossmatch) 한후 이상이 없을때 輸出해야 하며

다. 앞서 말한바와 같이 21日이 經過한 피는 파기해야 하기 때문이다.

이 외에도 成分輸血이 있어서 患者에게 꼭 必要한 피의 成分만을 供給케 함으로써 患者의 부담을 덜어주는 方法이 있는데 이에 대해서는 後述한다.

本 論文은 이러한 複雜한 고려要素들을 감안하여 電算機에 依한 시뮬레이션모형을 통해 해결을 시도하였다.

II. 各國의 血液供給體制와 우리나라의 現況

1. 國家가 血液事業을 經營하는 나라

血液事業을 國營으로 하고 있는 나라로는 英國, 프랑스, 그리고 뉴질랜드등을 代表的으로 꼽는다.

英國은 保健省이 이 事業의 主役을 맡고 있고 希望에 依해 獻血登錄制度가 實施되고 있는데 當局이 必要時 獻血要求를 하면 一次에는 約 55%가 採血에 응하고 있다 한다.

프랑스는 厚生省산하 血液事業委員會에서 血液管理政策의 立案에서 부터 血液의 가격결정에 이르기까지 모든 것을 管掌하고 있다.

두나라 모두 國家가 強力한 行政力을 가지고 이를 운영한다.

2. 赤十字가 血液事業을 主導하는 나라

代表的인 나라로서 스위스, 화란, 호주 그리고 캐나다 등을 들수 있다.

스위스의 경우를 보면 獻血者는 各 血液센

터에 등록되어 있으며 必要時는 미리 해당 區域의 赤十字 奉仕團에 連絡하여 지정된 장소(그 地域의 國民學校等을 利用)에 나가서 採血한다.

화란의 경우는 中央輸血研究所가 있고 그 研究所 산하에 114 個所의 輸血서비스 센터가 있어 여기서 獻血者의 登錄을 미리 받아 두었다가 各 病院에 供血者를 알선해 준다.

3. 民間團體가 血液事業을 主導하는 나라

自由中國이 代表的이다. 1974年에 中華民國 獻血運動協會를 發足시키고 세계의 獻血센터를 두어 多數의 獻血車를 동원, 血液運動을 전개하고 있다.

4. 우리나라의 現況

韓國은 現在 半官, 半民體制이고 어느나라에서도 類例를 찾을수 없는 獻血豫置制度를 開發해 운영하고 있다. 이 制度는 쉽게 말하면 獻血者가 獻血하면 증서를 받아 두었다가 本人이 必要하면 다시 輸血받을수 있게 한 制度이다.

III. 成分輸血

Landsteiner (1900年)가 史上 처음으로 A, B, O型인 血液型을 發見하고 그 後 Wiener와 함께 Rh型을 發見(1940年)한 이후 醫學界에서는 患者에게 꼭 必要한 血液의 成分만을 輸血하도록 하자는 必要性이 대두되었으나 오늘날의 成分輸血이 盛行하기까지는 상당한 기간이 必要했다.

成分輸血은 지금까지의 全血輸血(whole blood transfusion)을 止揚하고 患者에게 必要한 成分만을 輸血하자는 것으로 그 普及이 韓國에 上陸하여 1970年 서울大學校 病院에서 試圖되어 오늘날에는 날로 波及속도가 漸高되고 있다.

다음表는 서울大學校 病院에서 실시한 成分輸血 統計이다.

〈表Ⅲ-1〉 赤血球輸血比(서울대병원)

區分	80		81		
	1/4	2/4	3/4	1/4	
全血輸出量	4,129	4,544	3,977	4,007	3,795
赤血球輸出量	920	1,047	1,654	1,913	1,928
%	22.3	23.0	41.6	47.7	50.8

表Ⅲ-1을 보면 成分輸出의 증가가 1981년 1/4分期에 50.8%를 육박하고 있으나 이를 成分輸出을 원하는 患者가 그만큼 늘었다고 볼수는 없을 것 같다.

왜냐하면 患者自身은 全血輸血을 받게되면 얼마나 신체적 부담을 느끼는지 本人은 알 수 없기 때문이다.

다음 表는 연세의료원의 통계表인데 이 表에 依하면 1981년 3월에 35%의 成分輸血로 나타나고 있다.

〈表Ⅲ-2〉 成分輸血比(연세의료원)

年	1973	1976	1977	1978	1979	1980	1981 3.
全血輸	7,807	7,817	10,453	13,364	13,504	13,507	2,811
成分輸	220	571	1,113	2,584	3,654	5,545	1,516
成分輸血費	2.8%	6.8%	9.6%	16.2%	21.3%	29.1%	35%

그러나 한가지 分명한 것은 成分輸血의 要求는 날로 증가하고 있다는 事實이다.

다음은 서울大學病院에서 應急輸血者만을대

〈表Ⅲ-3〉 應急輸血 患者中 成分輸血比(서울대병원)

	80. 10	11	12	81. 1	2	3
응급수혈	200	198	234	187	279	146
성분수혈	47	60	77	22	32	35
	23.5%	30.3	32.9	11.7	11.4	24.0

총계 = 22%

상으로 한 統計資料로서 이 表에 의하면 응급 환자中 22%가 成分輸血을 실시한것으로 나타났다.

IV. 研究의 範圍 및 假定

本 研究에서는 다음과 같은 理由로 全血輸血만을 研究의 對象으로 삼았다.

採血에는 single bag에 採血하는 方法과 double bag에 採血하는 方法이 있는데 前者의 경우(한국에서는 이 方法이 街頭獻血의 大宗을 이루고 있다)는 入庫即時 遠心分離器를 利用하여 血液成分제제를 분출한다. 이때 소요되는 時間은 대략 4~6時間으로 採血後 最大限 8시간이내에 輸血되어야 하며 double bag에 採血한 피는 신선냉동 凍藏의 경우 3年間 냉동상태에서 유효하다.

따라서 single bag 採血인 경우의 成分輸血은 皮에 대한 在庫管理라기 보다는 效率의인 獻血者(가까이에 있는) 管理가 問題가 되며 後者의 경우는 deteriorated item에 관한 在庫管理가 아니므로 本 論文에서 成分輸血을 除外시킨 것이다.

첫째: B+型만을 研究의 對象으로 하였다. 그러나 根本的으로 O型이든 A型이든 輸血患者의 到着패턴이나 서비스 패턴이 비슷하기 때문에 特定血型을 擇하였다 하여 一般性이 상실되지는 않을것으로 思料된다.

둘째: MOE(Measure-of-Effectiveness)로서는 다음 몇가지를 들었다.

- 不足量(shortage)
- 남는量(outdating)
- 輸血된 피의 平均年齡(남자別)
- 最適在庫水準

本 研究에서의 一般假定으로서는

첫째, 到着패턴은 指數分佈를 따른다고 보았고,

둘째, 交叉試驗에서 血型은 맞으나 輸血이 不可한 境遇는 거의 無視할 수 있다고 보았으며⁽²⁾

(2) 美國의 경우는 交叉試驗에서 不適合으로 判定되는 빈도가 거의 50%에 가깝다.(參考文獻[8] P.335 參照)

셋째, 每日 한번씩 注文車가 운행되고
넷째, 患者가 到着하였을때 在庫가 없이
不足現狀이 發生하였을 경우는 注文
車 一日一回 운행과는 別途로 피가
주문되어 患者에게 輸血해 주는것으로
간주하여 在庫管理 대상에서 除外시
켰다.

