

측정오차를 동반한 폭로변수의 분류오류에 대한 연구

남정모, 강형곤, 서 일

연세대학교 의과대학 예방의학교실

I. 서 론

비교위험도(relative risk)나 교차비(odds ratio)는 역학연구에서 폭로변수(exposure variable)와 질병과의 관련성에 대한 지표로서 많이 사용된다. 폭로변수는 흡연 유무, 결혼 상태 등과 같이 범주형으로 측정되기도 하고 혈압, 식이섭취량(dietary intake) 등과 같이 연속형으로 측정되기도 한다. 이러한 폭로변수들을 측정할 때 측정오차(measurement error)가 발생하는 경우가 많은데, 범주형 변수에서 측정오차로 인해 범주가 잘못 분류되는 것을 분류오류(misclassification)가 발생하였다고 한다. 질병이 있는 군과 없는 군의 분류오류가 동일한 확률로 발생한 경우 비차별분류오류(nondifferential misclassification), 그렇지 않은 경우에 차별분류오류(differential misclassification)로 정의한다(Kleinbaum et al. 1982). 폭로변수가 이분형인 경우 비차별분류오류로부터 발생하는 추정치의 치우침(bias)은 귀무가설을 향함(toward the null) 방향으로 발생한다(Fleiss 1981; Flegal et al. 1986; Brenner & Loomis 1994). 그러나 차별분류오류로부터 발생하는 치우침은 귀무가설로 향하거나 또는 귀무가설로부터 멀어지는 방향으로(away from the null) 발생할 수도 있으므로 그 방향성을 알 수가 없다. 또한 비차별분류오류가 발생하더라도 폭로변수가 세개 이상의 범주를 갖는 경우에도 치우침의 방향은 일정하지 않다고 알려져 있다(Dosemeci et al.

1990; Brenner 1993; 남 및 오 1993).

이러한 분류오류로 인한 추정치의 치우침을 줄이고자 그동안 많은 방법론적인 연구가 진행되었다. 폭로변수의 민감도와 특이도를 이용하여 추정치의 치우침을 줄이고자 시도한 연구가 있었으며(Copeland et al. 1977; Savitz & Baron 1989), 폭로변수를 측정할 때 두가지 방법의 측정도구로 조사하거나 또는 표본을 이중으로 추출하여 치우침을 줄이고자 한 방법론적인 연구들이 많았다(Chen 1979; Thompson 1984; Espeland et al. 1985; Marshall 1989; Drews et al. 1993; Flanders 1995). 한편 Marshall & Graham(1984)은 두가지 방법으로 측정한 폭로변수의 범주가 일치한 경우에만 분석하는 간단한 방법을 제안하였으나 자료의 낭비로 인하여 추정치가 비효율적이라는 비판을 받아왔다(Walter 1984).

한편 연속형으로 측정된 폭로변수가 측정오차를 동반하게 되면 폭로변수와 질병과의 관계는 과소추정된다. 또한 예전부터 통계적 효율(efficiency)의 손실에도 불구하고 연속형으로 측정된 폭로변수를 범주화하여 질병과의 관련성을 알아보는 경우가 많았다(Zhao & Kolonel 1992). Willett(1990)은 측정오차를 동반한 연속형 폭로변수를 범주화하여 질병과의 관계를 추정할때 측정오차가 질병 유무와 관계없이 발생하는 비차별측정오차(nondifferential measurement error)인 경우에 비차별분류오류가 발생할 것으로 생각하였다. 그러나 Flegal 등(1991)과 Weinberg 등(1994)은 이러한 상황에서의 분류오류는 비차별분류오류가 아니라 차별분류오류의 형태로

* 이 논문은 1994년도 한국학술진흥재단의 공모과제 연구비에 의하여 연구되었음.

도 발생할 수 있다는 것을 입증하였으며, Brenner & Loomis(1994)는 모의실험을 통하여 차별분류 오류로 야기된 추정치의 치우침에 대한 방향을 연구하였다.

이상의 연구들은 많은 폭로변수들이 측정오차를 동반한 연속형이며 이를 적당한 분류기준점(cutoff point)으로 범주화하여 질병과의 관계를 분석하는 상황을 생각할 때 매우 중요한 의미를 제공해 준다. 그러나 아직까지 이러한 분류오류의 영향을 최소한으로 줄이고자 시도된 방법론적인 연구는 없는 실정이다. 단지 폭로변수가 범주형인 경우에 추정치의 치우침을 줄이고자 제안된 여러 가지 방법들을 연속형으로 측정된 폭로변수를 범주화하는 경우에도 적용할 수 있으나 폭로변수가 한 번 측정된 경우에는 사용할 수 없는 치명적인 약점이 있다. 따라서 이 연구에서는 이러한 범주화로 야기되는 분류오류의 형태를 수학적으로 먼저 알아보고 비교위험도의 치우침을 줄일 수 있는 새로운 추정방법을 제안하고자 하였다. 구체적인 연구목적은 다음과 같다.

첫째, 측정오차를 동반한 연속형 폭로변수를 범주

화할 때 발생하는 추정치의 치우침을 줄일 수 있는 새로운 방법을 제안하였다.

둘째, 모의실험(simulation)을 통하여 기존의 방법들과 치우침의 정도를 비교해 보며 또한 검정력을 비교하였다.

셋째, 제안된 방법을 실증적인 자료에 적용하여 제안된 방법의 타당성과 활용성을 알아보았다.

II. 연구대상 및 방법

일반적으로 차별분류오류로부터 발생하는 치우침에 대한 방향은 예측할 수가 없다. 그러나 연속형으로 측정된 폭로변수를 범주화할 때 발생하는 차별분류 오류는 폭로변수의 수준이 분류기준점에 가까울수록 분류오류가 커지므로(Flegal et al. 1991) 어느 정도 추정치의 치우침에 대한 방향성을 예측할 수가 있다. 따라서 이 연구에서는 우선 폭로변수의 측정오차가 비차별적인 경우에도 차별분류오류가 발생할 수 있다는 것을 수학적으로 알아보고 다음으로 추정치의 치우침을 줄일 수 있는 새로운 방법을 제안하였다. 그

리고 모의실험을 통하여 제안된 방법과 기존의 방법이 어느정도 분류오류로 인한 치우침을 줄일 수 있는지 알아보았으며 또한 검정력을 비교하였다. 비교에 사용된 기존의 방법은 분류오류가 있는 관측된 자료에서 단순히 계산한 비교위험도, Mashall & Graham(1984)이 제안한 방법을 수정한 방법으로 분류오류로 인해 관측된 폭로변수의 범주가 참 범주와 다를 경우에 해당되는 관측치를 제거하고 계산한 비교위험도, 분류오류가 비차별적으로 발생할 것으로 생각하여 Copeland 등(1977)이 민감도와 특이도를 이용하여 치우침의 정도를 수정한 비교위험도 등이다. 또한 추정치들의 치우침 정도를 비교하기 위해 측정오차가 없는 경우의 참 비교위험도를 동시에 추정하였다.

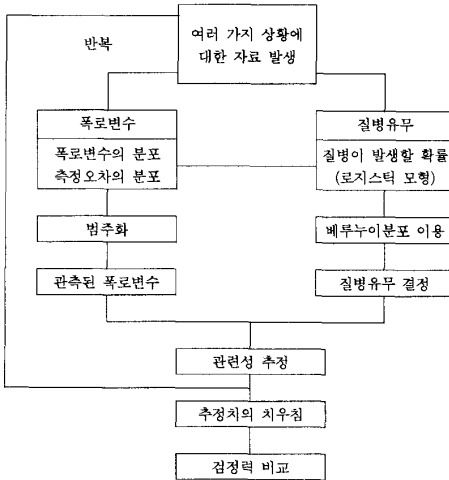


그림 1. 모의실험 과정

치우침의 정도를 비교하기 위한 모의실험에서는 폭로변수와 질병의 관련성에 대한 정도, 폭로변수의 분포, 측정오차의 분포, 질병의 발생크기, 분류기준점의 선택 등 여러 가지 모수의 값을 변화하였다. 또한 검정력을 비교하기 위한 모의실험에서는 비교 위험도가 1인 경우에 각 방법들의 95백분위수를 추정하는 다음 이 값을 기준으로 하여 비교위험도가 1 이상인 여러가지 값에서 검정력을 조사하고 추정방법들의 검정력을 비교하였다. 전체적인 모의실험 과정은 그림 1과 같으며 FORTRAN을 이용하여 프로그래밍 하였고, IMSL 서브루틴을 사용하여 자료를 발생하였다.

III. 연구성적

1. 차별분류유류 발생의 수학적 접근

이 연구는 폭로변수를 측정할 때 다음 식 (1)과 같은 순수 측정오차모형(pure measurement error model)을 가정하였다.

$$Z = X + \epsilon \dots\dots\dots \text{식 (1)}$$

식 (1)에서 Z는 관측된(observed) 폭로변수, X는 참(true) 폭로변수로서 평균이 μ , 분산이 σ^2 인 분포를 따르고, ϵ 는 측정오차로서 평균이 0, 분산이 σ^2 인 정규분포를 따른다고 가정하였다. 또한 측정오차와 참 폭로변수는 서로 독립임을 가정하였다. 한편 참 폭로변수의 수준이 분류기준점 c보다 크면 참 폭로군(E), c보다 작으면 참 비폭로군(E̅)으로 정의하였으며, 측정오차를 동반한 측정 폭로변수가 c보다 크면 측정 폭로군(E*), c보다 작으면 측정 비폭로군(E̅*)으로 각각 정의하였다. 또한 D, D̅를 각각 질병이 있는 군과 없는 군으로 정의하였다.

