결핵추세의 역학적인 고찰

서울특별시 보건과

진 병 원

—Abstract—

Estimated Trends of Tuberculosis Prevalence (1970~2030) by Epidemiological Simulation Model in Korea

Byoung-Won Jin, M.D.

Public Health Section Seoul Metropolitan Government

Introduction:

Writer estimated the trends of the prevalence of infections cases under the various intensities of prevention and treatment between 1970 and 2030 by utilizing the results of the two prevalence surveys conducted in 1965, 1970, and incidence survey of 1971 in Korea.

In this estimation on the trends, the epidemiological simulation model designed by Y. Azuma was used.

method:

The intensity of BCG vaccination was classified as approach B_1 , B_2 , B_3 , B_4 which means respectively 75%, 120%, 180% and 320% of BCG coverage of new borns during a year.

The intensity of treatments are classified as approach T_1 , T_2 , T_3 , T_4 , which means to cover respectively 120%, 15%, 32% and 70% of estimated patients under the treatment programme.

The trends of the infections cases of pulmonary tuberculosis was estimated under following categories

- (1) Natural Trends (without BCG and without treatment)
- (2) BCG alone (without treatment)
- (3) Treatment alone (without BCG)
- (4) Combined approaches (with BCG and Treatment programme)
- (5) Trend under a specific programme:

Results:

1) Natural Trend

The prevalence of tuberculosis increases gradually up to 1995 in which year the highest prevalence of 1.50% was observed and there after it shows decreasing tendency. In the year of 2030. It was 1.11%.

2) The trends of infections cases with BCG alone

In the all approaches, the rates was revealed decreasing tendency after some years increase, and the discrepancy of decrease has become larger and in 2030. The rates were 0.81(B_1), 0.50(B_2), 0.15(B_3) in the approaches of B_1 , B_2 , B_3 , and B_4 respectively, In approach B_4 , the remarkably decreased rate of 0.1% was seen already in 1910.

3) The trends of infection cases with various approaches of treatment alone.

The prevalence of 0.74 in 1970, became 0.71, 0.68, 0.52, 0.16% in after 5 years treatment programme of T₁, T₂, T₃, T₄, respectively and all the approaches were commonly observed to be effective in the decrease of the prevalence. However, in approach T₁, T₂ from about the years of 2000, the rate showed the tendency of increasing again. But in the T₃, T₄, the continuous decreasing tendency of the rate were observed.

4) The trends under the combined approaches of BCG and treatment

The decreasing trend was observed in all approaches and more the intensity of the programmes, the more the decreasing trend was remarkable.

5) Trends under specific programme such as the combined approaches of B₄+T₁, and B₁+T₄.

In the approach B₄+T₁, a programme with intensive prevention but neglected treatment the prevalence was observed gradual decrease while in the approach B₁+T₄, a programme with intensive treatment but neglected prevention, the fall of prevalence was observed rather earlier years of the programme.

However, the final decrease rate of the prevalence was larger in the approach of B₄+T₁ than in that of B₁+T₄.

서론

한국의 결핵관리 사업은 1961년까지는 소규모의 산발적인 지역사업으로 추진되어 왔으나 1962년부터는 조직적이며 전국적인 규모로 오늘에까지 수행되어 왔다.

그러나 우리나라는 아직도 국가의 경제가 개발도상에 있기때문에 결핵 문제를 해결해 나가는 과정에서 경제적, 사회적 제약을 받지 않을 수 없으며 이러한 환경에서의 결핵사업은 예방사업과 치료사업이 과학적이고 경제적이여야 하며 타당성이 있고 효율적인 계획화에 추진되어야 함은 사실이다.

이와같은 (사업추진을 위하여 과거 수행되어온) 사업 결과를 정확하게 평가를 하고 충분한 검토가 되어야 할 것이며 지속적인 사업 추진을 위한 계획수립을 위하여 금후 결핵의 역학적인 기전(Epidemiological Mechanism)을 이해하며 미래의 결핵문제를 추정해 보는 것도 바람직한 일이라 생각한다.

결핵의 Epidemiological Model에 관하여는 Dr. M. A. Piot¹⁾, Mr. H. T. Waaler²⁾, Dr. Y. Azuma³⁾ 및 미국 Cornell 대학에서 저명한 TB Modelist⁴⁾들에 의하여 발표된 바 있다.

저자는 우리나라 결핵의 역학적인 추세를 관찰하기 위하여 Y. Azuma 씨의 Tuberculosis Epidemiological flow chart [Table 1]에 의한 Simulation Model을 인용하여 우리나라에서 보고된 바있는 수치(data)들을 활용하여 1970년부터 향후 60년인 2030년까지의 결핵추세를 여러가지 approach에 따라 관찰하였다.

Table 1. Epidemiological Tuberculosis flow Chart (By Y. Azuma)

- (주) ① Dr. M. A. Piot; Medical Officer, Tuberculosis Unit of W. H. O.
 ② Mr. H. T. Waaler; Senior Statistician, Central Tuberculosis Registry, DSTO.
 ③ Dr. Y. Azuma; Epidemiological Section Chief, The Research Institute of Anti-Tuberculosis, Tokyo, Japan.
 ④ 1968년 미국 Cornell 대학의 후원으로 세계의 저명한 Modelist들에 의하여 Consensus Epidemiologic Model을 작성하여 발표했다.

방법 및 자료

우리나라의 역학적인 추세를 관찰하기위하여 Y. Azuma 씨에 의하여 발표된 "Simulation Model"를 적

Parameter 와 Variable 표

Parameter 또는 Variables	수 치 (Data)	참 고 자 료
백담균양성 양성율 (Prevalence of Bac. Case)	1965 : 0.94% 1970 : 0.74%	전국 결핵실태조사보고, 보건사회 부 결핵연구원(1965, 1970)
결핵감염율 (Prevalence of Infection among Mantou Negative)	1965 : 59.7% 1970 : 64.8%	" "
BCG 접종율 (BCG Coverage Rate)	1965 : 16.4% 1970 : 30.3%	" "
신환발생율 (TB Incidence)	Bacillary Case : 0.2%	장기결핵역학조사 결핵 연구원 1970
감염발생율 (Risk of Infection)	1970 : 3.5%	" " [=., 3)] 참조
결핵사망율 (TB Death Rate among TB pt.)	annual Death Rate:5%	
자연인구증가율 (Natural Pop. Inc.)	1965 : 2.7% 1970 : 20.0% 1975 : 1.49%	[Table 6] 참조

용하였고 이에 따른 유병율(Prevalence Rate), 감염율
(Prevalence of Infection among the Population wi-
thout BCG Scar), 및 BCG 접종율(BCG Coverage)의
산출이 인용되는 공식(Equation)을 사용하여 연도별로
유병율, 감염율 및 BCG 접종율을 구하여 관찰하였다.

