

선별검사자료를 이용한 백내장 유병률의 추정

송기준¹ · 한무영¹ · 김신영¹ · 하정윤¹ · 김응권²

연세대학교 의과대학 의학통계학과¹, 연세대학교 의과대학 안과학교실²

목적 : 선별검사자료를 이용하여 통계학적 모형에 기초한 백내장의 유병률을 보다 효율적으로 추정하고자 하였다.

대상과 방법 : 선별검사자료와 병원진료자료를 이용하여 2×3 형식의 표와 같이 미분류군을 포함하는 상황으로 자료를 정리했을 때, 최대우도추정방법을 이용하여 선별검사결과 양성, 음성과 백내장 존재 유,무로만 구분되는 2×2 형식의 표를 구하고 그 때 유병률을 추정하였다. 이 방법을 1994년 6월부터 2005년 9월까지 건강검진을 받은 20세 이상의 85,505명의 선별검사자료에 적용하였다.

결과 : 백내장 유병률의 추정치는 전체에서 13.98%였고, 이 때 남자는 15.29% 여자는 12.97%로 추정되었다. 또한 연령별로 구분하여 얻어낸 유병률의 추정치에서 60세 이상으로 갈수록 유병률이 급격히 높아지는 것을 알 수 있었다.

결론 : 본 연구에서 제안된 유병률 추정방법을 통해 얻은 결과는 기존의 연구들과 비교할 때 그 타당성을 확보할 수 있었고, 백내장은 고연령에서 급격하게 증가하고 있다는 사실에서 예방과 조기발견 및 적절한 치료가 필요하다고 여겨진다. <한안지 48(6):768-773, 2007>

백내장 유병률은 백내장의 역학적 특성으로서, 백내장의 기여 위험도를 파악하거나 적절한 진료 체계를 구축하기 위해 필수 불가결한 지표라고 할 수 있다. 세계보건기구(WHO)의 보고에 의하면 전세계적으로는 시각장애 인구의 42%, 우리 나라를 포함한 아시아에서는 39%가 백내장에 의해서 발생되고 있는 실정이다.¹ 또한, 백내장 치료를 위한 외래 및 입원 환자는 국내에서 약 46만 명에 이르고 있고 이에 대한 의료비 지출이 연간 1,380억원 정도에 이른다고 추정되고 있으며, 후발성 백내장의 빈도를 최소 30%라고 가정할 때 약 130억 이상이 소모된다고 보고되고 있다.² 백내장은 국가경제와 문화의 발달로 노령인구가 증가하고 있는 시점에서 점점 심각한 문제로 부각되고 있는데, 이러한 노령 환자들을 젊은 층이 부양을 하고 돌봐야 한다는 측면에서 이중적으로 사회문제가 되고 있다.

유병률에 관한 기존의 연구들은 인구집단에 근거한

특정 지역의 조사자료를 기초로 추정되는 것들이 대부분인데, 이러한 연구들은 막대한 시간과 비용, 노력 등이 요구되기 때문에 현실적으로 수행하기 어려운 점을 갖고 있다. 또한 이러한 비용에도 불구하고 인구집단의 유동성 등으로 인하여 특정한 지역, 시점에 따라 유병률 추정치의 오차가 크게 나올 수 있다는 단점을 갖고 있다.³⁻⁸

이에 본 연구에서는 선별검사(screening test)를 통해 얻은 자료를 기초로 그에 따른 병원의 진료자료를 연계한 후, 통계학적 모형에 기초하여 백내장의 유병률을 보다 효율적으로 추정하고자 하였다.