따라서 질병이 있는 군과 없는 군에서 폭로변수의 분류에 대한 민감도(또는 특이도)가 같지 않다는 다음의 식 (2)를 증명하면 측정오차를 동반한 연속형 변수를 범주화함으로써 발생하는 분류유류는 차별분류유류임을 보일 수가 있다.

$$P(E^*|E, D) \neq P(E^*|E, \bar{D}) \dots\dots\dots \text{식 (2)}$$

참 폭로변수와 측정오차의 확률밀도함수를 각각 f와 g, 폭로변수의 수준이 x일 때 질병에 걸릴 확률을 R(x)라고 하면 식 (2)의 좌변은 다음 식 (3)과 같다.

$$\frac{\int_c^{\infty} f(x)R(x) \int_{c-x}^{\infty} g(\epsilon)d\epsilon dx}{\int_c^{\infty} f(x)R(x)dx} \dots\dots\dots \text{식 (3)}$$

동일한 방법으로 식 (2)의 우변은 식 (4)와 같다.

$$\frac{\int_c^{\infty} f(x)(1-R(x)) \int_{c-x}^{\infty} g(\epsilon)d\epsilon dx}{\int_c^{\infty} f(x)(1-R(x))dx} \dots\dots\dots \text{식 (4)}$$

따라서 식 (3)과 식 (4)가 같아지기 위해서는 R(x)가 x의 값에 관계없이 상수이어야 한다. 따라서 폭로변수가 특정 질병에 대한 위험요인인 경우에는 측정오차를 동반한 연속형 폭로변수를 범주화할 때에 차별분류유류가 발생할 수 있다는 것을 알 수 있다.

2. 치우침을 줄이는 새로운 접근방법

미리 정의된 분류기준점을 이용하여 연속형인 폭로변수를 폭로군과 비폭로군으로 분류한 후 다음 표 1과 같이 기호를 정의하여 비교위험도를 계산하였다. 분류유류가 있는 자료에서 추정된 비교위험도는

$$RR_0 = \frac{a \cdot m_2}{c \cdot m_1}$$

임을 알 수 있다.

표 1. 비교위험도를 계산하기 위한 분할표

	D	D̅	계
E*	a	b	m ₁
E̅*	c	d	m ₂
계	n ₁	n ₂	N

순수 측정오차모형에서는 분류기준점에 가까운 관측치는 분류유류가 일어날 확률이 커지게 된다

(Flegal et al. 1991). 따라서 측정오차로 인한 추정치의 치우침을 줄이고자 이 연구에서 제안한 방법은 분류기준점에 가까운 관측치일수록 작은 가중치를, 멀리 떨어진 관측치일수록 큰 가중치를 주어 비교위험도를 추정하는 방법이며, 가중치는 그림 2와 같다.

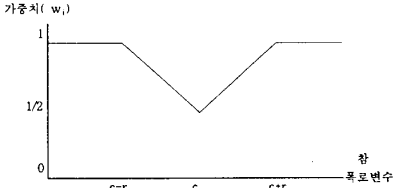


그림 2 참 폭로변수의 수준에 따른 가중치.

이 연구에서 r 은 고정된 값으로 생각하였으며, 참 폭로변수의 값이 분류기준점에 가까울수록 작은 가중치를 사용하였다. 그러나 실제로 참 폭로변수를 관측할 수 없으므로 가중치를 알 수가 없다. 따라서 이 연구에서는 순수 측정오차모형을 가정하여 참 폭로변수 대신에 관측된 폭로변수에 대한 다음의 가중치를 사용하였다.

$$W_i = \begin{cases} 1 & \text{만약 } z > c+r \text{ 또는 } z \leq c-r \\ \frac{r+c}{2r} - \frac{z}{2r} & \text{만약 } c-r < z \leq c \\ \frac{r-c}{2r} + \frac{z}{2r} & \text{만약 } c < z \leq c+r \end{cases}$$

위의 가중치를 사용하여 각 칸의 가중화된 빈도수를 정의하면 다음과 같다.

$$a' = \sum w_i I(Z_i \geq c, D_i = D) \quad b' = \sum w_i I(Z_i \geq c, D_i = \bar{D})$$

$$c' = \sum w_i I(Z_i < c, D_i = D) \quad d' = \sum w_i I(Z_i < c, D_i = \bar{D})$$

따라서, $m_1' = a' + b'$, $m_2' = c' + d'$ 으로 각각 정의하면 가중치를 사용하여 제안한 비교위험도(RR_p)는 다음과 같다.

$$RR_p = \frac{a' \cdot m_2'}{c' \cdot m_1'}$$

3. 모의실험의 결과

가. 모의실험에 사용된 모수

사용된 참 폭로변수의 분포는 평균이 0, 분산이 1인 표준정규분포, $-\sqrt{3}$ 에서 $\sqrt{3}$ 까지 균일한 값을 갖는 균일분포, 그리고 평균이 \sqrt{e} , 분산이 $e^2 - e$ 인 대수정규분포이다.

질병발생 여부는 먼저 참 폭로변수의 분포로부터 자료를 발생한 다음 참 폭로변수와 질병과의 관계를 가정한 로지스틱 모형에서 질병발생 확률을 계산하였다. 다음으로 계산된 질병발생 확률을 베르누이 시행(Bernoulli trial)의 모수로 하여 0과 1의 자료를 발생하고 1이면 질병이 발생한 것으로 하여 질병 발생 여부를 결정하였다.

한편, 사용된 분류기준점, 측정오차의 표준편차, 그리고 가중치에서 사용된 r 은 각각 다음과 같다. 여기서, μ , σ , σ_e 은 알고 있는 값으로 가정하였다.

$$c = \mu + \sigma, \quad \sigma_e = \sigma/2, \quad \sigma, \quad r = 1.96\sigma_e$$

참 폭로변수의 평균에서 질병에 걸릴 확률($R(\mu)$)은 각각 0.05, 0.20, 참 폭로변수의 수준이 1 증가할 때 질병에 걸릴 비교위험도는 1.5, 2.0을 각각 사용하였다. 위와같은 조건에서 각각 1,000개의 자료를 발생하여 폭로변수를 범주화한 후, 이 연구에서 제안한 방법으로 추정된 비교위험도, 분류유류가 있는 관측된 자료에서 단순히 추정한 비교위험도, 분류유류가 비차별분류유류를 가정하고 추정한 비교위험도들을 각각 구하였다. 이러한 과정을 200번 반복하여 각 비교위험도의 평균 및 표준편차를 계산하였다.

또한 검정력을 비교하기 위해 먼저 비교위험도가 1, 참 폭로변수의 평균에서 질병에 걸릴 확률이 0.05, $c = \mu + \sigma$, $\sigma_e = \sigma/2$, σ , 그리고 $r = 1.96\sigma_e$ 인 경우에 1,000개의 자료를 발생하여 각 방법의 비교위험도를 추정하였다. 이 과정을 1,000번 반복하여 각 추정치의 상위 95백분위수를 각각 추정하였다. 다음으로 비교위험도가 1 이상인 여러 가지 값에서 각각 1,000번을 반복하고 이 중 95백분위수가 넘는 횟수를 1,000으로 나누어 검정력을 구하였다.

나. 모의실험 결과

1) 치우침의 비교

폭로변수의 평균에서 질병에 걸릴 확률이 각각 5%와 20%, 그리고 참 폭로변수의 수준이 1 증가할 때의 비교위험도가 각각 1.5, 2.0인 경우에서, 폭로변수의 분포와 측정오차의 표준편차에 따른 비교위험도의 평균과 표준편차는 다음과 같았다(표 2-표 5).

전체적으로 측정오차의 표준편차가 어느 정도 작은 경우(σ_2 이 $\sigma/2$ 인 경우)에는 가중치를 사용하여 이 연구에서 제안한 방법(RR_p)이 다른 방법들에 비해 치우침의 정도가 가장 작았다. 그러나 측정오차가 커질수록(σ_2 이 σ 인 경우) 분류오류가 발생한 자료를 제거하고 추정한 방법(RR_{MG})이 과대추정 되었으나 치우침의 정도는 가장 작았다.

측정오차를 동반한 자료에서 단순히 추정한 비교위험도(RR_0)는 과소추정 되었으며, 범주화로 발생되는 분류오류가 비차별분류오류임을 가정하고 그 영향으로 인한 치우침을 수정한 비교위험도(RR_C)는 오히려 상당히 과대추정 됨을 알 수 있었다. 이러한 경향은 대수정규분포에서 그 정도가 심하였으며, 폭로변수의 수준이 1 증가할 때의 비교위험도가 커질수록 더욱 심한 경향을 보였다. 동일한 폭로수준에서 질병에 걸릴 위험이 낮을수록 추정된 비교위험도들의 표준편차는 크게 증가하는 경향을 보였으며, 이러한 경향은 대수정규분포에서 더욱 뚜렷하였다(표 2와 3, 표 4와 5의 비교).