끝으로 리드타임은 翌日必要的 피를 前日
신청하였다가 다음날 09시에 可用하게 해주
므로 0으로 보았다.

V. 研究方法論

1. Jennings의 全血輸血 모델⁽³⁾

Jennings가 만든 全血輸血 모델에 대한
개념적인 블록·다이아그램을 보이면 다음과
같다.

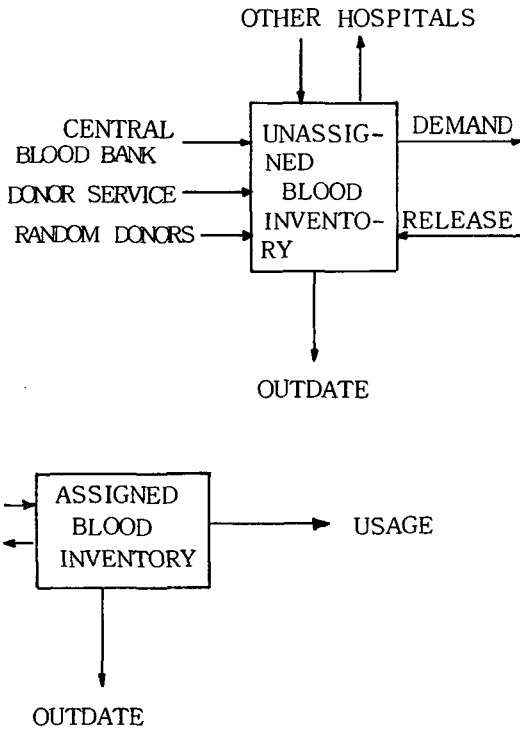


그림 V - 1 Jennings의 全血輸血모델

그림 V - 1에서 Jennings는 一但 피가 들
어오면 交叉試驗을 거쳐 適合한 피로 判斷
되기 前까지는 Unassigned Blood Inven -
tory에 두었다가 適合血型으로 判定되면 아
래브룩으로 옮기는 方法을 擇하였다.

Jennings는 最初 피의 在庫를 많이 가지
고 있으면 剩餘(outdating)가 生길것이고
그 反對면 不足(shortage)이 生길것으로 판
단하여 그가 命名한 이른바 不足-剩餘量에
관한 "特性曲線(Shortage-Quddating Op-
erating Curve)"을 創案해 내었다.

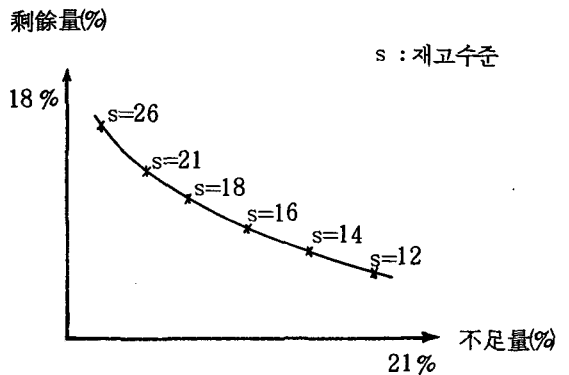


그림 V - 2 不足-剩餘量 OC 曲線

이後부터는 "OC - 曲線"을 그대로 OC-
曲線으로 부르기로 한다.

Jennings는 V - 2의 OC곡선에 不足-
剩餘量 無差別曲線(Shortage - Outdating
Indifference Curve)를 그려 넣어 두 曲線
의 交叉點에서 最大의 滿足을 얻는 最適 在
庫維持 水準을 찾으려고 試圖하였다.

無差別 曲線을 그리기 爲해서는 가령 例를
들어 (50,95) = (不足量 50, 剩餘量 95)
로 했을때 (50,95) = (90,80) = (130,60)
등과 같은 無差別點을 面談을 통하여 얻은 후
연결하면 된다.⁽⁴⁾

無差別點을 연결한 曲線은 마치 等高線이
나 等溫面과 같아서 層을 이루게 된다.

(3) J. B. Jennings, "An Analysis of Hospital Blood Bank Whole Blood Inventory Control Policies", TRAN -
SFUSION, Vol. 8, Nov - Dec., 1968.

(4) 參考文獻 [12] 參照

剩餘量

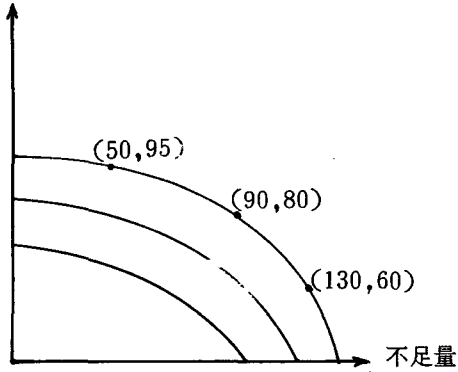


그림 V - 3 不足-剩餘量 無差別 曲選⁽⁵⁾

無差別曲線과 OC-曲線은 다음 그림과 같이 結合되어 最適點이 나타난다. 그림 V-4가 Jennings의 論文의 核心이다.

剩餘量

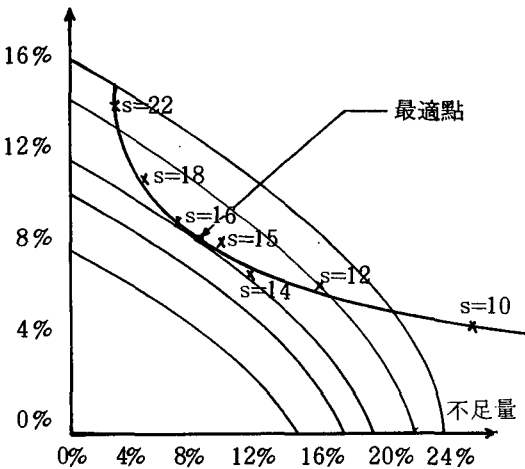


그림 V - 4 最適點選定方法

2. Jennings의 方法論에 대한 評價

結論을 조금 성급하게 言及하는 感은 있으나 韓國의 境遇는 美國의 境遇와 比較하여 相異한 點이 있음을 發見하였다.

그것은 그림 V-1에서와 같은 Unassigned와 Assigned의 區分이 거의 必要없다는 事實이었다. 그 理由는 우리나라는 "單一族"이기 때문에 B+型的 皮를 가지고 있으면 B+型的 患者가 왔을때 거의 淸오없이 交叉試驗에서 適合判定이 내려진다는 것이다.

둘째는 모델이 多少 單純해지는 反面, 시뮬레이션 모델을 通過해 나오는 結果를 보면 不足과 剩餘가 다같이 나타나지 않는 在庫水準의 폭이 存在한다는 事實 이었다.

Jennings의 모델에서는 이러한 現狀이 일어나지 않고 있음을 조심히 觀察한 結果 다음과 같이 그 原因이 규명 되었다.

表 V-1의 左側欄은 交叉試驗時 試驗받는 皮의 남아 있는 壽命을 의미한다. 即 壽命이 다 된 皮는 當日에 25%가 輸血이 되던가 Unassigned Inventory에 가던가가 決定되고 75%가 廢棄되며 (左側欄이 0인 경우) 0~9日간의 皮는 (左側欄의 12-21의 경우) 當日 拂出되는 皮는 3.2%, 그 翌日은 52.5%와 같이 처리되며 交叉試驗이 8日間에 걸쳐 수행되는 확률도 0.5%나 된다는 뜻이다.