1) 인용된 공식(Azuma's Eguation)

$$Y_n = [Y_{n-1}(1-D) + IX_{n-1}(1-Y_{n-1}-B_{n-1})]/(1+P)$$

$$B_n = [B_{n-1}(1-D) + \alpha(1-Y_{n-1}-B_{n-1})]/(1+P)$$

$$X_n = [X_{n-1}(1-T-D-\beta) + iY_{n-1}]/(1+P)$$

(주) Y: Prevalence of TB Infection(Mantou Positive
Rate)

B: BCG Coverage

X: Tuberculosis Prevalence Rate

D: General Death Rate

T: TB Death Rate in TB Patient

I: Risk of Infection/TB Prevalence Rate

i: TB Incidence Rate

P: Natural population Increase Rate

α : BCG Vaccination Effect against New Born

β : Treatment effect in TB Patient

n: Years.

2) Parameter 및 Variables의 적용

본 연구를 위하여 활용되어야 할 수치(Data) 중에는
공식적으로 보고된 것과 아직 보고된 바없는 수치
(Data)들이 있어 적용에 곤란이 있었으나 수치(Data)
의 적용 경위는 다음과 같다.

3) 감염발생율(Risk of Infection)의 계산

결핵의 연간 감염발생율은 미감염 인구중에서 연간 세
로히 감염되는 인구의 비(Rate)를 말하는 것으로서 이
의 산출방법은 공식($N_n = N_0(1-r)^n$)로서 대수표(loga-
rithmic paper)에 의하여 산출하는 방법과 logarithmic
graph에 의하여 추정산출하는 법 또는 간단한 계산법
에 의하여 산출하는 방법등이 있다.

간단한 계산법에 의하여 산출하는 방법을 보면 우리

0~4세의 감염율

Year(년도)		Positive(양성)	Negative(음성)
1965	0~4세	10.2%	89.8%
1970	5~9세	26.1%	73.9%

나라의 결핵실태조사 보고에 의하면 1965년 0~4세 아
동군에서의 감염율 10.2%에서 5년후인 1970년에는 5~
9세 인구군이 되어 이들은 26.1%의 감염율을 나타내어
5년간에 증가된 감염 인구군은 15.9%이며 이 감염 인구
는 1965년의 89.8%에서 감염된 것으로 5년간 감염되
는 비율은 $(15.9 \div 89.8) \times 100$ 으로서 17.58%가 되며 이
를 연간 감염율로 보면 $17.58 \div 5$ 로서 약 3.5%가 됨을
추정할 수 있다.

4) Parameter 및 Variables의 적정검사

결핵균 양성환자의 역학적인 추세를 관찰하기전에 인
용되는 모든 수치(Data)의 신뢰성을 확인하기 위하여
1965년 전국 제1차결핵실태조사에서 보고된 유병율, 감

Table 2. Effects of preliminary Approach (1965~1970)

approaching Data at 1965 (100%=1)	X=0.94%, Y=49.9%, B=16.4% 1+β=1.027%, 1-D=0.99%, TBD=8%, β=0.05, 2=0.608, I=		
years	x	y	B
1966	0.009094	0.492477	0.179996
1967	0.008572	0.485172	0.195415
1968	0.008121	0.477289	0.210278
1969	0.007729	0.468986	0.224606
1970	0.007383	0.460389	0.238417*

* 1970년도의 B=2.238417 BCG 접종 효율임으로 BCG Coverage는 BCG의 protection effect인 0.8 (80%)를 곱한 것 0.2980(29.8%)이다.

염율 및 BCG 접종율을 기점수치(Initial Data)로 하여 모든 통계수치(Statistical Data)를 적용함으로써 1970년 제2차 전국결핵실태조사에서 보고된 유병율, 감염율 및 BCG 접종율에 근사한 결과를 얻을 수 있는지 확인 시험을 해본 결과[Table 2] 같은 유사한 결과를 얻었기에 1970년 이후의 추정에 임하였다.

5) BCG 접종효과와 치료효과에 의한 결핵균 양성환자의 유병율의 추세 (Estimation Trends of Prevalence of Bac. Cases By Treatment Effects and BCG Vaccination Effects)

Table 4. Parameters and Variables used in the estimation of trend of tuberculosis under the BCG alone without treatment

Parameters & variables (100%=1)		Approaches			
		B ₁	B ₂	B ₃	B ₄
	X	0.0074	//	//	//
	Y	0.452	//	//	//
	B	0.303	//	//	//
	1+P	1.020	//	//	//
	1-D	0.992	//	//	//
	TSD	0.05	//	//	//
	I	4.7	//	//	//
β	Treat. Coverage Regularity Treat. Effects	0	0	0	0
α	BCG Coverage BCG Efficacy	0.76 } 0.608 0.8 }	1.20 } 0.96 0.8 }	1.80 } 1.5 0.8 }	3.12 } 2.5 0.8 }
years		60	//	//	//

Table 3. Approach of natural status without parators and variables used in the estimation of the trends of tuberculosis (without BCG and treatment programme)

Parameters & Variables (100%=1)		(No BCG & No Treatment)
	X(0.074)	//
	Y(0.452)	//
	B(0.303)	//
	1+P(1.020)	//
	1-D(0.992)	//
	TBD(0.05)	//
	I(4.7)	//
β	Treat Coverage	0
	Regularity	0
	Treat Effects	0
α	BCG Coverage	0
	BCG Efficacy	0
Duration (years)		60

(가) 자연추세(Natural trend)

1970년을 기하여 BCG 접종에 의한 예방사업 및 치료 사업을 전혀 시행하지 않은 것으로 가정하여 향후 60년간의 연도별 유병율의 추세를 관찰했다.[Table 3]

Table 5. Parameters and variables used in the estimation of trend of tuberculosis under treatment alone

Parameters & variables (1970) (100%=1)		Approach of Treatment programme			
		T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
X	(0.0074)	0.0074	//	//	//
Y	(0.452)	0.452	//	//	//
B	(0.303)	0.303	//	//	//
1+P	(1.020)	1.020	//	//	//
1-D	(0.992)	0.992	//	//	//
T B D	(0.05)	0.05	//	//	//
I	(4.7)	4.7	//	//	//
β	Treat. Coverage	0.12	0.16	0.32 or 0.20	0.70
	Regularity	0.5	0.5	0.5 or 0.8	0.80
	Treat. Effects	0.8	0.8	0.8	0.80
		0.05		0.128	0.448
α	BCG Coverage	0	0	0	0
	BCG Efficacy				
Duration (years)		60	//	//	//

(나) BCG 예방접종 단독 사업에 의한 결핵균양성환자의 유병률 추세

(Trends of the prevalence by BCG programme alone without treatment)

1970년을 기하여 치료사업은 전혀 시행하지 않고 BCG 예방접종에만 의존하는 사업을 전개하는 것으로 가정하여 객담에 결핵균 양성환자의 연도별 유병률의 추세를 관찰하였다.

