

위험도차이, 상대위험률, 그리고 교차비:그래프 방법*

조태경¹⁾

요약

역학(epidemiology) 또는 임상(clinic) 자료를 분석하기 위한 주요 측도의 선택에 대한 연구가 계속되고 있지만, 주요 측도들이 일반적인 함수 형태로만 표현되는 경우에는 주요 측도들의 특징이나 관계를 이해하는 것이 쉽지 않다. 이 논문에서는 주요 측도의 선택 문제 보다는 이변량 자료에 대한 주요 측도 중에서 위험도차이(risk different: RD), 상대위험률(relative risk: RR), 그리고 교차비(odds ratio: OR)를 방사형 그림(radar diagram)을 사용하여 나타내고 이 그림을 이용하여 이들의 특성이나 관계를 살펴보았다. 방사형 그림은 이 측도들을 이해하는데 좋은 도구가 될 것이다.

주요용어: 위험도차이, 상대위험률, 교차비, 방사형 그림

1. 서론

간략화 된 보고서는 연구 결과를 쉽게 이해하는데 도움이 되기 때문에 연구자들은 연구 결과 보고서를 작성할 때 자료의 요약을 간략하게 하려고 노력하고 있다. 연구 결과를 간략화 하는 한 가지 방법은 연구자들 대부분이 사용하는 일반화된 주요 측도를 사용하는 것이다.

연구자들은 이변량 역학 또는 임상 자료에 대한 연구 결과를 4가지 범주로 분류하는데 2×2 빈도표(frequency table)를 많이 사용한다. 이 표는 매우 간단하지만 결론을 유추해내는 방법은 매우 다양하다. 또한 결론을 유추해내기 위해서 선택하는 측도들은 연구 분야에 따라서 부분적으로 서로 다른 관점을 가지고 있을 뿐 아니라 측도들의 일반적인 함수 형태만으로는 이들의 관계를 이해하기가 쉽지 않다(Kraemer, 2004).

Walter(2000)는 역학 자료에 대한 주요 측도의 선택은 측도들 자체의 문제 보다는 자료 분석의 목적에 따라 달라질 수 있다고 지적하고 있고, Johnson(1999)은 2×2 빈도표는 매우 간단하지만 그 표가 가지고 있는 의미는 매우 복잡하고 2×2 빈도표로부터 얻어진 측도들이 함수 형태만으로 나타나는 경우에는 그들 간의 관계를 이해하는데 혼란스러울 수 있다고 지적하고 이것을 해결하는 방법으로 2×2 빈도표를 그래프로 나타내는 방법을 제시하였다. 그러나 그는 측도들 각각의 함수 형태들을 이해하는데 만 그래프를 사용하고 있지 측도들 간의 관계에 대한 정보를 그래프를 통해서 나타내지 못하고 있고 또한 그가 제시한 그래프는 범용 프로그램으로는 그리기가 쉽지 않다.

* 이 연구는 2005학년도 동국대학교 연구년 지원에 의하여 이루어졌음.

1) (780-714)경상북도 경주시 석장동 707 동국대학교,정보통계학과, 부교수

E-mail: tkcho@mail.donguk.ac.kr

이 논문에서는 역학 또는 임상 자료에 대한 2×2 빈도표를 방사형 그림으로 나타내고 주요 측도들 중에서 DR, RR, 그리고 OR를 방사형 그림을 이용하여 다시 정의하여 이들 측도간의 관계를 방사형 그림으로부터 얻어낼 수 있다는 것을 보였다. 또한 방사형 그림은 범용 프로그램인 Microsoft Excel(Kathy, 2001)을 사용하여 쉽게 그릴 수 있다. 따라서 방사형 그림은 이들 측도들의 특성이나 관계를 이해하는데 시각적인 도움을 줄 수 있을 것이다.

2. 2×2 빈도표와 방사형 그림

역학 또는 임상자료에 대하여 각각의 범주에 빈도가 a, b, c, 그리고 d인 2×2 빈도표와 방사형 그림은 그림 2.1과 같다. 이 논문에서는 모든 범주에 적어도 하나의 관측값이 존재하는 것을 가정으로 한다.

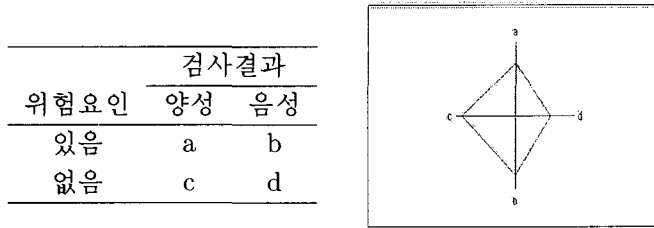


그림 2.1 : 2×2 빈도표와 방사형 그림

2×2 빈도표가 그림 2.1과 같이 주어진 경우 의학 또는 역학 통계 교재(Feinstein, 2002; Kahn와 Sempos, 1989; Szklo와 Nieto, 2004)에서 많이 사용되는 주요 측도인 RD, RR, 그리고 OR에 대해 함수적 특성을 간략하게 살펴보자. 각 측도에 대한 정의는

$$RD = \frac{a}{a+b} - \frac{c}{c+d}, \quad RR = \frac{a/(a+b)}{c/(c+d)}, \quad OR = \frac{a/b}{c/d}$$