대상과 방법

백내장의 유병률 추정을 위한 방법은 최대우도추정(maximum likelihood estimation) 방법을 적용한 것으로 이는 결측 자료를 보완하여 유병률을 추정하는 것이다. 이 방법은 선별검사자료와 병원진료자료를 병합했을 때, 2×3 형식의 표와 같은 상황으로 자료를 나타낼 수 있다고 가정한다(Table 1). 즉, 선별검사결과 양성, 음성으로 판명된 경우와 그에 따라 실제 백내장으로 판명된 집단과 그렇지 않은 집단으로 구성된 2×2 형식의 자료 이외에 질병의 존재 여부를 알 수 없는 미분류 집단들이 존재하는 상황을 가정하는 것이다. 이 표에서 n_{ij} 는 각 cell의 빈도를 나타내고 i와 j는 선

<접수일 : 2006년 7월 21일, 심사통과일 : 2007년 3월 27일>

통신저자 : 김 응 권

서울시 서대문구 신촌동 134
연세대학교 신촌세브란스병원 안과
Tel: 02-2228-3577, Fax: 02-312-0541
E-mail: eungkim@yumc.yonsei.ac.kr

* 본 논문은 보건복지부 중점공동연구지원 연구개발사업(02-PJ1-PG1-CH02-0003)의 연구비 지원을 받아 이루어졌음.

Table 1. Patterns for observed results from the screening test

Result of screening test	Diseased	Not-diseased	Unknown	Total
Positive	n_{11}	n_{10}	n_{1u}	$n_{1.} + n_{1u}$
Negative	n_{01}	n_{00}	n_{0u}	$n_{0.} + n_{0u}$
Total	$n_{.1}$	$n_{.0}$	$n_{.u}$	N

별검사결과양성이거나 백내장이 존재하는 경우에는 1, 그렇지 않은 경우에는 0의 값으로, 또한 미분류인 경우에는 u로 나타내기로 한다. 그리고 각 cell에 해당되는 비율은 P_{ij} 로 표현하며 전체 표본의 크기는 N으로 나타내는데 이것은 곧, $\sum_{i=0}^1 \sum_{j=0}^1 n_{ij} + \sum_{i=0}^1 n_{iu}$ 를 말한다. 이러한 상황에서 미분류 집단을 고려했을 때 선별검사 결과 양성, 음성과 백내장 존재 유, 무로만 구분되는 2×2 형식의 표를 구성하기 위한 각 cell의 비율에 대한 최대 우도 추정치(maximum likelihood estimates)는 다음과 같은 과정을 통해 얻을 수 있다.

먼저, 주변 빈도(marginal frequencies), $n_{i.} + n_{iu}$ 의 다항분포(multinomial distribution)와 n_{ij} 의 조건부 다항 분포(conditional multinomial distribution)를 이용했을 때, 전체 자료의 우도(likelihood)는 각 분포에서의 우도를 곱하여 다음과 같이 구성할 수 있다.

$$L = \prod_{i=0}^1 p_i^{n_{i.} + n_{iu}} \prod_{i=0}^1 \prod_{j=0}^1 p_{ji}^{n_{ij}}$$

즉, 로그를 취한 로그 우도(log likelihood)에서 각 성분을 분리하여 최대 우도 추정치(estimate)를 구하면 다음과 같이 얻어지는데, $P_{i.} = \frac{n_{i.} + n_{iu}}{N}$, $P_{ji} = \frac{P_{ij}}{P_{i.}}$ 와 같이 구할 수 있다. 따라서 2×2 형식의 표에 따른 각 cell의 비율에 대한 추정치는, $P_{ij} = P_{i.} \times P_{ji}$

Table 2. Estimated cell probabilities

Result of screening test	Disease status	
	Diseased	Not-diseased
Positive	P_{11}	P_{10}
Negative	P_{01}	P_{00}

Table 3. Distribution of screening result in total subjects

Screening result	Disease status			Total
	Diseased	Not-diseased	Unknown	
Positive	295	1,222	6,712	8,229
Negative	414	2,676	74,186	77,276
Total	709	3,898	80,898	85,505

$$= \frac{n_{ij} + [n_{ij}/(n_{i.} + n_{iu})]n_{iu}}{N}$$

와 같이 구할 수 있다 (Table 2). 따라서 유병률에 대한 추정치는 2×2 표에서 $P_{11} + P_{01}$ 로 얻어진다. 백내장 유병률을 추정하기 위해 위의 추정방법을 실제 건강검진자료와 진료자료에 적용했는데, 이를 위해 먼저 건강검진센터에 방문한 검진자들과 병원의 진료자료에서 나타난 환자들과의 일치 여부를 조사하였고 정리된 두 자료를 연계시켜 최종적으로 데이터베이스를 구축하였다.