이때 BCG의 접종효과(BCG Vaccination Effects)는 BCG 접종율(BCG Vaccination Coverage)과 BCG 접종에서 얻을 수 있는 발병의 방어효율(참고문헌 25)에 관계함을 고려함으로써 다음과 같이 생각할 수 있다.

$$\begin{aligned} \text{BCG 접종효과} &= \text{BCG 접종율} \\ (\text{BCG Vacc. Effect}) & (\text{BCG Vacc. Coverage}) \\ & \times \text{방어효율} \\ & (\text{Protection Efficacy}) \end{aligned}$$

본 연구에서는 연간 BCG 접종율은 해당 연도중 출생하는 신생아수를 기준으로 하여 각각 76%(approach B₁), 120%(approach B₂), 180%(approach B₃), 310%(approach B₄)에 해당하는 수의 아동들에게 접종하는 것으로 가정하고 이와같이 접종을 받은 사람중 적어도 80%의 발병을 방지하는 효과(Protection Efficacy)가 있다고 가정 한다면 approach B₁, B₂, B₃, B₄에 있어서 접종 효과는 각각 0.608, 0.96, 1.50 및 2.50이라는 효과계수를 얻고 이를 이용하여 적용(Approach)시킴으로서 유병률을 관찰하였다.[Table 4]

출생아동수의 120% 접종율이란 만일 1년간에 출생하는 아동수를 100명이라고 가정할 때 예방접종수는 120명으로서 신생아 아동 100명에게 전부 접종하고 나머지 20명을 취학아동이나 미취학아동에게도 접종할 수 있는 수만큼 접종한다는 뜻이다.

(다) 치료단독 사업에 의한 유병률의 추세

(Estimation trends of approach by treatment programme without BCG vaccination)

1970년을 기점으로 하여 BCG 예방접종은 전혀 시행하지 않고 객담에 균양성환자에 대한 치료 사업만을 시도함으로써 연도별로 균양성 환자의 추세를 관찰하였다.

객담에 결핵균양성환자를 치료하여 얻을 수 있는 치료효과(Treatment Effect)는 전체 치료환자중 실제로 치료 중에 있는 환자의 비율(Treatment Coverage)과 치료를 받고 있는 환자중 일정한 기간을 규칙적으로 복약하여야 치유될 수 있다는 것을 고려하여 치료를 규칙적으로 받고 있는 환자의 비율(Regularity)과 이렇게 규칙적으로 치료를 받고 있는 환자 중에서 기대할 수 있는 치유율(Cure Rate)에 서로 관계 한다고 생각하였다. 즉 이 관계는 다음과 같이 볼 수 있다.

$$\begin{aligned} \text{치료효과} &= \text{치료를} \\ (\text{Treatment Effect}) & (\text{Treatment Coverage}) \\ & \times \text{규칙성} \times \text{완치효율} \\ & (\text{Regularity}) (\text{Cure Rate}) \end{aligned}$$

규칙적인 치료환자중 완치될 수 있는 비율(Cure Rate)을 80%로 생각한다면 치료효과는 치료율(Treatment

Table 6. Parameters and variables used in the estimation of trend of tuberculosis under various approaches

Parameter & variables (100%=1)		Approaches						
		B ₁ +T ₁	B ₂ +T ₂	B ₂ +T ₃	B ₃ +T ₂	B ₃ +T ₃	B ₄ +T ₁	B ₁ +T ₄
X (0.0074)		0.0074	//	//	//	//	//	//
Y (0.452)		0.452	//	//	//	//	//	//
B (0.303)		0.303	//	//	//	//	//	//
1+P(1.020)		1.020	//	//	//	//	//	//
1-D(0.992)		0.992	//	//	//	//	//	//
T B D(0.05)		0.05	//	//	//	//	//	//
I (4.7)		4.7	//	//	//	//	//	//
β	Treat. Coverage							
	Regularity	0.05	0.06	0.128	0.06	0.128	0.05	0.448
	Treat. Effect							
α	BCG Coverage	0.608	0.96	0.96	1.5	1.5	2.5	0.608
	BCG Effect							
Duration (years)		60	60	60	60	60	60	60

Table 7. Vital Statistics 1960~1970. Abstract from National TB programme, 1971.
Ministry of Health and Social Affairs ROK

year	Crude Birth Rate*	C. B. R. * Under Planned Program	Crude Death Rate*	Natural Increase Rate*
1 9 6 0	42.0	13	13.0	29.0
1 9 6 1	42.0		13.0	29.0
1 9 6 2	41.0		13.0	28.0
1 9 6 3	40.0		12.0	28.0
1 9 6 4	39.0		11.0	28.0
1 9 6 5	37.0		10.0	27.0
1 9 6 6	35.0		10.0	25.0
1 9 6 7	34.0	33.9	10.0	24.0
1 9 6 8	33.4	31.6	8.7	22.9
1 9 6 9	32.9	29.3	8.3	21.0
1 9 7 0	32.4	28.0	8.0	20.0
Expected in 1976 under the planned program		21.2	6.3	14.9

Coverage)과 치료의 규칙성(Regularity)에 따라 변화가 있음을 알 수 있다.

본 연구에서는 치료율(Treatment Coverage)과 규칙적인 복용율(Regularity)을 각각 10%와 50%, 15%와 50%, 30%와 50%, 70%와 80%로 생각하고 치유율을 80%로 한다면 이 결과 얻어지는 치료효과계수는 각각 0.05(approach B₁), 0.06(approach B₂), 0.128(approach B₃), 0.448(approach B₄)로서 이를 적용하

여 유병율을 관찰하였다. [Table 5]

(라) BCG 예방접종 및 치료사업의 동시활용에 의한 유병율 추세

(Estimation Trends of Combined Approaches by BCG Vaccination and Treatment Programme.)