2) 검정력의 비교

폭로변수가 정규분포를 따르고, 측정오차의 표준

표 2. 폭로변수의 분포와 측정오차의 표준편차에 따른 비교위험도의 평균(표준편차)

(단, $R(\beta)=0.05$, 참 폭로변수의 수준이 1 증가할 때 비교위험도=1.5)

폭로변수의 분포	측정오차의 표준편차	RR_T	RR_0	RR_{MG}	RR_C	RR_p
정규분포	0.50	1.96(0.57)	1.86(0.51)	2.10(0.65)	2.49(0.96)	1.96(0.55)
	1.00	1.99(0.58)	1.60(0.46)	2.17(0.80)	2.88(1.69)	1.72(0.51)
균일분포	0.50	1.89(0.56)	1.75(0.49)	1.98(0.65)	2.26(0.90)	1.85(0.52)
	1.00	1.86(0.53)	1.52(0.42)	1.94(0.66)	2.49(1.39)	1.61(0.45)
대수정규분포	1.08	6.90(1.49)	5.90(1.38)	7.82(1.77)	9.04(2.52)	6.85(1.56)
	2.16	6.86(1.73)	3.72(0.87)	8.16(2.05)	10.73(3.74)	4.54(1.06)

RR_T : 참 비교위험도, RR_0 : 측정오차를 동반한 자료에서 단순히 추정한 비교위험도, RR_{MG} : 분류오류가 발생한 자료를 제거하고 추정한 비교위험도, RR_C : 비차별분류오류임을 가정하고 수정한 비교위험도, RR_p : 이 연구에서 제안한 방법의 비교위험도

표 3. 폭로변수의 분포와 측정오차의 표준편차에 따른 비교위험도의 평균(표준편차)

(단, $R(\beta)=0.20$, 참 폭로변수의 수준이 1 증가할 때 비교위험도=1.5)

폭로변수의 분포	측정오차의 표준편차	RR_T	RR_0	RR_{MG}	RR_C	RR_p
정규분포	0.50	1.70(0.24)	1.61(0.21)	1.79(0.27)	2.03(0.36)	1.70(0.22)
	1.00	1.69(0.23)	1.43(0.18)	1.80(0.28)	2.24(0.61)	1.51(0.20)
균일분포	0.50	1.66(0.20)	1.57(0.19)	1.73(0.24)	1.92(0.34)	1.64(0.21)
	1.00	1.65(0.20)	1.45(0.19)	1.74(0.27)	2.18(0.59)	1.51(0.20)
대수정규분포	1.08	3.43(0.38)	3.04(0.35)	3.69(0.41)	4.10(0.53)	3.33(0.36)
	2.16	3.44(0.40)	2.14(0.24)	3.79(0.46)	4.54(0.85)	2.41(0.26)

RR_T : 참 비교위험도, RR_0 : 측정오차를 동반한 자료에서 단순히 추정한 비교위험도, RR_{MG} : 분류오류가 발생한 자료를 제거하고 추정한 비교위험도, RR_C : 비차별분류오류임을 가정하고 수정한 비교위험도, RR_p : 이 연구에서 제안한 방법의 비교위험도

표 4. 폭로변수의 분포와 측정오차의 표준편차에 따른 비교위험도의 평균(표준편차)
(단, $R(\alpha)=0.05$, 참 폭로변수의 수준이 1 증가할 때 비교위험도=2.0)

폭로변수의 분포	측정오차의 표준편차	RR_T	RR_O	RR_{MG}	RR_C	RR_P
정규분포	0.50	2.90(0.70)	2.54(0.62)	3.19(0.82)	3.81(1.28)	2.84(0.70)
	1.00	2.93(0.70)	2.17(0.57)	3.40(0.97)	5.14(2.78)	2.41(0.64)
균일분포	0.50	2.76(0.69)	2.42(0.62)	3.00(0.82)	3.56(1.33)	2.64(0.68)
	1.00	2.79(0.76)	2.11(0.58)	3.16(1.08)	6.31(22.18)	2.32(0.65)
대수정규분포	1.08	11.93(2.29)	9.89(2.00)	13.87(2.76)	17.19(4.60)	11.85(2.32)
	2.16	12.34(2.74)	5.84(1.45)	15.13(3.85)	24.18(17.52)	7.35(1.83)

RR_T : 참 비교위험도, RR_O : 측정오차를 동반한 자료에서 단순히 추정한 비교위험도, RR_{MG} : 분류오류가 발생한 자료를 제거하고 추정한 비교위험도, RR_C : 비차별분류오류임을 가정하고 수정한 비교위험도, RR_P : 이 연구에서 제안한 방법의 비교위험도

표 5. 폭로변수의 분포와 측정오차의 표준편차에 따른 비교위험도의 평균(표준편차)
(단, $R(\alpha)=0.20$, 참 폭로변수의 수준이 1 증가할 때 비교위험도=2.0)

폭로변수의 분포	측정오차의 표준편차	RR_T	RR_O	RR_{MG}	RR_C	RR_P
정규분포	0.50	2.30(0.29)	2.09(0.25)	2.48(0.33)	2.91(0.48)	2.26(0.28)
	1.00	2.29(0.28)	1.77(0.22)	2.52(0.37)	3.39(0.83)	1.91(0.24)
균일분포	0.50	2.27(0.26)	2.06(0.26)	2.43(0.32)	2.81(0.50)	2.23(0.28)
	1.00	2.23(0.26)	1.79(0.21)	2.44(0.34)	3.26(0.74)	1.93(0.23)
대수정규분포	1.08	4.73(0.44)	4.14(0.44)	5.13(0.50)	5.90(0.69)	4.62(0.47)
	2.16	4.73(0.43)	2.76(0.32)	5.30(0.55)	6.70(1.16)	3.16(0.36)

RR_T : 참 비교위험도, RR_O : 측정오차를 동반한 자료에서 단순히 추정한 비교위험도, RR_{MG} : 분류오류가 발생한 자료를 제거하고 추정한 비교위험도, RR_C : 비차별분류오류임을 가정하고 수정한 비교위험도, RR_P : 이 연구에서 제안한 방법의 비교위험도

편차가 0.5인 경우의 검정력을 보면, 이 연구에서 제안한 방법의 검정력과 분류오류가 발생한 자료를 제외하고 추정한 방법의 검정력이 비슷하게 높았으며, 측정오차를 동반한 자료에서 단순히 추정한 방법과 분류오류가 비차별분류오류임을 가정하고 그 영향으로 인한 치우침을 수정한 방법은 상대적으로 검정력이 낮았다. 이러한 경향은 측정오차의 표준편차가 1.0인 경우에도 비슷하였으나 분류오류가 발생한 자료를 제외하고 추정한 방법의 검정력이 이 연구에서 제안한 방법보다 검정력이 높았다(그림 3).

폭로변수가 균일분포를 따르고, 측정오차의 표준편차가 0.5인 경우의 검정력을 보면, 이 연구에서 제안한 방법의 검정력이 분류오류가 발생한 자료를 제외하고 추정한 방법의 검정력보다 높았으며 측정오차를 동반한 자료에서 단순히 추정한 방법의 검정력이 가장 낮았다. 그러나 측정오차의 표준편차가 2.16인 경우에는 분류오류가 발생한 자료를 제외하고 추정한 방법의 검정력이 가장 높았으며 다음으로 이 연구에서 제안한 방법의 검정력이 높았다. 상대적으로

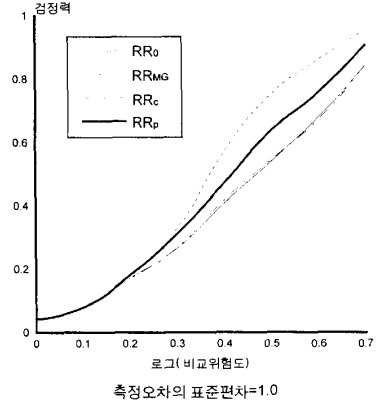
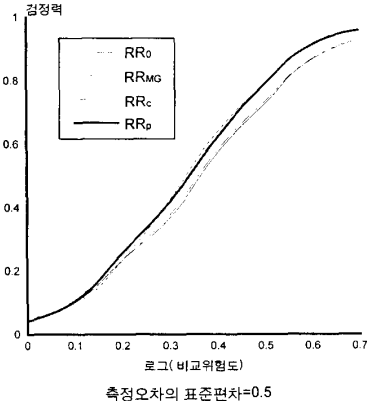
1.0인 경우에는 분류오류가 발생한 자료를 제외하고 추정한 방법의 검정력이 이 연구에서 제안한 방법보다 검정력이 높았으며 측정오차를 동반한 자료에서 단순히 추정한 방법과 분류오류가 비차별분류오류임을 가정하고 그 영향으로 인한 치우침을 수정한 방법은 상대적으로 검정력이 낮았다(그림 4).

폭로변수가 대수정규분포를 따르고, 측정오차의 표준편차가 1.08인 경우의 검정력을 보면 이 연구에서 제안한 방법의 검정력이 가장 높고 다음으로 분류오류가 발생한 자료를 제외하고 추정한 방법, 그리고 분류오류가 비차별분류오류임을 가정하고 그 영향으로 인한 치우침을 수정한 방법의 검정력이 가장 낮았다. 그러나 측정오차의 표준편차가 2.16인 경우에는 분류오류가 발생한 자료를 제외하고 추정한 방법의 검정력이 가장 높았으며 다음으로 이 연구에서 제안한 방법의 검정력이 높았다. 상대적으로

— 남정모 외 : 측정오차를 동반한 폭로변수의 분류오류에 대한 연구 —

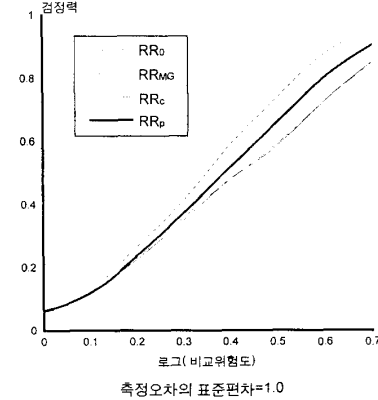
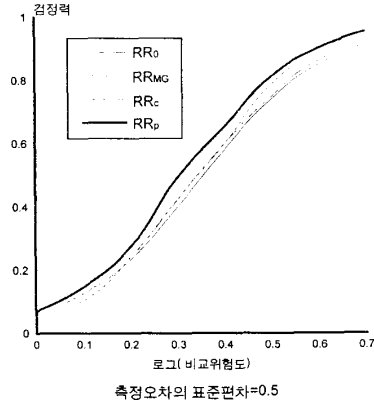
측정오차를 동반한 자료에서 단순하게 추정한 방법 향으로 인한 치우침을 수정한 방법은 검정력이 매우 낮았다(그림 5).