결 과

1994년 6월부터 2005년 9월까지 본원의 건강검진센터에서 검진을 받은 20세 이상의 대상은 총 85,505명이었는데, 이 때 백내장 발생 의심군으로 검진된 대상은 8,229 (9.62%)명이었고 정상으로 검진된 군은 77,276명(90.38%)이었다. 또한 검진자들의 평균(표준편차) 연령은 52.07 (12.10)세였으며 남자의 경우는 43,755 (51.17%)명에서 51.85 (11.91)세였고, 여자의 경우는 41,750 (48.83%)명에서 52.31 (12.28)세였다.

병원의 진료자료는 1995년 1월부터 2005년 12월까지 본원의 안과에 내원한 환자를 대상으로 조사했는데, 총 116,170명의 환자에서 백내장으로 실제 진단 받은 대상은 총 12,182명으로 10.49%의 분포를 나타냈고 그렇지 않은 대상은 103,988(89.51%)명이었다.

본 연구에서는 검진을 받은 대상을 기준으로 병원의 진단자료와 병합하여 분석을 실시하였는데, 이 때 2×3 형식의 표와 같은 상황으로 전체 대상의 자료를 나타내면 다음과 같다(Table 3). 이를 이용하여 구해진 유병률의 추정치는 전체 대상 자료에서 13.98% (95% 신뢰구간: 13.75%, 14.21%)이었고, 성별에 따라 각각

Table 4. Prevalence estimates by age (%)

Age groups	20~29	30~39	40~49	50~59	60~69	70 >	Overall
Estimates	4.40	3.40	6.50	7.50	18.47	30.85	13.98
95% C. I.*	(3.48, 5.32)	(3.07, 3.73)	(6.19, 6.81)	(7.16, 7.84)	(17.91, 19.03)	(29.74, 31.96)	(13.75, 14.21)

* C. I. : confidence intervals.

Table 5. Prevalence estimates by age, gender (%)

Age groups	Gender	
	Men (95% C. I.*)	Women (95% C. I.)
20~29	3.02 (1.88, 4.16)	5.76 (4.35, 7.17)
30~39	2.24 (1.86, 2.62)	4.29 (3.77, 4.81)
40~49	8.23 (7.77, 8.69)	4.78 (4.38, 5.18)
50~59	10.04 (9.49, 10.59)	5.42 (4.99, 5.85)
60~69	20.58 (19.73, 21.43)	17.17 (16.42, 17.92)
70 >	31.37 (29.87, 32.87)	30.53 (28.97, 32.09)
Overall	15.29 (14.95, 15.63)	12.97 (12.65, 13.29)

* C. I. : confidence intervals.

2×3 형식의 표로 나누어 정리한 자료를 이용했을 때 남자에서는 15.29% (95% 신뢰구간: 14.95%, 15.63%) 여자에서는 12.97% (95% 신뢰구간: 12.65%, 13.29%)로 추정되었다. 비슷한 방법으로 연령별로 자료를 구분하여 구한 유병률의 추정치의 결과에서 60세 이상으로 갈수록 유병률이 급격히 높아지는 것을 알 수 있었다 (Table 4). 또한 성별과 연령에 따라 나누어 추정된 유병률의 추정치는 40세 이상부터 남자가 여자보다 높게 나타나는 것을 알 수 있었다 (Table 5, Fig. 1)