1970년을 기점으로 하여 예방접종 사업과 치료사업을 동시에 실시하는 것으로서 “(나)”항에서 적용한 B₂, B₃와 “(다)”항에서 적용한 T₂, T₃를 서로 조합(Combi-

Table 8. Adjusted parameters influenced by the population increase and death (These parameters are only used in the estimation of trend under the B_1+T_1 (1975~2030))

Approaching data (100%=1)	**Effect of (B_1+T_1) 1975	Applied decreased Pop. Inc. Rate and gen. Death Rate
X	0.007156	0.007156
Y	0.430980	0.430980
B	0.342622	0.342622
1+P	—	0.0149
1-D	—	0.9947
T B D	—	0.05
I	—	4.9
β	—	0.05
α	—	0.608
years	—	60

nation)을 시켜 각각 B_2+T_2 , B_2+T_3 , B_3+T_2 , B_3+T_3 의 적용(Approach)에 의한 결핵균양성 환자의 유병율의 추세를 관찰하였다.[Table 6]

(마) BCG 접종과 치료사업의 동시활용에서 B_4+T_4 과 B_1+T_4 의 적용에 의한 유병율 추세

(Estimation trends of combined approaches by B_4+T_4 or B_1+T_4 programme)

1970년을 기하여 BCG 예방접종과 치료사업을 동시에 실시하되 본 연구에서 적용한 BCG 사업("나"항)과 치료사업("다"항)에서 예방접종사업을 최대한으로 활용하고, 치료사업은 가장 적게 활용하는 동시사업(B_4+T_4)과 반대로 예방접종을 가장 소규모로 사업을 전개하고 치료사업은 최대로 활용하는 동시사업(B_1+T_4)을 적용함으로써 유병율의 추세를 비교 관찰하였다.[Table 6]

(바) 유병율의 추세에 대한 인구증가율의 영향

(Estimation Trend of Prevalence of Bacillary Cases Influenced by decreased Natural Population Increase Rate)

적용(Approach) B_1+T_1 을 적용하여 2030년까지의 유병율의 추세와 정부의 인구억제 정책에 따라 실시하고 있는 가족계획사업과 일반 보건관리의 향상으로 1975년의 자연인구증가율과 사상율이[Table 7]에서와 같이 된다고 가정했을 때 이로 인한 인구의 변화로 오는 결핵환자 유병율의 추세를 비교 관찰하였다.[Table 8]

6) 결핵유병율, 감염율 및 BCG 접종율(BCG Vaccination)을 위한 공식(Equation)의 유도

1년후의 인구(POP_1)의 추정은 현재의 인구(POP_0)와 1년간 출생한 출생수($BIRTH_0$) 및 1년간에 사망한 인구수($DEATH_0$)에 관계가 있으며 이는 다음과 같이 표시할 수 있다. 즉

$$POP_1 = POP_0 + BIRTH_0 - DEATH_0$$

$$= POP_0 \times \left(1 + \frac{BIRTH_0 - DEATH_0}{POP_0} \right) \dots\dots(1)$$

$$\left(\frac{BIRTH_0 - DEATH_0}{POP_0} = p(\text{자연 인구증가율}) \right)$$

$$POP_1 = POP_0 \cdot (1+p) \dots\dots\dots(2)$$

로 볼 수 있다.

1년후의 감염인구(INF_1)는 현재의 감염인구(INF_0)중 사망하는 수(INF_{D0})를 제외하고 1년간 새로 감염되는 인구(inf_0)를 더하여준 것으로서 이를 다음과 같이 표시할 수 있다. 즉

$$INF_1 = INF_0 - INF_{D0} + inf_0 \dots\dots\dots(3)$$

새로 감염되는 감염인구(inf_0)라고 하는 것은 전염성인 결핵환자수(TB_0)에 비례하며 기감염된 인구중에서 재감염(reinfection)되는 것은 여기에서는 고려하지 않을 때 연중 새로운 감염인구는

$$inf_0 = I \times TB_0 \times (POP_0 - INF_0) / POP_0$$

$$= I \times TB_0 \times \left(1 - \frac{INF_0}{POP_0} \right) \dots\dots\dots(4)$$

라고 할 수 있으며 "(4)"를 "(3)"에 대입하면 이는

$$INF_1 = INF_0(1-D) + I \times TB_0 \left(1 - \frac{INF_0}{POP_0} \right) \dots\dots\dots(5)$$

와 같이 되며 이때 "I"는 항수(Constant)이다.

연간 감염발생율(Risk of Infection)이란 감염되지 않은 인구(Non-infected Population= $NON-INF_0$)중에서 연중 감염되는 인구(inf_0)와의 비율을 나타내는 것임으로 "4)"는 다음과 같이 표시할 수 있다. 즉

$$\frac{inf_0}{NON-INF_0} = I \times TB_0 \times \frac{POP_0 - INF_0}{POP_0} \times \frac{1}{NON-INF_0}$$

$$(POP_0 - INF_0 = NON-INF \text{ 임으로})$$

$$= I \times TB_0 \times \frac{NON-INF_0}{POP_0} \times \frac{1}{NON-INF_0}$$

$$= I \times \frac{TB_0}{POP_0}$$

$$\left(\frac{TB_0}{POP_0} = \text{prevalence Rate} \right)$$

그러므로

$$\text{Risk of Infection} \left(\frac{\text{info}}{\text{NON INF}_0} \right)$$

$$= I \times \text{prevalence Rate}$$

따라서

$$I = \frac{\text{Risk of Infection}}{\text{prevalence rate}} \dots \dots \dots (\text{Constant})$$

이와같이 하여 감염발생율이라는 것은 항수(Constant) "I"와 유병율을 곱한 것이 되며 "I"는 감염발생율을 유병율로 나눈 비율이라는 관계를 알 수 있다.