과 분류오류가 비차별분류오류임을 가정하고 그 영



RR₀ : 측정오차를 동반한 자료에서 추정한 비교위험도 RR_{MG} : 분류오류가 발생한 자료를 제거하고 추정한 비교위험도
 RR_c : 비차별오류임을 가정하고 수정한 비교위험도 RR_p : 이 연구에서 제안한 방법의 비교위험도

그림 3. 폭로변수가 정규분포인 경우 비교위험도의 추정방법에 따른 검정력



RR₀ : 측정오차를 동반한 자료에서 추정한 비교위험도 RR_{MG} : 분류오류가 발생한 자료를 제거하고 추정한 비교위험도
 RR_c : 비차별오류임을 가정하고 수정한 비교위험도 RR_p : 이 연구에서 제안한 방법의 비교위험도

그림 4. 폭로변수가 균일분포인 경우 비교위험도의 추정방법에 따른 검정력

— 남정모 외 : 측정오차를 동반한 폭로변수의 분류 오류에 대한 연구 —

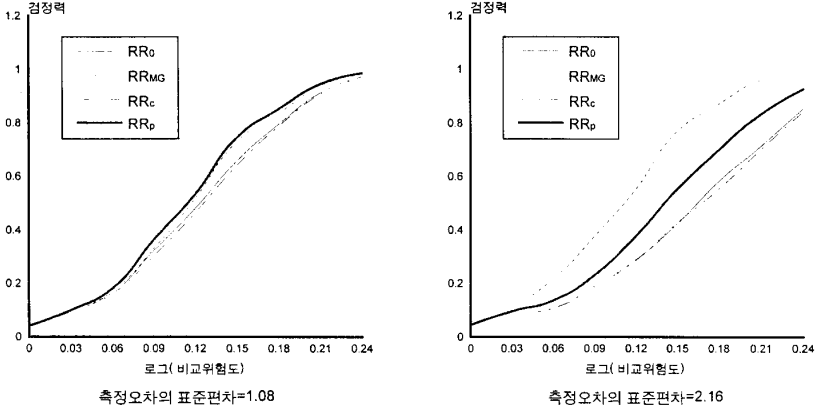


그림 5. 폭로변수가 대수정규분포인 경우 비교위험도의 추정방법에 따른 검정력

RR₀ : 측정오차를 동반한 자료에서 추정된 비교위험도 RR_{MG} : 분류오류가 발생한 자료를 제거하고 추정한 비교위험도
 RR_c : 비차별오류임을 가정하고 수정한 비교위험도 RR_p : 이 연구에서 제안한 방법의 비교위험도

4. 실제 자료에 대한 적용

이 연구에서 제안한 방법이 실제 자료에 어느정도 민감하게 작용하는지 알아보기 위하여 강화아동혈압 자료(서 등 1995)의 일부를 이용하여 분석하였다. 분석자료는 강화도에 소재하고 있는 중학교 1학년생을 대상으로 6개월 빈도법(frequency method)을 이용하여 조사한 나트륨(Na) 섭취와 2년 후 이들의 혈압수준이며, 2년동안 추적조사된 남학생 232명만을 대상으로 하였다.

중학교 1학년때 측정된 나트륨의 평균과 표준편차는 각각 7.04g, 4.28g 이었다. 나트륨 섭취가 10g 이상이면 상위 섭취군, 이하이면 정상 섭취군으로 분류하였고, 중학교 3학년때 측정된 혈압수준이 대상분포 집단의 75백분위수 이상이면 상위 혈압군, 이하이면 정상 혈압군으로 분류하였다. 이와같이 분류하여 얻어진 자료는 다음 표 6과 같다.

제안한 방법의 민감도를 알아보기 위해 나트륨 측정시 동반된 측정오차의 표준편차(σ)를 1에서 3g까지 0.5g 단위로 변화하면서 비교위험도를 계산하였다. 나트륨 측정의 신뢰도는 가정한 측정오차의 표

표 6. 나트륨 섭취에 따른 혈압의 상대적 분포

		단위 : 명(%)		
혈 압		상위 혈압군	정상 혈압군	계
나트륨	상위 섭취군	15 (29.4)	36 (70.6)	51 (100.0)
	정상 섭취군	41 (22.6)	140 (77.4)	181 (100.0)
	계	56 (24.1)	176 (75.9)	232 (100.0)

준편차와 관측된 나트륨의 표준편차를 이용하여 $1 - \sigma^2 / (4.28^2)$ 으로 계산하였다. 계산시 사용된 r값은 1.96 σ 이었다.

분석결과는 표 7과 같다. 먼저 관측된 자료에 측정오차가 없다고 가정한 경우의 비교위험도는 1.30이었으며, 측정오차의 여러 가지 가정한 값에 따라 제안한 방법으로 추정된 비교위험도는 1.34-1.38 사이에 분포하였다. 나트륨 섭취와 혈압의 관계가 관측된 비교위험도에 비해 높게 추정되었으나 그 차이는 크지 않았다. 이러한 이유는 실제로 청소년 시기에 나트륨 섭취와 혈압의 관계가 크게 관련성이 없을 수도 있으며 따라서 이러한 경우에 분류오류가

발생하더라도 추정치에 미치는 치우침의 정도는 약하며 제안된 방법에 의해 수정되는 정도도 약할 것이다.

표 7. 가정된 측정오차의 표준편차에 따라 추정된 비교 위험도

측정오차의 표준편차	신뢰도	비교위험도
0 g	1.00	1.30
1 g	0.95	1.34
1.5 g	0.88	1.37
2.0 g	0.78	1.36
2.5 g	0.66	1.36
3.0 g	0.51	1.38

IV. 고 찰

연속형으로 측정된 폭로변수와 질병과의 관련성을 알아보고자 하는 역학연구에서 폭로변수를 범주화하여 분석하는 경우가 많다. 이러한 이유는 연구결과를 해석하는데 있어 용이하며, 폭로변수와 질병의 관계가 용량-반응이 성립하지 않는 경우에도 모형화하기가 쉽고, 폭로변수에 이상점(outlier)이 있는 경우에도 추정치는 민감하게 작용하지 않는다는 장점이 있기 때문이다(Wartenberg & Northridge 1990). 그러나 한편으로 범주화로 인해 통계적 효율이 감소될 수 있으며(Suissa 1991), 분류오류가 발생하여 추정치의 치우침이 크게 발생할 수 있고, 또한 분류기준점의 선택에 따라 추정치가 크게 변할 수 있으므로(Schulgen et al. 1994) 연구자의 주관성이 개입할 수 있다는 여러가지 문제점이 있다.

최근에는 이러한 문제점들 가운데 분류오류에 대한 방법론적인 연구들이 많이 이루어지고 있으며 특히 폭로변수를 측정할 때 측정오차를 동반한 경우의 범주화에 대한 분류문제를 주로 다루고 있다. Willett(1990)은 이러한 분류오류가 비차별분류류로 발생할 것으로 생각하였으나, Flegal 등(1991)이 차별분류오류로 발생할 수 있다는 것을 수학적으로 보였고 또한 Brenner & Loomis(1994)는 모의실험을 통하여 차별분류오류임을 밝혔다. 즉 이제까지의 연구는 주로 분류오류로 인한 추정치의 치우침에 대한 연구였으나, 치우침을 줄일 수 있는

새로운 방법에 대한 연구는 없는 실정이었다. 그러나 한편 폭로변수가 범주형인 경우에는 분류오류로 인한 추정치의 치우침을 수정하고자 하는 많은 방법들이 그동안 제안되어 왔었다. 대표적인 방법으로 Copeland 등(1977)은 민감도와 특이도를 이용하여 치우침을 교정하는 방법을 제안하였고, Drews 등(1993)은 비차별 분류오류인 경우에서, Flanders 등(1995)은 차별분류오류인 경우에서 2가지 방법의 측정도구로 폭로변수를 측정하고 EM 알고리즘을 이용하여 추정치의 치우침을 줄이는 방법들을 제안하였다. 기타 제안된 많은 방법들도 폭로변수를 측정할 때 두가지 방법의 측정도구로 조사하거나 또는 표본을 이중으로 추출한 경우에만 적용할 수 있는 방법들이었으며 폭로변수가 한 번 측정된 경우에는 적용할 수 없는 제한점이 있었다.

따라서 이 연구는 폭로변수가 한 번 측정된 경우, 측정오차를 동반한 연속형 폭로변수를 범주화 할 때 발생하는 치우침을 줄일 수 있는 새로운 방법을 제안하였다. 제안한 방법은 측정오차를 동반한 연속형 폭로변수를 범주화할 때 분류기준점에 가까운 관측치일수록 분류오류가 커지게 되므로(Flegal 1991), 분류기준점에서 가까운 관측치는 가중치를 작게 주고 분류기준점에서 멀리 떨어진 관측치는 가중치를 크게 하여 비교위험도를 추정하는 방법이었다.