交叉試驗을 그토록 오래 거치게 되는 이유는 美國의 경우, 交叉試驗을 실시하는 날자가 대개 月, 水, 金으로 되어 있기 때문에 판단된다.⁽⁶⁾

交叉試驗이 오래걸리면 그만큼 不足量이 發生할 確率이 커진다는 것을 의미한다. 그러므로 어느 特定한 在庫水準에서 不足과 剩餘가 같이 發生할 可能性이 存在한다는 말도 된다.

(5) 參考文獻 [7] P.208

(6) 參考文獻 [9] P.141

<表 V - 1> 拂出前, 交叉試驗단계에서 머무르는 血液의 確率 分布

DAYS OF LIFE LEFT AT CROSSMATCH	OPPORTUNITY AT WHICH ASSIGNED BLOOD IS RELEASED								
	1	2	3	4	5	6	7	8	AVG.
12-21	.032	.525	.244	.110	.050	.023	.011	.005	2.759
11	.032	.528	.245	.111	.050	.023	.011		2.732
10	.032	.531	.247	.112	.050	.023	.005		2.706
9	.032	.534	.248	.113	.050	.023			2.684
8	.032	.541	.251	.114	.051	.011			2.644
7	.032	.547	.254	.115	.052				2.608
6	.033	.562	.261	.118	.026				2.542
5	.034	.577	.268	.121					2.476
4	.036	.617	.287	.060					2.371
3	.100	.650	.250						2.150
2	.150	.700	.150						2.000
1	.200	.800							1.800
0	.250	.750							1.750

3. 本 研究의 特性 및 方法論

本 研究는 韓國의 與件을 감안하여 Unassigned Inventory를 두지 않고, 또한 OC-曲線이나 無差別曲線을 그리는 努力 代身 不足과 剩餘分이 나타나지 않을 在庫水準의 幅(band)를 算出하는데 力點을 두고 시뮬레이션 모델을 구축하였다.

가. 研究의 細部 假定

研究의 一般의 假定은 IV에서 記述하였으므로 여기서는 細部的인 假定을 열거하기로 한다.

(1) 患者의 到着패턴은 指數分布로 간주하였다.

몇年前부터 通行禁止가 解除되었으므로 患者가 治療를 원하는 경우 到着率이 指數分布를 따른다는 假定은 크게 無理가 되지 않을 것이다.

참고로 市内 XYZ病院에 到着하는 응급 患者의 曜日別 統計를 보이면 다음表와 같다.<表 V - 2, 그림 V - 5>

<表 V - 2> XYZ 病院의 1981년동안의 통계표 (응급, 보통포함)

요일	日	月	火	水	木	金	土	計
도착 수	44	195	209	213	191	112	9	973

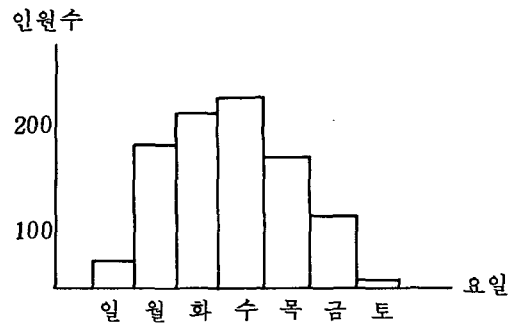


그림 V - 5 XYZ 病院의 曜日別 통계

(2) 到着患者中 應急患者에게는 5명의 피를 輸血하되 在庫量에서 신선한 피부터 輸血하도록 하였으며 普通患者의 경우는 3명의 피를 輸血하되 在庫量中에서 제일 오래된 피부터 輸血토록 하였다.

實際的인 病院管理側面에서 보면 응급환자라도 程度에 따라서는 가장 신선한 血液이

아니더라도 輸血할수 있으며 普通患者의 경우에도 돈을 더 받고 보다 신선한 피를 供給할수도 있을 것이나 이러한 前提를 本 모델에서는 고려하지 않았다.

참고로 XYZ病院의 경우 1981년에 每月 輸血된 血液量을 보면 다음과 같다.

〈表 V - 3〉 月別 輸血量(응급, 보통의 경우)

月 나이(日)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	계	환자수	수혈량 /人	비고
0~3日	82	93	83	96	127	105	114	78	69	198	121	114	1,280	285	4.5	응급
4~21日	148	126	149	197	143	135	224	141	165	163	95	142	1,828	688	2.7	보통

表 V - 3을 보면 應急患者의 경우는 0~3日된 피를 1人當 4.5瓶을, 普通은 1人當 2.7瓶을 輸血한 셈이다.

이를 그래프로 보이면 그림 V-6과 같으며 10월에 가서는 응급이나 보통환자에게 수혈한 피가 다같이 많아지고 있음은 매우 注目할 만 하다. 10월에는 連休가 많아 그 만큼 事故도 많아진 것인지 모르겠으나 具體的인 原因은 現在로서는 未知이다.

(3) 翌日に 必要한 피는 前날에 綜合하여 一括注文하는 定期注文政策을 採擇하였고 一但 注文된 血液은 全量이 翌日 09:00時까지 病院에 到着可能하다고 假定하였으며 피의 나이는 4日에서 10日까지이고 피는 各 남자別로 均一하게 分布되어 配達된다고 보았다.

피의 나이가 4日에서 10日까지 均一하게 分布되어 있다는 假定을 뒷받침하기 爲해 XYZ病院에서 1981年の 남자別 輸血量統計를 조사하였다. 〈表 V - 4〉

輸血量(瓶)

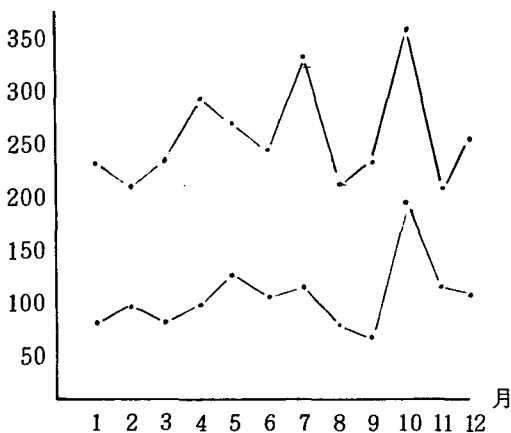


그림 V - 6 月別輸血量(응급, 보통)

〈表 V - 4〉 輸血한 血液의 나이 分布 (1981年)

피의나이	0	1	2	3	4	5
수혈량	217	580	345	138	144	135

피의나이	6	7	8	9	10	11
수혈량	322	303	326	230	139	70

피의나이	12	13	14	15	16	17
수혈량	59	38	15	6	11	3

피의나이	18	19	20	21	計
수혈량	1	5	8	13	3,108

수혈량

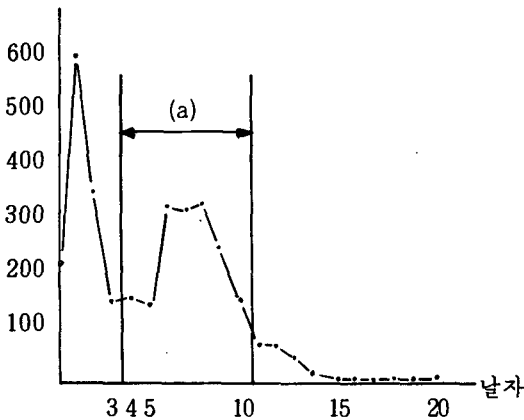


그림 V - 7 輸血한 血液의 나이分布 (1981年)

그림 V - 7은 表 V - 4를 圖表化한 것으로서 피의 나이가 0~3일간의 경우는 응급환자에게 輸血했던 것이고 4~21일 까지가 보통환자에게 輸血한 피인데 위의 그림에 依하면 4日~10日까지가 가장 많이 수혈된 것으로 보아 (그림 V - 7의(a)참조) 病院에서 一但 注文된 피의 나이가 平均 4日~10日 사이에 均等하게 分布되어 있다고 보아서 큰 無理는 없을 것으로 思料되었다.