이로서 1년후의 결핵감염율(prevalence of infection)이란 1년후의 감염인구수(INF₁)에다 1년 후의 총인구수(POP₁)로서 나눈 비율임으로 식"(5)"을 인구수(POP₁)로 나누면 즉

$$\frac{\text{INF}_1}{\text{POP}_1} = \frac{\text{INF}_0(1-D)}{\text{POP}_0(1+P)} + I \times \frac{\text{TB}_0}{\text{POP}_0(1+P)} \times \left(1 - \frac{\text{INF}_0}{\text{POP}_0} \right) \dots \dots \dots (6)$$

$$\left(\begin{array}{l} \frac{\text{INF}}{\text{POP}_1} = Y_1 (\text{1년째의 감염율}) \\ \frac{\text{INF}_0}{\text{POP}_0} = Y_0 (\text{0년째의 감염율}) \\ \frac{\text{TB}_0}{\text{POP}_0} = X_0 (\text{0년째의 감염율}) \end{array} \right) \text{이라고 한다면 " (6) "은}$$

$$Y_1 = [Y_0(1-D) + I \cdot X_0(1-Y_0)] / (1+P) \dots \dots \dots (7)$$

로 될 수 있다.

만일 1년이 경과하기전에 처음부터 인구의 어느 일부분이 이미 효과적인 BCG 접종(Effective BCG Vaccination)이 되어 있었다고 한다면 식 "(4)"는 다시

$$\text{info} = I \cdot \text{TB}_0 \cdot \left(1 - \frac{\text{INF}_0}{\text{POP}_0} - \frac{\text{BCG}_0}{\text{POP}_0} \right) \dots \dots \dots (4')$$

따라서 "(7)"은 다시

$$Y_1 = [Y_0(1-D) + I \cdot X_0(1-Y_0-B_0)] / (1+P) \dots \dots \dots (7')$$

로 표현될 수 있다.

다음은 1년후에 BCG 접종을 받은 인구(B₁)는 현재에 BCG 접종을 받은 인구(B₀)와 연중 BCG 접종을 받은 인구의 사망수(BCGD₀)를 빼고, 연중 새로 BCG 접종을 받는 인구수(bcg₀)를 더하여 주는 것으로 이는 다음과 같이 나타낼 수 있다. 즉

$$\begin{aligned} \text{BCG} &= \text{BCG}_0 - \text{BCGD}_0 + \text{bcg}_0 \\ &= \text{BCG}_0(1-D) + \text{bcg}_0 \dots \dots \dots (8) \end{aligned}$$

만일 년중 실시하는 접종수(bcg₀)를 연중 출생하는 신생아수(BIRTH₀)에 기준하여 연간 접종율(α: BCG Coverage)은

$$\text{bcg}_0 = \text{BIRTH}_0 \times \alpha \left(\alpha = \frac{\text{BCG Covered}}{\text{BIRTH}_0} \right) \text{이며}$$

이를 "(8)"에 대입하면

$$\text{BCG}_1 = \text{BCG}_0(1-D) + \text{BIRTH}_0 \times \alpha$$

이를 다시 인구수(POP₁)로 나누면

$$\frac{\text{BCG}_1}{\text{POP}_1} = \frac{\text{BCG}_0(1-D)}{\text{POP}_0(1+P)} \times \frac{\text{BIRTH}_0 \times \alpha}{\text{POP}_0(1+P)}$$

가 되며 이는

$$\begin{aligned} \text{Birth rate (b)} &= \text{Death rate(D)} \\ &= \text{Population increase rate(p)} \end{aligned}$$

$$\therefore b = (p+D)$$

$$B_1 = [B_0(1-D) + \alpha(p+D)] / (1+P) \dots \dots \dots (9)$$

가 된다.

다음은 이환율(Prevalence Rate)에 대하여 생각하면 결핵환자의 수는 결핵환자의 감소(TBLOSS)(결핵환자(TB)중에서 결핵으로 인하여 사망하는 수(TBD)와 비결핵에 의하여 사망하는 수(NON TB)와 치유되는 결핵환자수(CURE))와 새로 발생하는 환자수(inc₀)에 관계하므로 다음과 같이 표시할 수 있다.

$$\text{TB}_1 = \text{TB}_0 - \text{TBLOSS} + \text{inc}_0 \dots \dots \dots (10)$$

$$\text{TBLOSS} = \text{TBD}_0 + \text{NTBD} + \text{CURE}$$

$$\left(\frac{\text{TBD}}{\text{TB}} = T, \frac{\text{NTBD}}{\text{TB}} = D, \frac{\text{CURE}}{\text{TB}} = \beta \right) \text{이면}$$

$$\text{TBLOSS} = \text{TB}_0(T+D+\beta) \text{이다.}$$

결핵에 감염된 인구(INF₀)중에서 발병하는 발병율(i)을 항수(Constant)라고 보면 신환 발생수는

$$\text{inc}_0 = i \times \text{INF}_0 \text{라고 할 수 있다.}$$

그러므로 "(10)"식은

$$\text{TB}_1 = \text{TB}_0(1-T-D-\beta) + iY_0 \text{가 되며}$$

이를 POP₁로 나누면 이는

$$X_1 = [X_0(1-T-D-\beta) + iY_0] / (1+P) \dots \dots \dots (11)$$

가 된다.

이상에서 얻은 유병율, 감염율 및 BCG접종율의 공식을 간추려 보면 다음과 같다.

$$\left(\begin{array}{l} X_n = [X_{n-1}(1-T-D-\beta) + iY_n] / (1+P) \\ Y_n = [Y_{n-1}(1-D) + I \cdot X_{n-1}(1-Y_{n-1}-B_{n-1})] / (1+P) \\ B_n = [B_{n-1}(1-D) + \alpha(p+D)] / (1+P) \end{array} \right)$$

결 과

(가) 자연추세(Natural Trend)

책담에 결핵균 양성인 환자의 유병율이 0.74%인 1970년에서부터 점차적으로 상승하여 1995년에 와서는 유병율이 가장 높은 1.50%에 달했으며 이 상태는 5년후인 2,000년도까지 계속되다가 다시 저하하는 경향을 보이게 시작하여 2030년에는 1.11%로 나타났다[Table 9] [Fig 1].