고 찰

백내장은 세계적으로 시력을 잃게 되는데 있어서 50%정도를 설명해주는 주요한 원인으로 보고되고 있다.⁶ 특히 연령과 관련된 백내장은 그 정도에 있어서 심각성이 더하다고 알려져 있다.¹ 백내장은 목숨을 잃을 정도로 치명적이지는 않지만 일상생활과 사회적 활동 그리고 삶의 질에 있어서 그 영향은 크다고 할 수 있다. 기대 수명이 증가되고 있고 고연령층의 인구가 증가되고 있기 때문에 백내장 발생 건수는 점점 더 증가될 것으로 기대되고 이것은 중요한 사회적, 경제적 문제를 야기할 수 있다.^{7,8}

백내장 유병률에 관한 국내의 보고에서 1991년 7월 충북 증원군 40세 이상인 지역 주민 137명 과 1992년 1월 경북 문경군 40세 이상인 지역주민 450명을 검사

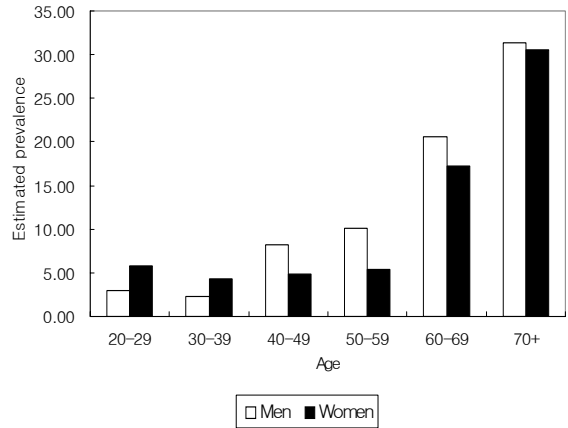


Figure 1. Estimated prevalence by age and gender.

하여 백내장의 발생빈도는 증원군이 32.8%, 문경군이 43.3%으로 나타났으며, 백내장의 나이별 분포는 40~49세 사이가 4.16%, 50~59세 사이가 13.3%, 60~69세 사이가 37.5%, 70세 이상이 45%로 나타났다. 9,10 미국에서 보고된 몇 가지의 연구결과에서는 45세에서 54세까지의 경우가 대략 2%, 75세에서 85세까지가 45%정도로 나타났는데, 아시아 지역에서 유병률이 보다 더 높은 것으로 나타났다 (Table 6).¹¹⁻¹⁸

본 연구에서는 선별검사자료를 이용하여 백내장 유병률을 보다 효율적으로 추정하기 위한 통계학적 방법을 제안했고 실제 자료에 적용하여 그 추정치를 얻었다. 또한 본 연구의 결과는 기존의 연구 결과에서 얻어진 추정치들과 비교할 때 특별한 차이를 보이지 않았는데, 효율적인 측면에서 고려했을 때 그 방법적 타당성은 인정할만하다고 보여진다.¹⁹⁻²⁴ 특히 본 연구에서 적용한 방법은 기존의 통계학적 추정 방법들이 선별검사의 특이도(sensitivity)와 민감도(specificity)에 상당히 의존적이라는 측면을 고려해볼 때, 특이도와 민감도가 알려지지 않은 많은 선별검사방법들에 적용하여 유병률을 추정할 경우, 그 용이성이 뛰어나다고 할 수 있다.²²⁻²⁴ 단, 본 연구에서 제안한 방법은 병원 진단 결과에서 질병의 유,무를 알 수 없는 경우가 정보를 알 수 있는 대상들에 비해 극단적으로 많아질 때, 유병률이 다소 저추정(underestimation) 될 수 있는 가능성을 지니고 있다. 그러나 이러한 점은 선별검사자료와 병원

Table 6. Prevalence estimates in other countries (%)