이 연구에서 제안한 방법이 어느 정도 분류오류로 인한 치우침을 줄일 수 있는지, 그리고 검정력이 어느 정도인지 알아보기와 모의실험을 한 결과 제안한 방법으로 추정된 비교위험도가 측정오차를 동반한 자료에서 단순히 추정한 비교위험도나 분류오류가 비차별적임을 가정하고 민감도와 특이도를 이용하여 치우침을 수정한 비교위험도(Copeland 1977; Willett 1990) 보다 항상 치우침의 정도가 작았으며 또한 검정력도 높았다. 특히 이러한 분류오류가 비차별분류오류임을 가정하고 민감도와 특이도를 이용하여 수정할 때 수정된 추정치는 상당히 과대추정된다는 것을 알 수 있었다. 그리고 이 연구에서 제안한 방법과 분류오류가 발생한 자료를 제거하고 추정한 방법(Marshall & Graham 1984)을 비교하면, 측정오차의 표준편차가 어느 정도 작을 때에는 이 연구에서 제안한 방법이, 측정오차의 표준편차가 큰 경우에는 분류오류가 발생한 자료를 제거하고 추

정한 방법이 치우침의 정도가 작았고 또한 검정력도 높았다. 그러나 실제 연구에서, 특히 폭로변수가 한번 측정된 경우에 어떤 관측치의 범주가 잘못 분류되었는지 안다는 것은 거의 불가능하므로 Marshall & Graham(1984)이 제안한 방법은 실제연구에 적용하기가 불가능하다고 할 수 있다. 참고로 이 연구 성격에서는 구체적으로 제시되지 않았지만 측정오차의 표준편차를 여러 가지 값으로 변화하여 모의실험을 한 결과 측정오차의 표준편차가 참 폭로변수의 표준편차의 1/4에서 3/4 정도일 때 제안된 방법이 다른 방법에 비해 가장 좋은 성질을 보였다. 그리고 이러한 경향은 분류기준점을 여러 가지 값으로 변화하였을 때에도 동일하였다.

이 연구에서 제안한 방법은 순수 측정오차모형 하에서 그리고 측정오차의 표준편차를 알고 있는 경우에만 가중치를 구할 수 있으며 따라서 이러한 가정을 만족할 수 없는 경우에는 사용하는데 있어 제한적일 수 밖에 없다는 한계점이 있다. 그리고 제안된 통계량이 폭로변수의 값에 다시 의존하므로 통계량의 분포를 구하기가 어렵다는 문제점이 있다. 그러나 현재까지 측정오차를 동반한 연속형 폭로변수를 범주화할 때 분류오류로 야기되는 추정치의 치우침을 수정하고자 시도한 방법론적인 연구가 없는 현실을 생각할 때 이 연구가 가지는 의의는 클 것으로 생각되며 이 연구가 가지는 단점을 보완한 연구가 계속적으로 이루어질 필요성이 있다.

참고문헌

남정보, 오희철. 환자-대조군 연구에서 무차별 분류오류에 대한 연구 - 수정된 추정치를 얻기 위한 수학적 모형. 한국역학회지 1993; 15(1): 85-95

서 일 등. 한국인 성장기의 혈압변화와 결정요인. 한국과학재단 보고서, 1995

Brenner H, Loomis D. Varied forms of bias due to non-differential error in measuring exposure. Epidemiology 1994; 5(5): 510-7

Brenner H. Bias due to non-differential misclassification of polytomous confounders. J Clin Epidemiol 1993; 46(1): 57-63

Chen TT. Log-linear models for categorical data with misclassification and double sampling. JASS

1979; 74(365): 481-8

Copeland KT, Checkoway H, McMichael AJ. Bias due to misclassification in the estimation of relative risk. Am J Epidemiol 1977; 105(5): 488-95

Dosemeci M, Wacholder S, Lubin JH. Does nondifferential misclassification of exposure always bias a true effect toward the null value? Am J Epidemiol 1990; 132(4): 746-8

Drews CD, Flanders WD, Kosinski AS. Use of two data sources to estimate odds ratios in case-control studies. Epidemiology 1993; 4(4): 327-35

Espeland MA, Odoroff CL. Log-linear models for doubly sampled categorical data fitted by the EM algorithm. JASS 1985; 80(391): 663-70

Flanders WD, Drews CD, Kosinski AS. Methodology to correct for differential misclassification. Epidemiology 1995; 6(2): 152-6

Flegal KM, Brownie C, Hass JD. The effects of exposure misclassification on estimates of relative risk. Am J Epidemiol 1986; 123(4): 736-751

Flegal KM, Keyl PM, Nieto FJ. Differential misclassification arising from nondifferential errors in exposure measurement. Am J Epidemiol 1991; 134(10): 1233-44

Fleiss JL. Statistical methods for rates and proportion. 2nd ed., John Wiley & Sons, New-York, 1981

Kleinbaum DG, Kupper LL, Morgenstern H. Epidemiologic research. Lifetime Learning Publications, Belmont CA, 1982

Marshall JR. The use of dual or multiple reports in epidemiologic studies. Stat Med 1989; 8: 1041-9

Mashall JR, Graham S. Use of dual response to increase validity of case-control studies. J Chron Dis 1984; 37(2): 125-36.

Savitz DA, Baron AE. Estimating and correcting for confounder misclassification. Am J Epidemiol 1989; 129(5): 1062-71

Schulgen G, Lausen B, Olsen JH, Schumacher M. Outcome-oriented cutpoints in analysis of quantitative exposures. Am J Epidemiol 1994; 140(2): 172-84

Suissa S. Binary methods for continuous outcomes: a parametric alternative. J Clin Epidemiol 1991; 44(3): 241-8

Thompson WD. Multiple measurements and the improvement of estimates of exposure-disease association. *Am J Epidemiol* 1984; 120: 500

Walter SD. Commentary on "use of dual response to increase validity of case-control studies" *J Chron Dis* 1984; 37(2): 137-9

Wartenberg D, Northridge M. Defining exposure in case-control studies: a new approach. *Am J Epidemiol* 1991; 133(10): 1058-71

Weinberg CR, Umbach DM, Greenland S. When will nondifferential misclassification of an exposure preserve the direction of a trend. *Am J Epidemiol* 1994; 140(6): 565-71

Willett W. *Nutritional Epidemiology*. Oxford University Press, New York, 1990.

Zhao LP, Kolonel LN. Efficiency loss from categorizing quantitative exposure into qualitative exposure in case-control studies. *Am J Epidemiol* 1992; 136(4): 464-74

= Abstract =

A Study on Misclassification Arising from Random Error in Exposure Measurement

**Nam Chung Mo, Kang Hyung Gon,
Suh Il**

*Department of Preventive
Medicine & Public Health,
Yonsei University College of Medicine*

There are many epidemiologic studies to find the relationship between disease occurrence and categorized exposure variables which are measured in continuous scales. Recently, it has been found

that the differential misclassification can arise when exposure variables are observed with measurement errors and categorized for the analysis. Even though the differential misclassification leads to serious misclassification bias, there is no theoretical attempt to correct the misclassification bias occurring in these circumstances. In this paper, we propose a new statistical method to reduce the misclassification bias due to dichotomizing continuous exposure variables. Since the exposure values are more likely to be misclassified when the true exposure values are close to the cutoff point, the method proposed here gives smaller weights in these case and more weights when these values are far from cutoff point. Simulation studies are performed to compare the bias and the power of the proposed method compared to other methods. Main results are as follows :

1. The proposed method produces the smaller bias and the higher power than the simple method which modifies misclassified data using sensitivity and specificity of exposure misclassification.

2. When the standard deviation of the measurement error are moderately large, the bias and the power of the proposed estimate are somewhat better than those of the modified estimate which excluding the misclassified observations in the analysis.

In conclusion, the method proposed here is found to be useful in epidemiologic studies when continuous exposure variables are obtained with measurement error and categorized in the analysis.

Key Words : exposure variables, differential misclassification, measurement error, categorization, bias

會 員 名 單

◆ 一般會員 ◆

번호	성 명	주 소	전 화	근 무 처	전 화
1	김 신	대구직할시 달서구 소현동 155-12		가야기독병원, 건강관리과	620-9486
2	강 형 곤	서울시 서대문구 신촌동 134	361-5340	연세의대 예방의학교실	361-5340
3	고 경 심	서울시 종로구 연건동 28	743-3361	서울대병원 임상의학연구소	743-3361
4	고 기 호	전남 완도군 완도읍 군내리 보건의료원	(0663)	완도군 보건의료원	52-2171
5	고 용 린	서울시 구로구 향동 1-5 그린빌라 A-2	689-9142	한양의대 예방의학교실	293-2111
6	박 인 호	서울시 용산구 동부이촌동 한신APT 100동 134호	305-6594	인하의대 예방의학	665-8291
7	구 성 회	서울시 관악구 봉천동 100-287	877-4255	서울시 관악구 봉천동 100-287	269-7191
8	권 달 관	서울시 송파구 신천동 17 미성APT 2-106	424-9524	신홍실업전문대학	2-4630
9	권 준 욱	서울 송파구 오륜동 율림백선수촌APT 237-507	403-2833	국립보건원 역학조사과	355-0091
10	권 혁 한	서울시 노원구 공릉동 604-44	975-0411	서울대학교병원 중앙연구소	7061-2121
11	기 호 일	서울시 도봉구 도봉동 가든APT 1동 410호	955-5745	기호일의원	848-6363
12	김 경 호	경기도 용인군 구성면 보성리 341		목암생명공학연구소	7662-8684
13	김 광 애	경북 영주시 휴전동 현대 대영APT 102-1306	34-4314	경북전문대 보건행정과	30-5140
14	김 광 종	서울 강남구 역삼2동 개나리APT 32동 1104	553-8893	고려의대 예방의학교실	927-7221
15	김 광 혁	부산시 서구 압남동 34	389-9831	고신의대 예방의학교실	266-3181~3
16	김 기 순	전북 전주시 중노송동 1가 360-1	84-1662	조선의대 예방의학교실	220-3674
17	김 길 수	서울시 관악구 봉천6동 산 73-2	988-6110	김성의원	877-1743
18	김 대 성	서울시 성동구 구의동 548 현대APT 210동503호		고려의대 예방의학교실	920-6174
19	김 대 회	서울시 종로구 연건동 28		서울대학교 보건대학원	
20	김 덕 성	서울시 성북구 장위1동 230-202	988-6110	성북보건소 방역과	95-0574
21	김 돈 균	부산시 서구 동대신동 3가 63-183	27-5479	부산의대 예방의학교실	256-0171
22	김 동 현	강원도 춘천시 옥천동 한림의대		한림대 사회의학교실	740-8332
23	김 두 회	경북 경주시 석장동 707 동국의대예방의학교실	420-6961	동국의대 예방의학교실	420-6961
24	김 명 자	서울시 영등포구 당산동 121-150	793-6613	결핵연구소	
25	김 모 임	서울시 용산구 서빙고동 신동아APT 14-203		연세대학교 간호대학	361-5121
26	김 문 식	경기도 과천시 정부 제2종합청사		보건복지부 보건국	503-7541
27	김 문 천	서울시 강동구 천호동 167-82		서울 강동구 천호동 167-82	
28	김 민 자	서울시 성북구 인암동 126-1	402-8185	고대안암병원 감염내과	920-5259
29	김 민 호	서울시 구로구 시흥2동 262-1	808-2222	시흥 가정의원	808-2222
30	김 병 우	광주시 동구 산수동 537-22		전남대학교 의과대학	22-2283
31	김 병 익	서울시 은평구 진관외동 175-345	214-9211	한림의대 예방의학교실	2-7431(297)
32	김 상 연	수원시 팔달구 매탄2동 196-126	94-5640	한양대 식품영양학과	290-1207
33	김 상 인	서울시 성북구 정릉동 412-44		서울의대 병리학교실	7601-2500
34	김 성 기	서울시 동대문구 제기동 145-4	2-9270	국립마산결핵병원	
35	김 성 구	부산시 동구 초량3동 1147-2	549-7018	부산침례병원 종합건강진단센터	43-9331
36	김 성 수	서울시 강남구 삼성동 해정APT 사동 205호	546-0659	서울대 보건대학원	740-8873