(나) BCG 예방 접종 단독사업에 의한 결핵균양성환자의 유병율의 추세

(Estimated Trends of Approaches by BCG Programme without Treatment)

Table 9. Effects with Independent Approach of BCG & Treatment Program (by each 5yr's)

Year	X Y B	Natural Trend	Approaches with only BCG				Approaches with only Treatment			
			B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
1970	X	0.007400								
	Y	0.452000	//	//	//	//	//	//	//	//
	B	0.303000								
1975	X	0.010397	0.008700	0.008693	0.008683	0.008666	0.007165	0.006894	0.005290	0.001679
	Y	0.393271	0.434335	0.430987	0.425850	0.416342	0.436097	0.435334	0.430526	0.406275
	B	0.263630	0.342622	0.388355	0.458514	0.588437	0.263630	0.263630	0.263630	0.256392
1980	X	0.012488	0.009442	0.009373	0.009271	0.009004	0.006959	0.006549	0.004466	0.001449
	Y	0.342171	0.420138	0.406188	0.384926	0.345951	0.428540	0.425753	0.409620	0.366022
	B	0.229373	0.377097	0.462621	0.593823	0.836790	0.229373	0.229373	0.229373	0.223076
1985	X	0.013860	0.009824	0.009605	0.009279	0.008685	0.006815	0.006329	0.004072	0.001307
	Y	0.297709	0.406585	0.377301	0.333309	0.254567	0.426360	0.421009	0.391968	0.331686
	B	0.199568	0.407094	0.527237	0.711552	0.052876	0.199568	0.199568	0.199568	0.194089
1990	X	0.014664	0.009964	0.009509	0.008829	0.007621	0.006738	0.006260	0.003839	0.001188
	Y	0.259027	0.392794	0.345934	0.277075	0.158868	0.427804	0.419769	0.377824	0.302189
	B	0.173635	0.433192	0.583458	0.813987	1.240888	0.173635	0.173635	0.173635	0.168867
1995	X	0.015023	0.009941	0.009177	0.008053	0.006126	0.006718	0.006138	0.003682	0.001085
	Y	0.225368	0.378729	0.313905	0.221476	0.072188	0.431847	0.421150	0.366570	0.276611
	B	0.151072	0.455900	0.632376	0.903111	1.404470	0.151072	0.151072	0.151072	0.146924
2000	X	0.015040	0.009808	0.008686	0.007075	0.004452	0.006747	0.006125	0.003566	0.000995
	Y	0.196083	0.364635	0.282653	0.170060	0.002890	0.437778	0.424539	0.320203	0.254216
	B	0.131439	0.475656	0.674938	0.980658	1.546801	0.131439	0.131439	0.131439	0.128730
2005	X	0.014798	0.009602	0.008100	0.006008	0.002823	0.006812	0.006150	0.003479	0.000917
	Y	0.170603	0.350806	0.253126	0.124833	0.044987	0.445130	0.429456	0.354691	0.234462
	B	0.014364	0.009347	0.711969	1.048127	1.670639	0.114357	0.114357	0.114357	0.111217
2010	X	0.014364	0.009347	0.007465	0.004939	0.001408	0.006905	0.006202	0.003414	0.000847
	Y	0.148434	0.337446	0.225818	0.086632	0.070803	0.453510	0.435540	0.346789	0.216904
	B	0.099495	0.507802	0.744191	1.106832	1.778387	0.099495	0.099495	0.099495	0.096763
2015	X	0.013792	0.009066	0.006819	0.003923	0.000504	0.007020	0.006278	0.003364	0.000785
	Y	0.129145	0.324711	0.200951	0.055561	0.076786	0.462600	0.442490	0.343197	0.201202
	B	0.086562	0.520815	0.772226	1.157909	1.854416	0.086562	0.086562	0.086562	0.084185
2020	X	0.013125	0.008773	0.006182	0.003005		0.007149	0.006368	0.003331	0.000729
	Y	0.112361	0.312691	0.178537	0.031280		0.472143	0.450061	0.340673	0.187074
	B	0.075312	0.532139	0.796616	1.202350		0.075312	0.075312	0.075312	0.073244
2025	X	0.012400	0.008478	0.005574	0.002205		0.007288	0.006470	0.003303	0.000678
	Y	0.097757	0.301427	0.158465	0.013183		0.481918	0.458041	0.339020	0.174314
	B	0.065524	0.541991	0.817839	1.241017		0.065524	0.065524	0.065524	0.063724
2030	X	0.011641	0.008181	0.005004	0.001537		0.007433	0.006579	0.003288	
	Y	0.085050	0.290928	0.140584	0.000501		0.491730	0.466230	0.338057	
	B	0.057006	0.550562	0.836305	1.274659		0.057006	0.057006	0.057006	

X: Prevalence of Bac. Case Y: Prevalence of Infection B: Effective BCG Coverage

Fig. 1. Estimated Trends of TB Prevalence (Bac. cases) with Independent Approaches of BCG Vaccination and Treatment Programme

Fig. 2. Estimated Trend of TB Prevalence (Bac. cases) by Combined Approaches of BCG Vacc. and Treatment Programme

적용한 각종 approach B₁, B₂, B₃, B₄에 따라 유병율의 추세는 1970년의 0.74%에서 1975년에는 각각 0.87%, 0.86%, 0.86%, 0.86%로서 BCG 접종량에는 관계없이 다 같이 같은 상태로 상승하는 경향을 나타내고 있었으며 이와같은 상승의 추세는 Approach B₁에서는 1995년도에는 0.99%에 달하며 Approach B₂에서는 1985년도에 0.96%, Approach B₃에서는 1980년도에

0.92%, Approach B₄에서는 1980년도에 0.90%에 달하여 정상을 이루었으며 이들은 그후부터 하강하는 추세를 보여 2000년도에서는 0.98%, 0.86%, 0.70%, 0.44%의 유병율을 나타냄으로서 BCG 접종량에 따라 유병율의 저하는 현저한 차이를 나타내었으며 이러한 차이는 연수가 지날수록 심하여 2030년에는 각각 0.81%(B₁), 0.50%(B₂), 0.15%(B₃)로서 BCG 접종량(BCG Cover-

Fig. 3. Estimation Trends of Prevalence of Bacillary Cases by Various Approaches B_4+T_1 , B_1+T_4 and Succeeded Family Planning Programme

age)에 따라 현저히 저하함을 볼 수 있었고 Approach B_4 에서는 2010년에 유병율이 이미 0.1%로 저하함을 볼 수 있었다[Table 9] [Fig 1].

(다) 치료 단독 사업에 의한 결핵균 양성환자의 유병율 추세

(Trends of Prevalence of Bacillary Cases by Approaches of Treatment without BCG Vaccination)

적용한 치료 효과 즉 T_1 , T_2 , T_3 , T_4 에 따라 1970년의 0.74%에서 1975년에는 각각 0.71%, 0.68%, 0.52%, 0.16%를 나타내며 치료효과가 클수록 유병율의 감소가 많아짐을 볼 수 있었으며 2,000년에는 각각 0.67%, 0.61%, 0.35%, 0.09%를 나타내고 T_1 , T_2 는 각각 2,000년, 2,005년 부터 다시 상승하여 0.74%, 0.65%를 나타내었으며 T_3 , T_4 에서는 계속 조금씩 하강하여 2030년에는 0.32%와 0.06%의 유병율을 나타냄을 볼 수 있었다[Table 9] [Fig 1].