(4) 注文政策

前述한 바와 같이 一日 輸血된 피는 當日 總集計한 後 翌日을 爲하여 그 量만큼 注文하기로 하였다.

勿論 翌日 所要量이 前날의 所要量과 多少 差異는 있겠지만 別妙案이 없어 이 方法을 擇하였다.

當日의 在庫가 그날의 需要量을 따르지 못하여 品切現狀이 일어나면 그 경우는 非常

狀態로 간주하여 正常的인 在庫管理시스템이 아닌 기타 方法 (긴급 血液輸送手段 강구 등) 으로 處理 (delivery) 한 후 모델내에서는 shortage 發生한 경우로 統計處理하였다.

나. 敏減度分析을 爲한 媒介變數

시뮬레이션 模型에 들어갈 各種 人力資料中 敏減度分析에 쓰일 變數 (혹은 파라미터)는 다음과 같다.

- 在庫水準
- 患者의 到着率

勿論 以外에도

- 應急患者와 普通患者와의 比
- 上記患者에 대한 平均輸血量
- 注文한 피의 나이分布

等 많이 있으나 本 研究에서는 在庫水準과 患者의 到着率을 除外한 모든 變數는 一但 XX Z 病院의 現狀況을 그대로 適用하기로 하였

다. 一般의 흐름圖表

一般의 흐름圖表는 그림 V - 8과 같으며 詳細한 흐름圖表는 부록#1에, 그리고 이에 대한 프로그램은 부록#2에 收錄하였다.

라. 入力資料/出力資料

本 모델에 들어갈 入出力資料中 重要한 것 몇가지만 보이면 다음과 같다.

(1) 入力資料

- BLAA(i) : i日된 血液量
- TLIM : 프로그램 가동시간
- IBREQ : 血液注文量
- IBLTA : 보통환자 輸血量
- THETA : 1/환자도착률
- PEM : 응급환자 도착률
- PIH : 病院內에서의 獻血率

(2) 出力資料

- NCOT(1) : 總施行回數
- NCOT(2) : 獻血者에 依해 輸血量
- NCOT(3) : 不足이 發生한 件數
- NCOT(i), i = 4, 21

應急患者에게 i日

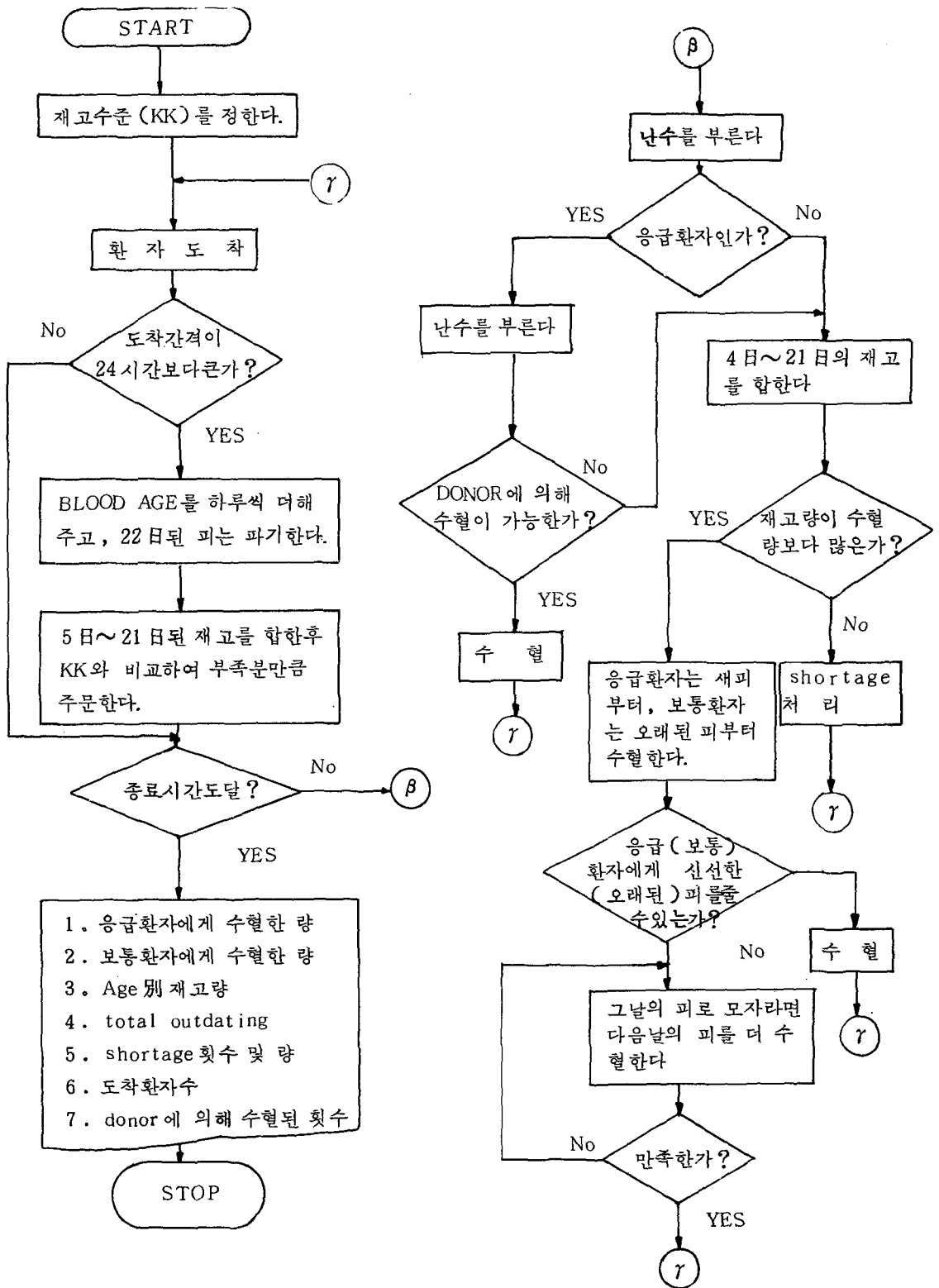


그림 V-8 일반적 흐름 도표

- NCOT(22) : 응급환자에게 輸血한 總輸血量
- NCOT(23) : 응급환자에게 發生한 不足量
- NCOT(i), $i = 24, 41$
普通患者에게 i 日된 皮를 輸血한 量
- NCOT(42) : 보통환자에게 수혈한 總수혈량
- NCOT(43) : 보통환자에게 發生한 不足量
- MBOUT : 總剩餘量

VI. 研究結果

患者到着間時間(θ)이 9時間일때 皮의 在庫水準別 나이別 輸血量統計를 응급과 보통환자로 區分하여 9000時間에 걸쳐 模擬한 結果를 보이면 다음과 같다. (表VI-1 參照)

表VI-1의 (b)를 보면 보통환자에서 不足이 3 發生하였고 剩餘(outdating)는 없으며 (c)에 오면 不足과 剩餘가 다 같이 發生하지 않고 있다.