번호	성명	주소	전화	근무처	전화
37	김성실	강원도 춘천시 퇴계동 426-22	44-0748	춘천간호전문대학	2-7791~2
38	김성원	서울시 성동구 능동 93-28	623-2619	남서울대병원	590-0684
39	김순덕	서울시 강남구 압구정동 현대APT 61-910	549-7018	고려의대 예방의학교실	920-6344
40	김양호	서울시 구로구 구로4동 731-6	385-4917	구로의원	
41	김영미	서울시 영등포구 여의도동 62	415-5725	가톨릭의대의도성모H만성병연구소	789-1321
42	김영식	서울시 송파구 잠실7동 우성 23-302	622-4480	서울중앙병원 가정의학과	480-3252
43	김영욱	서울시 성북구 월곡동 23-1	913-2001	동덕여대 식품영양학과	913-2001
44	김영진	충남 대천시 동구 홍도동 청룡 APT 13-406	612-2972	충남대학교자연대학생물학과	822-0101
45	김용익	경기도 시흥군 서면 평명리 51-4		서울의대 의료관리학교실	760-2186
46	김윤식	서울시 성동구 행당동 17	392-4863	한양의대 계림의학교실	292-2111
47	김우주	경기도 광명시 철산동 주공APT 1318-1402		고려대부속 구로병원 감염내과	864-5111
48	김용	서울시 강남구 역삼동 개나리 APT 388-203		영동세브란스병원 (내과)	556-2628
49	김용익	서울시 용산구 이촌동 302-54	792-5434	서울대학교 보건대학원	762-5091
50	김은숙	서울시 마포구 성산 시영 APT	552-9477	연세대학교 보건대학원	392-0161
51	김의숙	서울시 용산구 보광동 23-1	555-2137	연세의대 간호학과	361-5129
52	김일선	경기도 용인군 구성면 동백리 75-36	555-2137	연세의대 예방의학교실	392-7724
53	김장락	경남 진주시 칠암동 92 경상의대		경상의대 예방의학교실	
54	김정근	서울시 성북구 정릉동 822-6	555-2137	서울대학교 보건대학원	762-5091
55	김정순	서울시 강남구 도곡동 거성빌라 1-305		서울대학교 보건대학원	762-5091
56	김정욱	서울시 강남구 신사동 542-7		서울 강남구 신사동 542-7	
57	김종배	서울시 종로구 연건동 28	2-0351	서울대학교 치과대학	762-5101
58	김주영	전북 이리시 모현동 1가 185-32	424-4035	원광대학교 보건전문대학	2-6041~7
59	김주자	서울시 용산구 한남동 657	29-4416	순천향대학부속병원 건강관리과	797-9881
60	김준연	부산시 서구 동대신동 3가 1	583-1458	동아의대 예방의학교실	
61	김진용	서울시 동작구 사당동 449-3	821-5606	대전 을지병원	26-7121
62	김진원	서울시 동작구 상도1동 335-10	620-4375	한국교원대학교 체육과	60-3114
63	김장윤	대구시 남구 대명동 317-1	620-4373	영남의대 예방의학교실	620-4373
64	김천태	대구시 남구 대명동 317-1		영남의대 예방의학교실	620-4375
65	김택민			원주 문막실업고등학교	
66	김한중	서울시 서대문구 신촌동 134	981-0569	연세의대 예방의학교실	
67	김화중	서울시 도봉구 수유2동 273-5		서울대학교 보건대학원	
68	김혜준	서울시 성북구 안암동5가 126-1	920-6173	고려의대 예방의학교실	920-6173
69	남정모	서울시 서대문구 신촌동 134		연세의대 예방의학교실	
70	남정자	서울시 종로구 평창동 411-12	382-3843	보건사회연구원	355-8003
71	남철현	서울시 은평구 역촌동 67-59	355-9030	대구한외과대학	
72	남택승	서울시 용산구 한남동 657-116	793-3227	순천향병원 건강관리과	794-6491
73	노명희	서울시 성북구 동소문동 4가 136	92-2348	신홍실업전문대학 임상병리과	4630
74	노민희	서울시 성동구 금호동 4가 1174-2		지산보건전문대학	56-5517

번호	성명	주소	전화	근무처	전화
75	노윤경	대구시 중구 동인동 2가 101		경북의대 예방의학교실	
76	노재훈	인천시 북구 산곡동 307 현대 APT 116-1006	695-4050	연세의대 예방의학교실	361-5353
77	두재권	서울시 성북구 석관동 77-84	966-4838	전북의대 산부인과	2-0031-9
78	맹광호	서울시 서초구 반포동 505번지	406-5293	가톨릭의대 예방의학교실	590-1235
79	문옥륜	서울시 관악구 신림동 12-15	878-4891	서울대학교 보건대학원	762-5091
80	문정순	서울시 강동구 둔촌동 365-149	64-1986	가톨릭의대 간호학과	75-4161
81	문정주	전북 전주시 중화산동 1가 300	86-1330	전주예수병원 지역사회보건과	85-3131
82	문현경	서울시 양천구 신정동 목동APT 1409-1306	649-2044	한국식품공업협회 식품연구소	586-0692
83	박경민	포항시 두호동 1023-B	0562-41-5395	포항선린 전문대학	0562-61-2361-3
84	박노예	서울시 은평구 불광동 국립보건원		국립보건원	355-0091
85	박병주	서울시 종로구 연건동 28		서울대학교 예방의학교실	745-6701
86	박병준	경기도 의정부시 호원동 115		신홍실업 전문대학	1351-3630
87	박수경	서울시 마포구 공덕동 풍림B/D 402	3272-5928	서울대학교 보건대학원	740-8887
88	박순영	서울시 성북구 장위3동 11-20	980-1198	경희대부설 밝은사회문제연구소	966-0061
89	박순화	광주시 서구 양림동 92-82	8-2324	조선의대 간호학과	2-6301~5
90	박승기	서울시 송파구 가락2동 미릉APT 103동 106호	448-4465	관악구 보건소 의약과	874-0541
91	박승철	서울시 서초구 반포동 한신4차 APT 15-208		고려대학교 안암병원 내과	920-5018
92	박신애	서울시 송파구 잠실 주공 APT 513-1202	422-9589	경희대 간호학과	961-0318
93	박영수	서울시 송파구 잠실 5동 APT 517-303	423-1135	한국교원대학교	60-3114
94	박은병	경기도 의정부시 호원동 115		신홍실업전문대학	4630
95	박정선	인천지합시 북구 구산동 34-4	518-0866	산업보건연구원 산업의학연구실	518-0866
96	박정한	대구시 남구 대명4동 3056-6	650-4474	대구가톨릭의대 예방의학교실	43-1141
97	박종구	강원도 원주시 일산동		원주의대 예방의학교실	43-7101
98	박종달	서울시 은평구 구산동 199-5	388-2670	근로복지공사 진폐연구소	403-120
99	박종태	서울시 서초구 방배동 소라APT 다동 1007	595-1305	한강성심병원 건강관리과	920-6174
100	박주희	서울시 성동구 옥수동 현대APT 102-201	294-7318	순천향대학병원 예방의학교실	
101	박찬병	광명시 철산 3동 419번지 광명시 보건소		광명시 보건소	
102	박혜련	경기도 용인군 남리 명지대학교 식품영양학과	30-6204	명지대 식품영양학과	30-6204
103	박혜숙	서울시 마포구 성안동 246-2	35-9891	서울간호전문대학	725-8201
104	박혜경	서울시 관악구 봉천 9동 635-492	871-2448	강북구 보건소	901-6434
105	박효진	부산직합시 남구 광안4동 1276-1			
106	방숙	경기도 성남시 분당구 서현동 효자촌 현대A 109-102	702-4129	대학의학협회 601호	792-2578
107	배길환	서울시 서초구 반포동 한양APT 6동 403호	590-1040	결핵연구원	576-4981~5
108	배상수	서울시 은평구 신사동 12-3	386-3409	한림대 사회의학교실	54-7431
109	배정하	부산시 금정구 부곡동 산 80-1		대동간호전문대학	
110	배종민	충북 청주시 충북의대 예방의학교실		충북의대 예방의학교실	
111	백도명	서울시 종로구 연건동 28	740-8886	서울대 보건대학원	740-8886
112	서동윤	서울시 성동구 금호2가 449-3	234-3594	군산시 군산의료원 건강관리과	445-7131