(라) BCG 예방접종 및 치료사업의 동시활용에 의한 유병율 추세

(Estimation Trends of Prevalence by Combined Approach BCG and Treatment Programme)

Approach B_2+T_2 , Approach B_3+T_2 에서는 1970년의 0.74%에서 1975년에는 다같이 0.68%를 나타내며 Approach B_2+T_3 와 Approach B_3+T_3 에서는 다같이 0.52%를 나타냄으로서 BCG 접종량에 의한 BCG 효과 (BCG Effect)에는 관계없이 치료효과(Treatment

Effect)에 따라 유병율이 감소되었음을 알 수 있었다. 1980년에 있어서도 1975년에서의와 같이 치료효과가 많음에 따라 유병율의 저하가 현저하였으며 Approach B_3+T_2 와 Approach B_2+T_2 에서는 다같이 0.64%, Approach B_2+T_3 와 Approach B_3+T_3 에서는 다같이 0.43%를 나타내었다.

그러나 1970년에서 30년후인 2,000년도부터는 BCG의 접종 효과의 영향이 나타나서 Approach B_2+T_2 와 Approach B_3+T_2 는 각각 0.44%와 0.36%로서 B_3+T_2 에서 더욱 많은 유병율의 저하를 볼 수 있으며 Approach B_2+T_3 와 Approach B_3+T_3 에서도 각각 0.27%와 0.22%로서 B_3+T_3 에서 더 많은 유병율의 저하를 나타내었다.

1970년에서 60년후인 2030년도에서는 Approach B_2+T_2 , B_3+T_2 , B_2+T_3 , B_3+T_3 에 의한 유병율의 추세는 0.22%, 0.09%, 0.12%, 0.06%로서 결과의 차이가 현저하게 나타남을 볼 수 있었다[Table 10] [Fig 2].

(마) Approach B_4+T_1 , B_1+T_4 에 의한 유병율의 추세

(Estimation Trends of Combined Approaches (B_4+T_1) and (B_1+T_4))

1970년의 0.74%에서 5년후인 1975년에는 Approach B_4+T_1 (BCG를 중점적으로 시도)와 Approach B_1+T_4 (치료를 중점적으로 시도)의 유병율은 각각 0.71%와 0.17%로서 전자에는 기대할만한 결과를 볼 수 없었으며 후자에서는 5년 사이에 많은 저하를 나타냄을 볼 수

Table 10. Effects of Combined Approaches with BCG and Treatment Programme (By Each 5 Years)

Year	X Y B	B. C. G. Vacc. and Treatment.							Applied Family Planning Programme from 1975 at B ₁ +T ₁
		B ₁ +T ₁	B ₂ +T ₂	B ₂ +T ₃	B ₃ +T ₂	B ₃ +T ₂	B ₄ +T ₁	B ₁ +T ₄	
1970	X Y B	0.007400 0.45200 0.303000	//	//	//	//	//	//	//
1975	X	0.007156	0.006878	0.005278	0.006868	0.005270	0.007126	0.007785	0.007156
	Y	0.430980	0.427466	0.423903	0.423044	0.420173	0.415092	0.413199	0.430980
	B	0.342622	0.388655	0.388355	0.458514	0.458514	0.588437	0.342622	0.342622
1980	X	0.006869	0.006456	0.004371	0.006338	0.004316	0.006593	0.001465	0.007113
	Y	0.408890	0.396064	0.380717	0.379531	0.374419	0.348811	0.368252	0.427469
	B	0.377097	0.462621	0.462621	0.593823	0.593823	0.836790	0.377097	0.314382
1985	X	0.006551	0.005946	0.003830	0.005732	0.003696	0.005761	0.001362	0.007081
	Y	0.386695	0.361979	0.349244	0.329909	0.326015	0.270192	0.328270	0.428758
	B	0.407094	0.527237	0.527237	0.711552	0.711552	1.052876	0.407094	0.288970
1990	X	0.006221	0.005460	0.003411	0.005062	0.003181	0.004729	0.001162	0.007087
	Y	0.365008	0.327631	0.313015	0.279506	0.279066	0.192151	0.292879	0.433356
	B	0.433192	0.583458	0.583458	0.813987	0.813987	1.240888	0.433192	0.266014
1995	X	0.005890	0.004971	0.003045	0.004367	0.002715	0.003634	0.001036	0.007134
	Y	0.344216	0.294463	0.279233	0.231665	0.235527	0.123256	0.261517	0.440330
	B	0.455900	0.632376	0.632376	0.903111	0.903111	1.404470	0.455900	0.245528
2000	X	0.005565	0.004494	0.002713	0.003690	0.002292	0.002593	0.000925	0.007219
	Y	0.324547	0.263293	0.248233	0.188312	0.196384	0.068085	0.233692	0.449034
	B	0.475656	0.674938	0.674938	0.980658	0.980658	1.546801	0.475656	0.227015
2005	X	0.005253	0.004037	0.002411	0.003053	0.001914	0.001692	0.000828	0.007336
	Y	0.306091	0.234539	0.220085	0.150343	0.162016	0.028094	0.208973	0.459024
	B	0.492846	0.711969	0.711969	1.048127	1.048127	1.670639	0.492846	0.210356
2010	X	0.004958	0.003611	0.002140	0.002481	0.001582	0.000978	0.000739	0.007481
	Y	0.288902	0.208333	0.194732	0.118000	0.132391	0.002466	0.186995	0.469942
	B	0.507802	0.744191	0.744191	1.106832	1.106832	1.778387	0.507802	0.195366
2015	X	0.004679	0.003218	0.001893	0.001983	0.001294	0.000463	0.000661	0.007645
	Y	0.272936	0.184678	0.172029	0.091068	0.107253	0.011080	0.167421	0.481493
	B	0.520815	0.772226	0.772226	1.157909	1.157909	1.872137	0.520815	0.181877
2020	X	0.004418	0.002860	0.001672	0.001557	0.001050	0.000129	0.000592	0.007823
	Y	0.258150	0.163462	0.151783	0.069165	0.086194	0.015635	0.149984	0.493421
	B	0.532139	0.796616	0.796616	1.202350	1.202350	1.953706	0.532139	0.169739
2025	X	0.004176	0.002535	0.001474	0.001202	0.000843	0.000051	0.000531	0.008009
	Y	0.244484	0.144526	0.133784	0.051559	0.068781	0.014495	0.134438	0.505506
	B	0.541991	0.817839	0.817839	1.241017	1.241017	2.024677	0.541991	0.158817
2030	X	0.003951	0.002243	0.001298	0.000913	0.000672	0.000119	0.000476	0.008202
	X	0.231852	0.127681	0.117828	0.037800	0.054523	0.010680	0.120559	0.517556
	B	0.550562	0.836305	0.836305	1.274659	1.274659	2.086426	0.550562	0.148990