表VI-1의 (e)까지 不足과 剩餘가 發生하지 않다가 (f)에 와서 처음으로 剩餘가 6으로 나타난다.

이와 같은 方法으로 $\theta = 6 \sim 24$ 까지 그리고 在庫水準은 10~100 까지 變化시켜 가며 시뮬레이션한 結果, 不足과 剩餘가 둘다 나타나지 않는 上限, 下限을 算出한 것이 表VI-2이다. 그리고 그림VI-1은 이를 그림으로 表示한 것이다.

그러면 不足과 剩餘가 없는 區間內에서는 在庫水準을 얼마로 해두는 것이 患者에게 보다 신선한 皮를 주게 되는가를 알아 보기 爲하여 表VI-1의 자료중 보통환자(ORDIN)에게만 輸血한 皮의 나이 分布를 考察해 보았다.

結果는 말할것도 없이 不足-剩餘가 發生하지 않는 區間內에서 下限의 在庫水準을 維持

하는 것이 患者에게 보다 신선한 皮를 供給할 수 있는 것으로 나타났다.

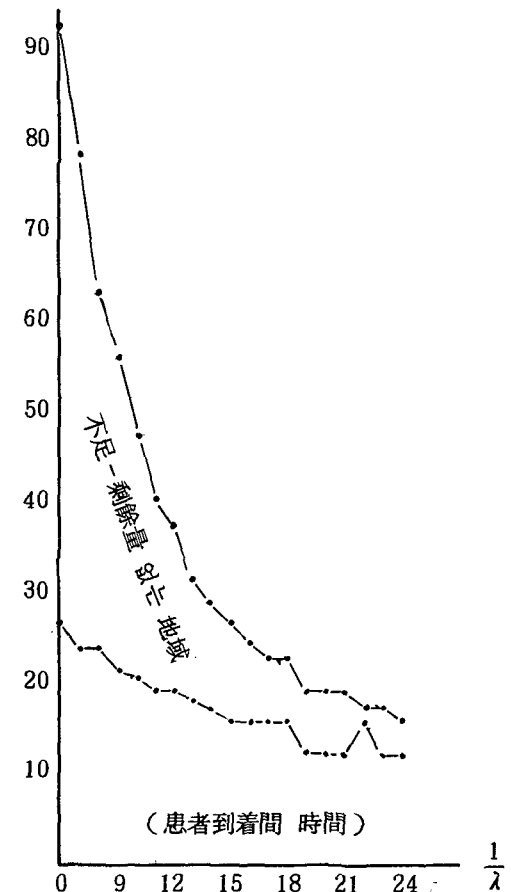
이를 그래프로 表示한 것이 그림VI-2이며 여기서 在庫水準을 60으로 올리면 皮의 나이는 17日에서 피크를 이루는 바 在庫水準을 올리면 올릴수록 分散의 값이 增加하는 現狀이 흥미롭다.

그리고 在庫水準 10에서 높이가 낮아진것은 不足이 發生한 때문이다.

그림VI-1에서 萬一 θ 의 값이 24時間을 넘으면 어떤 現狀이 일어날 것인가?

本 模型은 그 以上の θ 에 對해 結果는 算出하지 않았지만 두 曲線이 서로 엇갈리게 나타날 것이 틀림없다.

在庫水準(單位: 瓶)



그림VI-1 θ 와 不足-剩餘量과의 關係

表Ⅵ - 1. 재고수준별, 피의 나이별 수혈량 통계

INV. LEVEL = 10

AGE	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
EMERG	24	46	32	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ORDIN	20	204	403	445	337	258	116	17	3	0	0	0	0	0
INVEN	2	3	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0

AGE	18	19	20	21	TOT	SHT		
EMERG	0	0	0	0	105	20	TOTAL OUTDATING	0
ORDIN	0	0	0	0	1803	231	TOTAL NUMBER OF RUN	944
INVEN	0	0	0	0	10		NO. OF TRANSF. BY DONER	240
							NO. OF SHORTAGE OF BLD INV.	81

(a)

INV. LEVEL = 20

AGE	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
EMERG	30	55	38	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ORDIN	0	10	38	162	535	684	424	123	40	15	0	0	0	0
INVEN	2	4	4	5	3	1	1	0	0	0	0	0	0	0

AGE	18	19	20	21	TOT	SHT		
EMERG	0	0	0	0	125	0	TOTAL OUTDATING	0
ORDIN	0	0	0	0	2031	3	TOTAL NUMBER OF RUN	944
INVEN	0	0	0	0	20		NO. OF TRANSF. BY DONER	240
							NO. OF SHORTAGE OF BLD INV.	1

(b)

INV. LEVEL = 30

AGE	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
EMERG	30	55	38	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ORDIN	0	1	1	5	47	299	625	523	326	107	64	34	2	0
INVEN	2	4	4	5	6	6	3	0	0	0	0	0	0	0

AGE	18	19	20	21	TOT	SHT		
EMERG	0	0	0	0	125	0	TOTAL OUTDATING	0
ORDIN	0	0	0	0	2034	0	TOTAL NUMBER OF RUN	944
INVEN	0	0	0	0	30		NO. OF TRANSF. BY DONER	240
							NO. OF SHORTAGE OF BLD INV.	0

(c)

INV. LEVEL= 40

AGE	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
EMERG	30	55	38	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ORDIN	0	1	1	1	1	11	194	370	474	430	312	129	53	45
INVEN	2	4	4	5	6	6	7	6	0	0	0	0	0	0

AGE	18	19	20	21	TOT	SHT	TOTAL OUTDATING	
EMERG	0	0	0	0	125	0	TOTAL NUMBER OF RUN	944
ORDIN	12	0	0	0	2034	0	NO. OF TRANSF. BY DONER	240
INVEN.	0	0	0	0	40		NO. OF SHORTAGE OF BLD INV.	0

(d)

INV. LEVEL = 50

AGE	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
EMERG	30	55	38	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ORDIN	0	1	1	1	1	1	15	88	273	308	390	411	292	120
INVEN.	2	4	4	5	6	6	7	7	5	4	0	0	0	0

AGE	18	19	20	21	TOT	SHT	TOTAL OUTDATING	
EMERG	0	0	0	0	125	0	TOTAL NUMBER OF RUN	944
ORDIN	65	55	12	0	2034	0	NO. OF TRANSF. BY DONER	240
INVEN.	0	0	0	0	50	0	NO. OF SHORTAGE OF BLD INV.	0

(e)

INV. LEVEL = 60

AGE	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
EMERG	30	55	38	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ORDIN	0	1	1	1	1	1	11	7	32	188	242	298	346	379
INVEN.	2	4	4	5	6	6	7	7	5	5	5	4	0	0