Age	Countries (region, year)			
	India (Punjab, 1982)	China (Beijing, 1989)	Australia (Victoria, 1999)	USA (Maryland, 1991)
30-39	0.2	-	-	-
40-49	2.2	0.40	1.13	-
50-59	14.7	6.83	5.56	3.0 (45-54)
60-69	42.0	25.79	28.2	7.5 (55-64)
70-79	55.7	59.95	38.1	31.5 (65-74)
80+	87.8	83.02	67.3	59.0 (75-85)
Overall	15.3	18.58	24.7	-

진단 자료의 시기 등을 적절히 보정하여 연구대상을 선정할 경우, 저추정의 가능성을 최소화할 수 있다.

본 연구에서 얻어진 백내장 유병률 추정치를 살펴볼 때 높은 연령층에서 백내장 유병률은 증가하고 있다는 것을 알 수 있었고, 그에 따라 이들을 위한 적절한 진료 서비스와 조기 발견 및 조기 치료가 필요하다는 것을 알 수 있었다. 특히 고연령층의 대상들은 시력의 감소가 고연령에 따른 자연적인 현상으로 믿는 경우가 많아서 특별한 진료서비스를 요청하거나 또는 그러한 손상을 예방하기 위해 적절한 조치를 취하는 것을 무시하는 경향이 있다. 이러한 점에서도 본 연구 결과의 추정치는 고연령층에서 백내장의 예방과 조기발견 및 적절한 치료의 중요성에 관한 교육 또한 절실하게 필요하다는 것을 시사하는 바가 크다고 할 수 있다.

현실적으로 백내장에 관한 일치된 정의가 분명하지 않은 상황에서 유병률 추정치에 관한 지표들을 각기 다른 연구들의 결과를 통해 요약하고 비교하는 것은 쉽지 않은 일이다. 또한 자료를 수집하는데 있어서도 정형화된 방법이 존재하는 것도 아니기 때문에 유병률 추정치를 구하는 데에 편의가 존재할 수 있다. 이에 본 연구의 방법처럼 보다 현실적이고 효율적인 추정 방법은 앞으로의 연구들에 있어서 쉽게 적용 가능한 하나의 방법이 될 수 있다고 생각된다.

참고문헌

- Thylefors B. Global data on blindness. *Bull World Health Organ* 1995;73:115-21.
- National health insurance corporation. *Annual Bulletin* 2002;8-10
- Alhadadd F, Nuaimi Y, Little BB, et al. Prevalence of obesity among school children in the United Arab Emirates. *Am J Hum Biol* 2000;12:498-502.
- Capocaccia R, Angelis RD. Estimating the completeness of prevalence based on cancer registry data. *Stat Med* 1997;16:425-40.
- Colonna M, Hedelin G, Esteve J, et al. National cancer prevalence estimation in France. *Int J Cancer* 2000;87:301-4.
- Javitt JC, Wang F. Blindness due to cataract : epidemiology and prevention. *Annu Rev Public Health* 1996;17:159-77.
- Age-Related Eye Disease Study Group. Risk factors associated with age-related nuclear and cortical cataract: a case-control study in the Age-Related Eye Disease Study. *Ophthalmology* 2001;108:1400-8.
- West SK, Valmadrid CT. Epidemiology of risk factors for age-related cataract. *Surv Ophthalmol* 1995;39:323-34.
- Shin KH, Hong NS, Ahn SK, et al. Population based study of risk factors and environmental factors contributing to cataractogenesis. *J Korean Ophthalmol Soc* 1992;33:834-43.
- Shin KH, Hong NS, Ahn SK. The prevalence and morphological characteristics of senile cataract in the local areas of Korea. *J Korean Ophthalmol Soc* 1992;33:1154-61.
- Chatterjee A. Prevalence and aetiology of cataract in Punjab. *Br J Ophthalmol* 1982;66:35-42.
- Hiller R. Epidemiologic associations with nuclear, cortical, and posterior subcapsular cataracts. *Am J Epidemiol* 1986;124:916-25.
- Hu C. An epidemiologic survey of cataract in Shunyi County, Beijing. *Zhonghua Yan Ke Za Zhi* 1989;25:360-4.
- Leibowitz HM. The Framingham eye study monograph. *Surv Ophthalmol* 1980;24:S335-610.
- McCarty CA, Mukesh BN, Fu CL, et al. The epidemiology of cataract in Australia. *Am J Ophthalmol* 1999;128:446-65.
- Mller-Breitenkamp U, Hockwin O. Risk factors in cataract development. *Dev Ophthalmol* 1991;21:60-5.
- Leske MC, Wu S, Hennis A, et al. Diabetes, hypertension, and central obesity as cataract risk factors in a black population. *Ophthalmology* 1999;106:35-41.
- Tsai S, Hsu W, Cheng C, et al. Epidemiologic study of age-related cataracts among an elderly Chinese population in Shih-Pai, Taiwan. *Ophthalmology* 2003;110:1089-95.
- Gart JJ, Buck AA. Comparison of a screening test and a reference test in epidemiologic studies. *Am J Epidemiol* 1966;83:593-602.
- Hilden JA. further comments on "Estimating prevalence from the results of a screening test". *Am J Epidemiol* 1979;109:721-3.