X: Prevalence of Bac. Case Y: Prevalence of Infection B: Effective BGG Coverage

있었고 30년후인 2,000년도에서는 이들은 각각 0.25% 및 0.09%로서 BCG 접종을 최대한으로 활용하고 치료를 등한히 했을 경우인 B_4+T_1 의 효과가 치료를 최대한으로 활용하고 예방접종을 등한시켰을 경우인 B_1+T_4 의 효과에 상당히 접근하여 가는 것을 볼 수 있었다. 이러한 결과는 2015년에 와서 B_4+T_1 에서는 0.04%, B_1+T_4 에서는 0.06%로서 오히려 BCG 사업을 최대한으로 활용하는 Approach에서 좋은 결과를 나타냄을 볼 수 있으며 2030년에는 이는 각각 0.01%, 0.04%의 유병율을 보여 2015년 이전과는 반대의 큰 차이가 나타남을 볼 수 있었다[Table 10] [Fig 3].

(바) 유병률 추세에 대한 인구증가율의 영향

(Estimation Trend of Prevalence of Bacillary Cases Influenced by decreased General Population Increase Rate)

1975년의 0.74%에서 약간씩 저하하여 1985년의 0.70%까지 저하되었다가 다시 상승하여 2030년에는 0.082%로서 B_1+T_1 와는 반대의 현상을 볼 수 있었다[Table 10] [Fig 3].

결 론

저자는 본 연구에서 BCG 접종과 치료사업의 효과적인 계획수립을 하는 데 참고하고자 했으며 그결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1) 효과적인 결핵사업을 위하여 예방접종사업은 필수적으로 시행되어야 하여 접종율(BCG Coverage)이 많으면 많을수록 그효과는 더욱 기대할 수 있다.

2) BCG 예방접종에 의한 효과는 적어도 30년 또는 그 후에 기대할 수 있으며 따라서 BCG 접종사업은 꾸준히 장기적으로 시도되어야 함을 알 수 있었다.

3) 치료에 의한 유병율의 감소효과는 빠른 기간(5년~30년)내에 기대할 수 있으며 치료율(Treatment Coverage)가 많으면 많을수록 그효과는 빨리 나타난다. 그후에는 유병율의 감소가 극히 완만하다.

4) 예방접종사업과 치료사업을 각각 중점적으로 시도하였을 때 치료사업을 중점적으로 시도한 결과에서는 5년내에 급격한 저하 현상을 나타내지만 그후로는 극히 완만한 저하를 나타내며 예방접종에 중점적으로 시도한 사업결과는 치료사업보다 완만한 저하현상이 나타나지만 종래에 가서는 예방접종의 중점적인 사업 효과가 치료사업의 중점적인 사업효과보다 우수함을 알 수 있었다.

참 고 문 헌

1. WAALER H. T. and PIOT M. A. -Use of Epide-

miological model for Estimating the Effectiveness of Tuberculosis control measures. Bull. of the W.H.O., 1970, 43, 1-16.

2. W.H.O. Expect Committee on tuberculosis 8th report WHO Technical Report Series No. 290.
3. ROLLON A. Tuberculosis Sarveillance Reserch Units. Report No. 2.
4. 제1차 결핵실태조사보고 1965, 보건사회부 대한결핵협회 결핵연구원.
5. 제2차 결핵실태조사보고 1970, 보건사회부 대한결핵협회 결핵연구원.
6. ROULLON A. -The Place of Model in the Perspective of Tuberculosis Control "La Semaine des Hopitaux" Oct. 2, 1972.
7. BJARVEIT K, WAALER H. Some Epidence of the Efficacy of Moss BCG Vaccination, Bull, Wld, Hlth, Org. 1965, 33, 289-321.
8. BRÖGGER S. System Analysis in tuberculosis Control, Amer. Reo. Resp. Dis., 1967, 95.
9. FEREBEE S.H. An Epidemiological model of tuberculosis in U.S. Bull. Not. Tab. Ass. 1967, 53, 1.
10. MANDER, EILLASTRE C. ROULLON A. The prrection given by BCG, Rev. Tuberc. (Paris) 1967, 31.
11. PIOT M. A. A Simulation model of case finding and treatment in tuberculosis control 1967 (miniogrophed locumens WHO/TG/Techn Informa-tion/53)
12. PIOT M. A. An attempt at linear programming in Tuberculosis Control, WHO, 1966, Hlth Pap, 66/182.
13. SPRINGETT V.M. The value of BCG Vaccination, Tubercle 1965, 46, 76.
14. WAALER H. T. Dynamic model for the Spide-miology of Tuberculosis, Amer. Rev. Resp. Dis. 1968, 98.
15. WAALER H. T., GESER A., ANDERSEN S. The use of Mathematical models in the study of the Epidemidogy of Tuberculosis Amer. J. Pull. Hich. 1962, 52, 1002.
16. ARONSON, J. D., ARONSON C. F. TAILOR M. C. (1958) AMA Archiv. Inten. Med. 101, 881~893.

17. BROWH J.A., KINNEAR and STONE M.M. (1966) *Brit. Med. J.*, 1, 7-14.
 18. Palmer C.E. and LONG (1966) *Amer. Rev. Resp. Dis.* 94, 553-568.
 19. DUBOS R. (1964) *Amer. Rev. Resp. Dis.*, 90, 505-515.
 20. 장기결핵역학조사 1968. 1969. 1970. 대한결핵협회
 21. 장승철 약사공론(1969. 7. 24)106. 6-7
 22. COMSTOCK G.W., and PALMER C.E. (1966) *Amer. Rev. Resp. Dis.*, 93, 171-183.
 23. T. IWASAKI *Tuberculosis Control prothem in asian Country.*
 24. Y. AZUMA. *a Simulction Model of Dynamic Tuberculosis Epidemiology.*
 25. Medical Research Council (1963), *Brit. Med. J.*
-