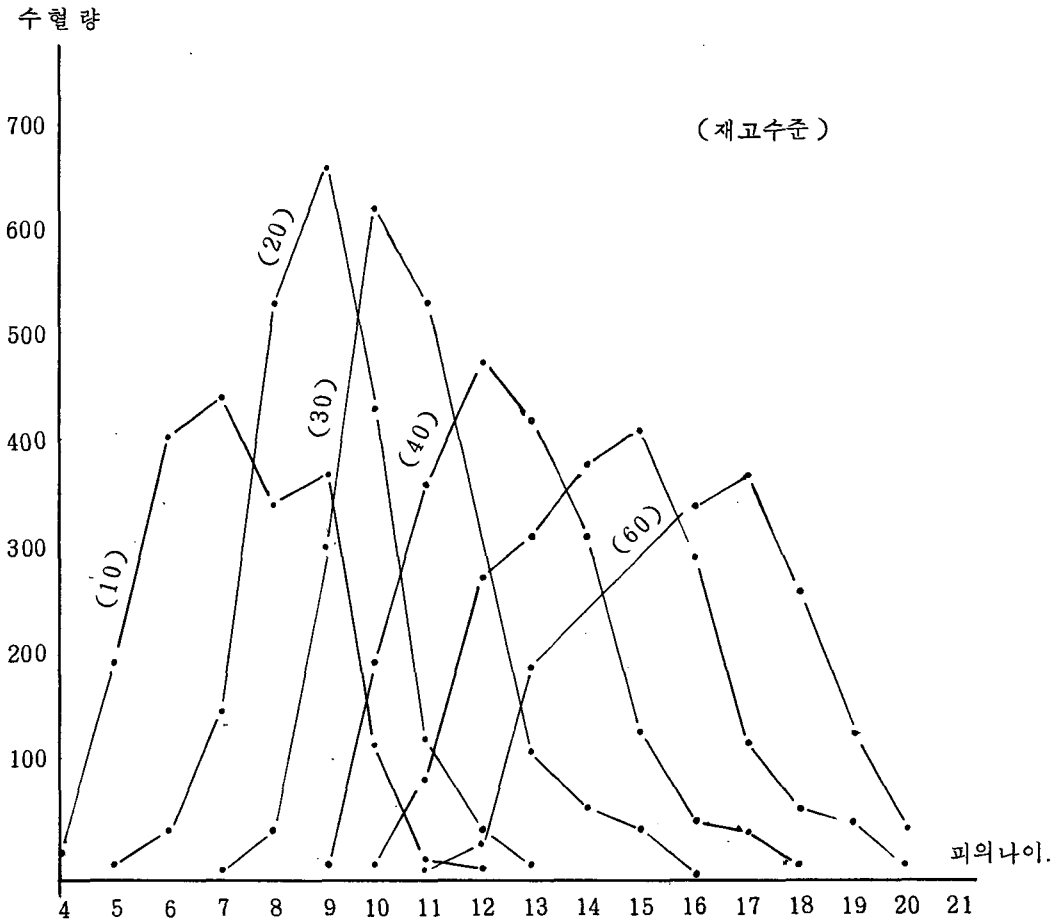
AGE	18	19	20	21	TOT	SHT	TOTAL OUTDATING	
EMERG	0	0	0	0	125	0	TOTAL NUMBER OF RUN	944
ORDIN	268	126	83	49	2034	0	NO. OF TRANSF. BY DONER	240
INVEN.	0	0	0	0	60		NO. OF SHORTAGE OF BLD INV.	0

(f)

表VI-2. θ 와 不足-剩餘量과의 關係

θ	在庫下限	在庫上限
6	26	93
7	23	77
8	23	63
9	21	56
10	20	47
11	18	40
12	18	37
13	17	31
14	16	28

θ	在庫下限	在庫上限
15	15	26
16	15	24
17	15	23
18	15	23
19	12	18
20	12	18
21	12	18
22	15	16
23	12	16
24	12	15



그림VI-2 환자에게 수혈되는 피의 재고별 나이분포

그림 VI-3은 서로 엇갈린 그래프를 나타낸 것으로 交點 c 左側의 曲線에 대한 physical meaning을 考察해 보는 것은 매우 有益한 일로 思料된다.

在庫水準

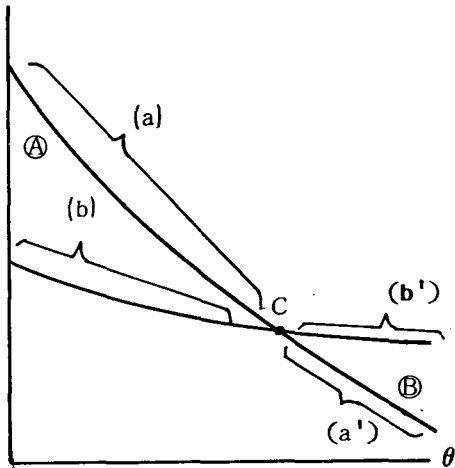


그림 VI-3 C 點의 physical meaning

첫째 ① 지역은 不足-剩餘가 없는 지역이나 ②는 그들이 모두 共存하는 지역이다.

即 (b)는 在庫水準이 이 點에 到達하면 不足이 안나타나는 最小의 在庫水準인데 反하여 (b')는 在庫水準이 이 點에 到達하면 不足과 剩餘가 共存하다가 여기서 적어도 不足만큼은 “解放” 되는 最大在庫水準이고 (a')는 적어도 剩餘만큼은 “解放” 되는 最小在庫水準의 뜻이다.

둘째 따라서 c 點의 左側地域과 같이 나타나는 血液在庫管理模型에서 解는 (b)에서 일어나며 (boundary point), c의 右側과 같이 나타나는 美國의 境遇는 ②의 內部點(interior point)에서 解가 發生하게 된다.

Jennings의 方法은 그림 V-4와 같이 OC-曲線과 効用函數와의 交點을 찾는 概念이며 이 方法은 바로

③지역의 內部點을 찾는 과정이라고 볼 수 있다.

VII. 結 論

本 研究에서 著者는 Jennings의 研究方法論, 即 血液의 不足-剩餘코스트에 起因한 効用函數 曲線과 不足-剩餘 OC-曲線과의 交點을 찾는 方法論이 韓國實情에는 不適合하다는 結論을 얻었다.