- 21) Levy PS, Kass EH. A three population model for sequential screening for bacteriurea. *Am J Epidemiol* 1970;91:148-54.
- 22) Lew RA, Levy PS. Estimation of prevalence on the basis of screening test. *Stat Med* 1989;8:1225-30.
- 23) Shin HC, Kim BC, Park SG. Estimation of disease prevalence from a screening program. *Biometrical J* 2001;43:835-43.
- 24) Rogan WJ, Gladen B. Estimating prevalence from the results of a screening test. *Am J Epidemiol* 1978;107:71-6.

=ABSTRACT=

Prevalence Estimation of Cataract based on a Screening Test

Ki Jun Song,¹ Moo Young Han,¹ Shin Young Kim,¹
Jung Yoon Ha,¹ Eung Kwon Kim, M.D.²

Department of Biostatistics, Yonsei University College of Medicine¹, Seoul, Korea
Department of Ophthalmology, Yonsei University College of Medicine², Seoul, Korea

Purpose: To estimate the prevalence of cataracts based on screening test results and statistical estimation methods.

Methods: Between June 1994 and September 2005, 85,505 persons aged 20 years and older were screened at a health promotion center for a general health care screen. We assumed that all subjects had complete screening results; however some subjects had an unknown disease status. A 2×3 table form could be generated from this data set. To estimate cataract prevalence, we used a maximum likelihood estimation method to reconstruct a 2×2 table including probabilities for each cell.

Results: The overall estimated cataract prevalence was 13.98% (95% confidence intervals, 13.75% to 14.21%). We estimated the prevalence of cataracts to be 15.29% in men (95% confidence intervals, 14.95% to 15.63%) and 12.97% in women (95% confidence intervals, 12.65% to 13.29%). In addition, we found that the cataract prevalence distinctly increased in people aged 60 years or older.

Conclusions: We found that these estimated cataract prevalences were not considerably different from study results obtained in other countries. Therefore, our method may be considered to be appropriate for estimating prevalence. Our results indicate that cataract prevalence in our study population increases with age and highlight the need for early detection and early interventions.

J Korean Ophthalmol Soc 48(6):768-773, 2007

Key Words: Cataract, Prevalence estimation, Screening test

Address Reprint requests to **Eung Kwon Kim, M.D.**

Department of Ophthalmology Severance Hospital College of Medicine, Yonsei University

#134 Sinchon-dong, Seodaemun-gu, Seoul 120-752, Korea

Tel: 82-2-2228-3577, Fax: 82-2-312-0541, E-mail: eungkim@yumc.yonsei.ac.kr