번호	성명	주소	전화	근무처	전화
113	서병철	인천시 남구 용현동 235번지		인하대 의과대학	
114	서수교			경북대 보건대학원	
115	서일	서울시 양천구 신사가지APT 126-704	652-9785	연세의대 예방의학교실	361-5355
116	서해선	광주시 북구 주암동 주공APT 202-1001	062-263-2736		
117	선우성	서울시 강남구 압구정동 한양APT 72-409	518-0575	서울대병원 가정의학과	518-0575
118	손진창	대구직할시 북구 산격동 1442	951-0121	경북보건환경연구원	951-0121
119	송금숙	안양시 만안구 안양8동 554	0343-69-8953	안양시 만안구청 위생과	0343-67-4323
120	송동빈	인천 남동구 논현동 남동공단 28블록 1롯데	446-9011	인천 질병원	446-9011
121	송선대	경남 마산시 합포동 가포동 486	42-7131	국립마산결핵병원	42-7131
122	신명희	서울시 강남구 일원동 50 삼성의료원 건강의학센터	599-4888	삼성의료원 건강의학센터	3410-3862
123	신석우	서울시 은평구 증산동 204-7	374-0707	보건복지부 식품위생과장	593-6646
124	신의철	서울시 서초구 반포동 505		가톨릭의대 예방의학교실	590-1238
125	신해림	부산시 서구 동대신동 3가 1번지	240-2932	동아의대 예방의학교실	240-2932
126	신현정	충남 대전시 동구 강동2동 신21-1 신동APT 60-404	72-4481	대전보건전문대학 임상병리과	623-3221~3
127	신호철	서울시 용산구 효창동 효창APT 1-304	789-1317	여의도 성모병원	714-4910
128	심달섭	서울시 영등포구 당산동 121-146		대한가족계획협회	634-8211
129	심문정	인천직할시 남동구 간석동 472	032-421-2792	인천전문대학 임상병리과	
130	심운택	충남 대전시 중구 대평동 삼부APT 34-86		대한산보협 대전중앙지부상	628-3621
131	안소영	경기 과천시 중앙동 1번지	503-3153	보건복지부 통계담당관실	500-3022
132	안수연	서울시 성북구 동소문 4가 210	94-6513	춘천간호전문대학	2-7791~2
133	안연순	서울시 서대문구 신촌동 연세의료원 산업보건연구소	361-5374	연세대 보건대학원	361-5374
134	안윤옥	서울시 종로구 연건동 28		서울의대 예방의학교실	762-5300~8
135	안재익	서울시 용산구 한남동 순천향대학병원(건강관리과)		순천향의대 예방의학교실	794-2681 33356
136	양숙자	서울시 노원구 상계동 주공APT 909-106	935-8758	노원구 상계동 주공APT909-106	762-5061
137	양요한	경기도 시흥시 대야동 394-1		신천연합의원	653-6661
138	양용석	서울시 서대문구 아현2동 북아현맨션 나-405	(032)	연세대 보건과학대 임상병리과	1351-3930
139	임민경			서울대학교 보건대학원	740-8893
140	임상화	서울 송파구 오륜동 율곡픽션수촌APT 237-1302	312-3646	인제의대 예방의학교실	894-3421
141	염용태	서울시 성북구 안암동 5가 126-1		고려의대 예방의학교실	927-7224
142	오대규	경기도 과천시 정부 제2종합청사	537-7209	보건복지부 지역의료과	503-7538
143	오희철	서울시 서대문구 신촌동 134		연세의대 예방의학교실	361-5349
144	오미경	서울시 서대문구 신촌동 134		연세의대 가정의학교실	361-5349
145	오향순	서울시 종로구 연건동 28번지 서울대병원	760-2932	서울대병원 감염관리실	760-2932
146	원장원	강원도 춘천시 교동	241-7075	한림대 춘천성심병원 가정의학과	
147	원종만	충남 대전시 동구 가양동 233 8동 3번		대전보건전문대학	623-3221~3
148	유근영	서울시 서초구 잠원동 신반포 13차 A328-1104	594-5996	서울의대 예방의학교실	740-8324
149	유순규	서울시 송파구 잠실5동 주공APT 523-701	73-7179	대전보건전문대학	623-3221~3
150	유태우	서울시 마포구 서교동 351-12	362-1734	서울의대 예방의학교실	762-5300

번호	성명	주소	전화	근무처	전화
151	유재은	대구직할시 남구 대명동 개나리APT 가동 906	412-9647	대구직할시 남구 대명동 개나리APT	
152	윤덕노	서울시 도봉구 우이동 108-1	989-3462	서울대병원 가정의학과	762-5300
153	윤배중	서울시 은평구 갈현동		경기도청 보건과	
154	윤종률	서울시 송파구 방이동 217 대림APT 5동 1102호	412-1659	한림대 한강성심병원 가정의학과	633-9111
155	윤택구	서울시 노원구 공릉동 215-4 압병리연구실	989-3462	원자력병원	974-2501(902)
156	윤희섭	서울시 양천구 목동APT 206-202		경기도 부천시 남구 역곡2동 74-19	
157	윤행렬	경남 진주시 칠암동 92번지	324-7174	경상외대 예방의학교실	
158	이경람	서울시 마포구 염라동 168-9	3270-9114	의료보험관리공단 급여 2과	3270-9145
159	이경수	대구시 서구 내당동 308-11 삼익뉴타운APT 203-902	053-556-6190	영남외대 예방의학교실	053-620-4374
160	이경용	인천직할시 북구 구산동 산 73	647-1349	근로복지공사 진폐연구소	328-8361
161	이귀순	경기도 안양시 안양 2동 830-11		한양외대 임상병리과	52-2111
162	이기남	전북 이리시 남중동 541-9 남중연립 2-201		서울검역소	593-8395
163	이덕형	서울시 동대문구 제기2동 892-68		보건복지부	760-3303
164	이동모	서울시 강서구 화곡3동 주공APT 26-107	604-1839	보건복지부	593-8395
165	이명근	서울시 영등포구 양평동4가 7-3 영창빌딩 2층		경인외과진학 연구소	
166	이명선	서울시 은평구 불광동 미성APT 8동 716	604-1839	이화외대 건강교육학과	360-2583
167	이명숙	서울시 서초구 방배3동 1022-1		대한산업보건협회	586-5412
168	이명학			전남외대 예방의학교실	062-220-4170
169	이무송	서울시 송파구 풍납동 388-1	480-4522	울산외대 예방의학교실	480-4522
170	이무식	대구시 달성구 화성APT 102-1206	387-3020	계명외대 예방의학교실	250-7491
171	이병국	충북 천안시 천안 순천향외대		순천향외대	565-37111
172	이병천	경기도 화성군 함남면 평리 80	634-4516	이 가축병원	2-0213
173	이선자	서울시 동작구 신대방동 교수APT 5-010		서울대학교 보건대학원	762-5091
174	이성국	대구시 중구 동인동 2가 101번지		경북외대 예방의학교실	
175	이상우	서울시 은평구 불광동 국립보건원 원장	827-0066	국립보건원	3550-49
176	이성은	강원도 강릉시 내곡동 522번지		관동대학 간호학과장	
177	이숙권	전남 동평양시 금호동 700		광양제철소 보건관리실	0667-770-2126
178	이숙영	서울시 중랑구 목2동 6/4 237-40		서울시 중랑구 목2동 6/4	237-40
179	이순영	서울시 영등포구 여의도동 미성APT	786-9207	보건사회연구원	355-8003
180	이승주	대구시 북구 판옥동 98B 7L	311-5705	안동전문대 물리치료과	52-9901
181	이연태	서울시 강남구 역삼동 692-3	384-7221	단국대학교 의과대학	0417-7101
182	이영숙	서울시 성북구 하월곡동 23-1		동덕여대 건강관리학과	
183	이영순	서울시 강남구 청담동 산 85-153	557-2900	서울대학교 수의과대학	7-2121
184	이영우	서울시 종로구 연건동 28	931-2001	서울외대 예방의학교실	762-5300
185	이영자	서울시 동작구 상도2동 22-35	58-2884	서울외대 간호학과	762-5306
186	이용호	서울시 양천구 목동 신시가지APT 532-304		김포공항 민항공의료센터	
187	이원영	서울시 서초구 도곡동 거실빌라 1-305	827-6985	연세외대 미생물학교실	361-5279
188	이원진	서울시 은평구 역촌동 42-34	648-7052	고려외대 예방의학교실	920-6174