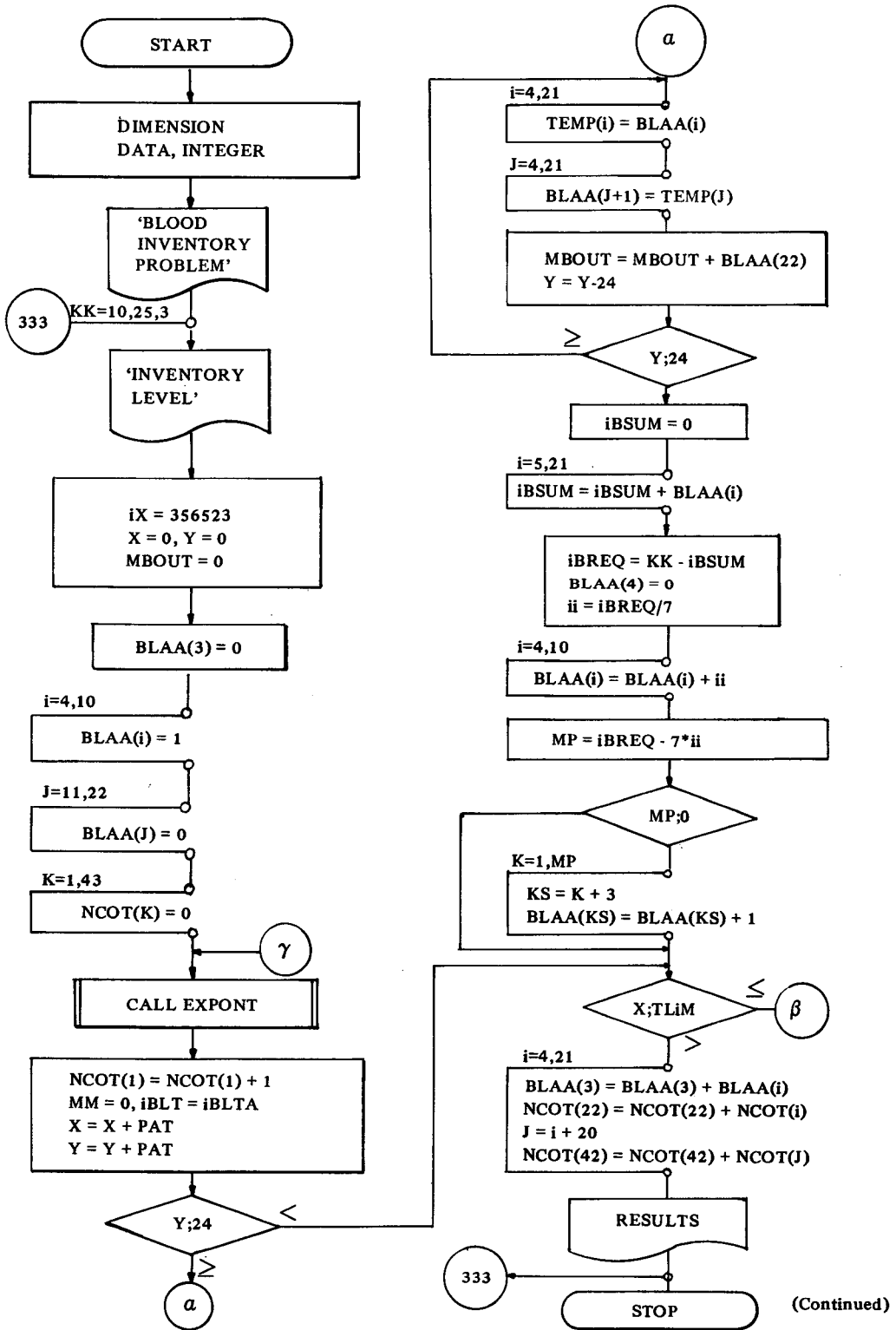
그 理由는 交叉試驗에서 適合한 피로 判定될 確率이 美國에서는 約 50%에 達하지만 韓國에서는 거의 無視할 수 있다는 現實때문에 皮의 最適在庫水準決定이 美國에서는 그림 VI-3 ③地域의 內部點에서 發生하는 것이 當然하나 韓國에서는 ①地域의 境界點에서 發生하기 때문이다.

그러나 우리의 境遇에도 患者의 到着패턴이 poisson이고 $\theta = 24$ 가 넘을때는 問題는 달라져 Jennings의 模型을 따르게 된다. 또한 每日 注文한 皮가 0~9日程度의 신선한 皮가 아니고 21日의 不過 며칠前의 나이를 갖는 皮라면 不足과 剩餘가 동시에 發生할지 모른다.

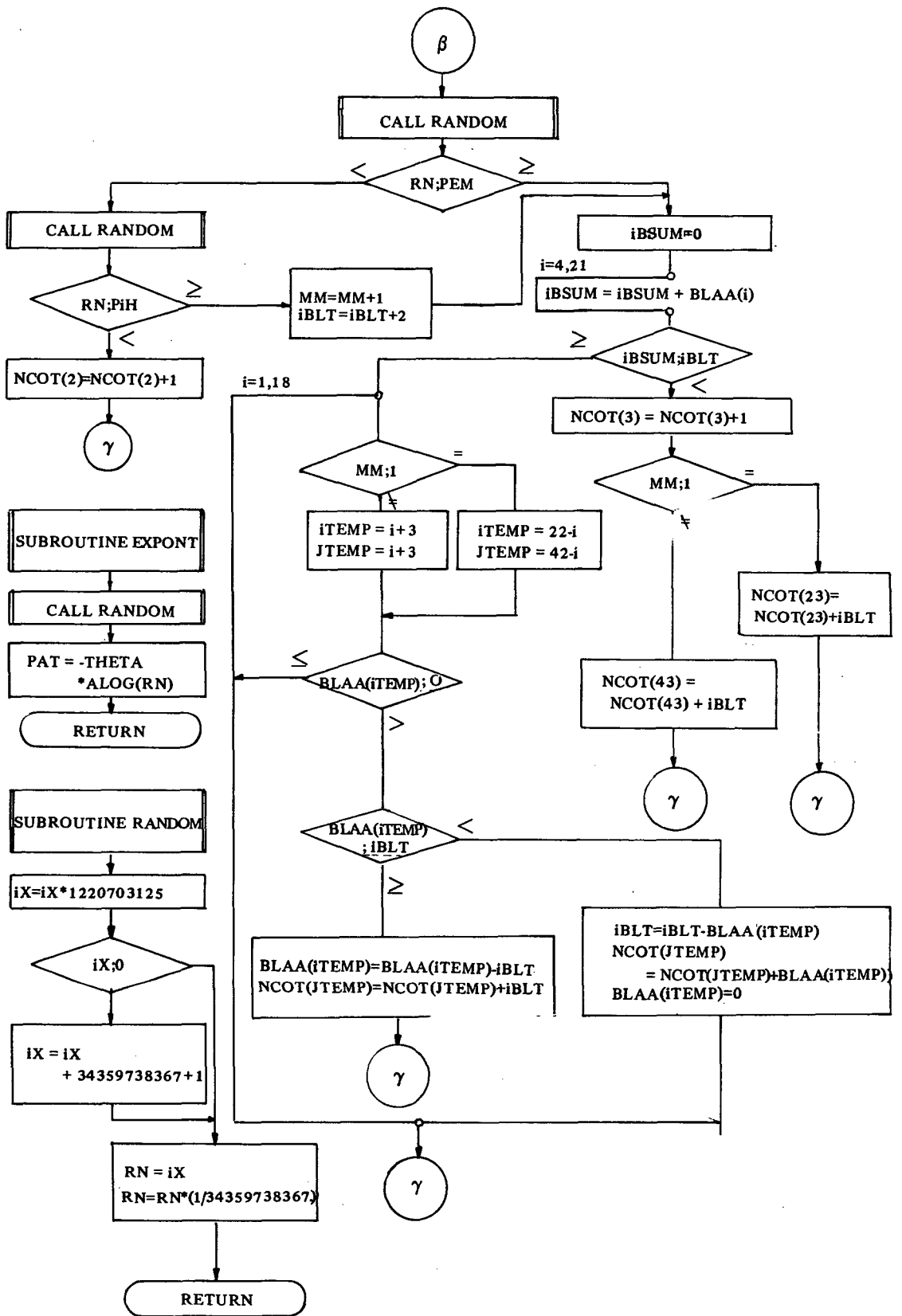
境界點中 下限을 最適在庫水準으로 했을때와 上限을 擇했을때 輸血을 받는자의 立場에서는 前者의 경우가 보다 신선한 皮를 받게 되는 것은 當然하며 그 경우는 輸血혈액의 나이 分布도 적지만 後者의 경우는 輸血혈액의 나이도 많고 分布도 寬을 알 수 있었다.

그림 VI-1의 그래프는 研究의 諸般假定을 그대로 수락할 수 있는 病院이라면 B+ 血液만이 아닌 기타 血液에 對해서도 使用可能하며 부록#2에 수록된 프로그램 리스트를 사용하면 매우 희귀한 血液이 아닌 경우에는 凡用으로 利用이 可能하다.

부록 # 1. 세부적 흐름도표



(Continued)



부록 # 2. 프로그램

```

1.      PROGRAM BLOOD
2.      INTEGER BLAA,TEMP
3.      DIMENSION BLAA(22),NCOT(43),TEMP(22)
4.      DATA PFM,PIH,THETA,FLIM/0.3,0.9,9.0,9000./
5.      DATA IRLTA/3/
6.      WRITE(6,101)
7.      101 FORMAT(1H1, 50X,10H*****2X,'BLOOD INVENTORY
8.      * PROBLEM',2X, 10H*****
9.      DO 333 KK=10,60,10
10.     WRITE(6,102) KK
11.     102 FORMAT(////,65X,'INVENTORY LEVEL',16)
12.     WRITE(6,103)
13.     103 FORMAT(////,22X,'AGE   4   5   6   7   8   9  10
14.     * 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 TOT SHT')
15.     IX=356523
16.     X=0.
17.     Y=0.
18.     MBOUT=0
19.     BLAA(3)=0
20.     DO 21 I=4,10
21.     21 BLAA(I)=1
22.     DO 22 J=11,22
23.     22 BLAA(J)=0
24.     DO 23 K=1,43
25.     23 NCOT(K)=0
26.     99 CALL EXPONT(THETA,PAT,IX)
27.     NCOT(1)=NCOT(1)+1
28.     MM=0
29.     IBLI=IRLTA
30.     X=X+PAT
31.     Y=Y+PAT
32.     IF(Y.LT.24.) GO TO 111
33.     50 DO 24 I=4,21
34.     24 TEMP(I)=BLAA(I)
35.     DO 25 J=4,21
36.     25 BLAA(J+1)=TEMP(J)
37.     MBOUT=MBOUT+BLAA(22)
38.     Y=Y-24
39.     IF(Y.GE.24.) GO TO 24
40.     IBSUM=0
41.     DO 26 I=5,21
42.     26 IBSUM=IBSUM+BLAA(I)
43.     IBREQ=KK-IBSUM
44.     RLAA(4)=0
45.     II=IBREQ/7
46.     DO 27 J=4,10
47.     27 BLAA(J)=BLAA(J)+II
48.     MP=IBREQ-7*II
49.     IF(MP.EQ.0) GO TO 28
50.     DO 28 J=1,MP
51.     KS=J+3
52.     BLAA(KS)=BLAA(KS)+1
53.     28 CONTINUE
54.     111 IF(X.GT.TLIM) GO TO 222
55.     CALL RANDOM(IX,RN)

```

```

56.      IF(RN.GE.PEM) GO TO 60
57.      CALL RANDOM(IX,RN)
58.      IF(RN.GE.PIH) GO TO 55
59.      NCOT(2)=NCOT(2)+1
60.      GO TO 99
61.      55 MM=MM+1
62.      IBLT=IBLT+2
63.      60 IBSUM=0
64.      DO 29 I=4,21
65.      29 IBSUM=IBSUM+BLAA(I)
66.      IF(IBSUM.LT.IBLT) GO TO 80
67.      DO 30 I=1,18
68.      IF(MM.EQ.1) GO TO 65
69.      ITEMP=22-I
70.      JTEMP=42-I
71.      GO TO 70
72.      65 ITEMP=I+3
73.      JTEMP=I+3
74.      70 IF(BLAA(ITEMP).LE.0) GO TO 30
75.      IF(BLAA(ITEMP).LT.IBLT) GO TO 75
76.      BLAA(ITEMP)=BLAA(ITEMP)-IBLT
77.      NCOT(JTEMP)=NCOT(JTEMP)+IBLT
78.      GO TO 99
79.      75 IBLT=IBLT-BLAA(ITEMP)
80.      NCOT(JTEMP)=NCOT(JTEMP)+BLAA(ITEMP)
81.      BLAA(ITEMP)=0
82.      30 CONTINUE
83.      GO TO 99
84.      80 NCOT(3)=NCOT(3)+1
85.      IF(MM.EQ.1) GO TO 85
86.      NCOT(43)=NCOT(43)+IBLT
87.      GO TO 99
88.      85 NCOT(23)=NCOT(23)+IBLT
89.      GO TO 99
90.      222 DO 31 I=4,21
91.      BLAA(3)=BLAA(3)+BLAA(I)
92.      NCOT(22)=NCOT(22)+NCOT(I)
93.      J=I+20
94.      31 NCOT(42)=NCOT(42)+NCOT(J)
95.      WRITE(6,104) (NCOT(I),I=4,43)
96.      104 FORMAT(/,20X,5HEMERG,20I4,/,20X,5HORDER,20I4)
97.      WRITE(6,105) (BLAA(I),I=4,21),BLAA(3)
98.      105 FORMAT(/,20X,5HINVEN,19I4)
99.      WRITE(6,106) MBOUT
100.     106 FORMAT(/,20X,'TOTAL OUTDATING',10X,110)
101.     WRITE(6,107) NCOT(1)
102.     107 FORMAT(/,20X,'TOTAL NUMBER OF RUN',116)
103.     WRITE(6,108) NCOT(2)
104.     108 FORMAT(/,20X,'NO.OF TRANSF BY DONER',114)
105.     WRITE(6,109) NCOT(3)
106.     109 FORMAT(/,20X,'NO.OF SHORTAGE OF BLD INV',110)
107.     333 CONTINUE
108.     STOP
109.     END

110.     SUBROUTINE EXPONT(THETA,PAT,IX)
111.     CALL RANDOM(IX,RN)
112.     PAT=-THETA*ALOG(RN)
113.     RETURN
114.     END

```

```

115. SUBROUTINE RANDOM(IX,RN)
116. IX=IX*1220703125
117. IF(IX) 3,4,4
118. 3 IX=IX+34359738367+1
119. 4 RN=IX
120. RN=RN*(1./34359738367.)
121. RETURN
122. END

```

参 考 文 獻

- [1] 金洪箕, “各國의 血液供給體制와 우리나라의 現況”, 大韓醫學協會誌 第21卷, 第4號, 1978.4.
- [2] _____, “日本の 血液需給現況” 月刊最新醫學, 第22卷, 第1號, 1979.1.
- [3] 趙明俊, “美國의 血液管理制度 및 現況” 月刊最新醫學, 第21卷, 第2號, 1978.2
- [4] 박명희外, “서울大學校 病院의 혈액성분 제제 사용현황”, 成分輸血심포지움, 大韓血液管理協會, 1981.5.
- [5] 문성철, “혈액은행의 재고관리에 관한 연구”, 서울대 석사논문, 1975.
6. Cho, Han Ik, “Quality Control in the Blood Bank—Blood Bank Problems in Korea”, The Third International Symposium on Quality Control, June, 1978.
7. Jennings, J.B., “Hospital Blood Bank Whole Blood Inventory Control”, Technical Report No. 27, Operations Research Center, M.I.T., 1967.
8. Jennings, J.B., “An Analysis of Hospital Blood Bank Whole Blood Inventory Control Policies”, Transfusion, Vol. 8, November-December, 1968.
9. Jennings, J.B., “Inventory Control in Regional Blood Banking Systems”, Technical Report No. 53, Operations Research Center, M.I.T., June 1970.
10. Jennings, J.B., “Blood Bank Inventory Control”, Management Science, Vol. 19, No. 6, February, 1973.
11. Keeney R., Raiffa H., “Decisions with Multiple Objective: Preferences and Value Tradeoffs”, John Wiley & Sons, 1976.
12. Keeney, R.L., “Energy Policy and Value Tradeoffs”, RM-75-76, IIASA, December, 1975.