번호	성명	주소	전화	근무처	전화
189	이원창	서울시 마포구 서교동 369-42	555-2137	건국대학교 축산대학	445-0061
190	이원철	서울시 서초구 반포동 505	595-6320	가톨릭의대 예방의학교실	590-1233
191	이원희	경기도 과천시 주공APT 905-302	33-1177	보건복지부 보건교육과	503-8361
192	이윤지	광주직할시 서구 봉선동 삼익APT 101-1402	062-653-1218	전남의대 예방의학교실	062-220-4170
193	이윤환	서울시 서초구 방배3동 삼익APT 1-607	593-5141	연세의대 예방의학교실	361-5340
194	이은일	서울 노원구 상계1동 1048번지 현대APT103-1405	502-7460	고려의대 예방의학교실	762-8361
195	이은중	서울시 성북구 정릉 3동 산1		고려대학교 보건전문대학	914-4971~4
196	이인규	강원도 원주시 원동 3동 2번지 20번지	5544	원주간호전문대학	3264
197	이인모	서울시 강남구 삼성동 코오롱APT B동 403	566-7278	수원동남보건전문대학	44-3511~2
198	이인숙	강원도 춘천시 후평동 주공 4단지 41-303	53-4030	한림의대	2-7431(279)
199	이정민	서울시 성동구 행당동		한양대학병원 가정의학과	
200	이정렬	서울시 서대문구 신촌동 134		연세대학교 간호학과	
201	이정애	서울시 동작구 흑석동	829-4946	춘천간호전문대학	2-7791~2
202	이종구	서울시 마포구 이현동 79-1		보건복지부 방역과	503-7541
203	이종섭	전북 이리시 신원동		원광대학교 의과대학	
204	이준정	대구시 남구 대명동 317-1	620-4375	영남의대 예방의학교실	620-4375
205	이창규	서울시 성북구 정릉 산 1		고려대보건전문대학임상병리과 136-703	914-4917~4
206	이채연	부산시 진구 개금동 산 51	87-2094	인세의대 예방의학교실	(051)311-3421
207	이충원	대구시 중구 동산동 194		계명의대 예방의학교실	250-7456
208	이태용	충남 대천시 중구 문화동 6		충남의대 예방의학교실	
209	임국환	서울시 강남구 압구정동 미성APT 29-1506	543-7334	고려대학교 보건전문대학	914-2645
210	임민경			서울대학교 보건대학원	740-8893
211	임제은	서울시 강남구 청담동 산 39-5 경남APT 7-402	57-9781	서울대학교 보건대학원	762-5091
212	임현술	경북 포항시 죽도 2동 646-1		포항병원 예방의학과	73-8111
213	장성훈	용산구 한남동 263-25	796-8476	건국의대 예방의학교실	(0441)40-3746
214	장순모	경남 진주시 상봉서동 1143		진주간호보건대학 임상병리과	2-2998
215	장지목	경기도 수원시 이목동 380-2		해태유업주식회사	5-1191~7
216	장창곡	서울시 노원구 월계동 삼호APT 27동 809	977-7204	동덕여대 건강관리학과	913-2001
217	전인숙	서울시 광진구 자양동 515-1 우성 APT309-505	454-3298		454-3298
218	정갑열	부산시 서구 남부민동 30		부산의대 예방의학교실	26-0101~5
219	정규생	대구광역시 달서구 송현동 798-248	053-653-4326	대구광역시 보건환경 연구원	053-764-0104
220	정문식	서울시 강남구 압구정동 현대APT 102-303	544-6728	서울대학교 보건대학원	762-5091
221	정문희	서울시 성동구 행당동 17		한양의대 간호학과	254-8181
222	정여진	서울시 구로구 구로동	493-6360		
223	정인숙	서울시 노원구 상계동 주공APT 303-209	951-7129	서울대학교병원 교육연구부 임상시험센터	760-3979
224	정재해	서울시 서초구 방배동 539-45	586-0800	서울중앙병원 감염관리실	
225	정해관	인천시 북구 산곡동 309 현대APT 107-801		서울대보건대학원예방의학교실	762-5091
226	정해원	서울시 노원구 공릉동 230 현대APT 1-203	973-4220	서울대학교 보건대학원	762-5091

번호	성명	주소	전화	근무처	전화
227	정호근	서울시 서대문구 연희동 산 87 시범APT 10-102	323-8261	산업안전공단 산업보건연구원	
228	정효지	서울시 종로구 연건동 38 서울대학교 보건대학원		서울대학교 보건대학원	745-6701
229	정희영	서울시 송파구 잠실6동 잠미APT 13-101	422-3979	가톨릭의대 내과	789-1114
230	조규일	부산시 동래구 은천2동 삼익APT 2-708	556-8036	인제대의 예방의학교실	890-6743
231	조병만	부산시 동래구 연산9동 한양APT 32-909	866-9260	부산의대 예방의학교실	240-7741
232	조석신	서울시 성동구 행당동 17		한양의대 의과대학	293-3111
233	조성익	대구시 중구 동인동2가 101	420-6960	경북대 보건대학원	420-6960
234	조성종	경기도 의정부시 의정부 3동 166-7		의정부 국민병원	3-2101~4
235	조순자	충남 공주시 중동 330	2-4282	공주간호전문대학	52-1986
236	조승렬	서울시 서초구 반포동 반포APT 13-305	532-6141	중앙대학교 의과대학	829-5031~8
237	조여원	서울시 종로구 평창동 345-125	379-2256	경희대 식품영양학과	961-0769
238	조영용	서울시 서대문구 연희3동 287-5	34-6141	신용보건전문대학	1351-3630
239	조우현	서울시 양천구 목1동APT 525-302	647-5328	연세의대 예방의학교실	361-5353
240	조원정	서울시 강서구 화곡2동 155-24	602-4295	인제간호대 지역사회간호학교실	361-5126
241	주인호	서울시 성동구 행당1동 320-10	395-2225	보건병원	2-7431
242	주혜란	서울시 서초구 양재동 204분사 현암빌딩 6층 주의원			
243	지신하	서울시 성동구 성산 시영APT 16동 509호		연세대 보건대학원	604-8029
244	진병원	서울시 강서구 화곡동 514-42	603-0332	결핵연구원	675-9821
245	채영문	서울시 서대문구 신촌동 134		연세의대 예방의학교실	361-5348
246	채종일	서울시 양천구 신정동 신시가지 APT 1026-201	647-3860	서울의대 기생충학교실	760-3317
247	천병렬	대구직할시 중구 동인동 101		경북의대 예방의학교실	43-1141
248	천병철	서울시 성북구 안암동5가 126-1	920-6174	고대의대 예방의학교실	920-6174
249	최강원	서울시 종로구 연건동 28		서울의대 내과	762-5300
250	최경훈	강원도 원주시 일산동		연세대학교 원주의대 내과	
251	최동욱	서울시 송파구 잠실동 주공APT 81-305		한양의대 예방의학교실	293-2111
252	최능원	750 Bannatynea Ave.		캐나다니토비대학교의과대학예방의학교실	204-787-2178
253	최보윤	서울시 성동구 행당동 17	290-0662	한양의대 예방의학교실	293-2111
254	최삼선	서울시 서대문구 대현동 11-1	648-2676	이화대의 예방의학교실	360-2827
255	최수용	서울시 노원구 공릉2동 215-4	592-2238	원자력병원 의학연구소	973-9011
256	최정애	서울시 서초구 잠원동 14-6 강변APT 1-106	599-7505	청량리 정신병원	965-1171
257	최재욱	서울시 영등포구 여의도동 미주APT B동 903호	785-2886	한림대 사회의학교실	633-9111
258	최현림	서울시 서대문구 북가좌동 연희 한양APT 1-511	305-7218	경상대의 예방의학교실	52-0041
259	최진수	광주시 서구 화림동 현대 APT 100-901	372-6001	전남의대 예방의학교실	222-2283
260	최진영	서울시 은평구 녹번동 5		국립보건 안전연구원	
261	탁연빈	대구시 북구 읍내동 126-5	67-1532	경북대학교 수의과대학	93-1255
262	하미나	서울시 강남구 개포4동 시영APT 25-409	3461-0519	서울의대 예방의학교실	740-8332
263	하영애			경북의대 예방의학교실	055-420-6968
264	한복순	서울시 양천구 목동 신시가지APT 1412-403	645-2043	김포공항내 인항공의료센터	660-7102

번호	성명	주소	전화	근무처	전화
265	한 상 복	서울시 성북구 종암2동 108-72		원자력병원	974-2501
266	한 성 현	충남 아산군 선창면 읍내리 산 53-1	42-4601	순천향의과대학	795-2311
267	함 유 식	경남 울산시 남구 야왕1동 576-10		울산시 남구 보건소	0522-71-2545~8
268	허 목	경남 고성군 개원면 좌연리 좌이 264	72-0519	창원시 보건소	82-6488
269	허 선	강원도 춘천시 옥천1동		한림의대 기생충학교실	7601-3317
270	허 용	서울시 강동구 고덕동 시영APT 17-409	473-1884	서울대 보건대학교 역학교실	762-5091
271	홍 성 태	서울시 성동구 화양동 10-36	44-6233	서울의대 기생충학교실	762-5091
272	홍 성 철	대구시 중구 동인동 2가 101		경북의대 예방의학교실	420-6861
273	홍 연 표	경기도 군포시 금정동 삼식소원APT 370-1301	0343-77-2117	중앙의대 예방의학교실	810-2508
274	홍 영 표	서울시 성동구 구의동 26-11	46-5860	결핵연구원	633-9461~5
275	홍 재 용	서울시 강남구 논현동 232-1	544-7614	인하의대 예방의학교실	862-0077
276	황 성 주	강원도 춘천시 옥천동 1-1		한림의대 예방의학교실	58-1684
277	황 인 담	전북 전주시 인후1가동 현대APT 102-703	3-6865	원광의대 예방의학교실	2-0031~9
278	황 태 운	대구시 남구 대명동 317-1번지	620-4376	영남의대 예방의학교실	620-4376
	Daniel W Jones	부산시 동구 초량3동 1147-2		침례병원	461-3365