와 같다. RD는 위험요인이 있는 집단과 위험요인이 없는 집단간에 위험(risk)의 차이를 나타내고 있다. RR은 코호트 연구(cohort study)에서 주로 사용하는 측도이며 위험요인 있는 집단의 위험과 위험요인이 없는 집단의 위험을 비율로 나타내고 있으며, OR은 사례연구(case-control study)에서는 RR을 직접 사용할 수 없기 때문에 RR 대신 사용하는 측도이다.

각 측도의 범위는

$$-1 < RD < 1, \quad 0 < RR < \infty, \quad \text{그리고} \quad 0 < OR < \infty$$

이 된다. OR을 RR로 나타내면

$$OR = RR \times \frac{1 + a/b}{1 + c/d}$$

이 되어 $(1+a/b)/(1+c/d)$ 가 편의가 된다. 따라서 편의가 1이면 $RR=OR$ 이 되며, 편의가 1보다 크면 $OR>RR$, 그리고 1보다 작으면 $OR<RR$ 을 만족하게 된다. 또한 a와 c가 각각 d와 b에 비해서 매우 작으면 OR은 RR에 근사하게 된다.

그림 2.1 에 주어진 방사형 그림은 원점을 중심으로 4개의 직각삼각형으로 구성되어 있다. 원점, a, 그리고 c로 구성된 직각삼각형의 면적을 $A_1 = ac/2$, 원점, a, d로 구성된 면적을 $A_2 = ad/2$, 원점, b, c로 구성된 면적을 $A_3 = bc/2$, 그리고 원점, b, d로 구성된 면적을 $A_4 = bd/2$ 라 하자. 이 면적들은

$$A_1 \times A_4 = A_2 \times A_3 = \frac{abcd}{4}$$

을 만족한다. 방사형 그림을 구성하는 직각삼각형의 면적 A_1, A_2, A_3 그리고 A_4 을 사용하여 측도 RD, RR, 그리고 OR을 정의하면

$$RD = \frac{A_1(A_2 - A_3)}{(A_1 + A_2)(A_1 + A_3)}$$

$$RR = \frac{A_1 + A_2}{A_1 + A_3}$$

$$OR = \frac{A_2}{A_3}$$

와 같다. 그리고 2×2 빈도표로부터 얻을 수 있는 방사형 그림의 형태는 그림 2.2에 나타나 있는 6가지이다.

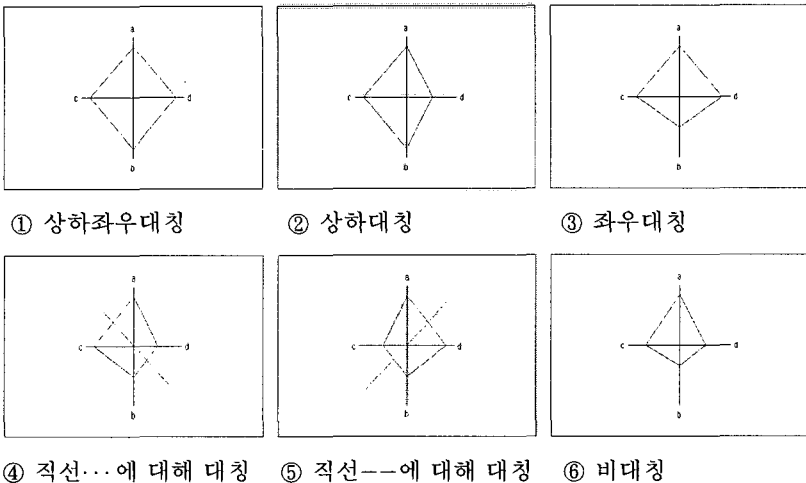


그림 2.2 : 2×2 빈도표에 대한 방사형 그림의 6가지 형태

그림 2.2에 나타난 방사형 그림의 형태에 따라 측도 RD, RR, 그리고 OR의 관계는 그림 ①과 ④는 $RD=0$, 그리고 $RR=OR=1$, 그림②와 ③은 $RD \neq 0$, $RR \neq 1$, 그리고 $OR \neq 1$, 그림⑤와 ⑥은 $-1 < RD < 1$, $0 < RR < \infty$, 그리고 $0 < OR < \infty$ 을 만족한다.

측도 RD, RR, 그리고 OR의 특성 또는 관계는 직각삼각형의 면적 A_2 그리고 A_3 에 의존하고 있다는 것을 방사형 그림을 구성하는 직각삼각형의 면적을 이용한 정의로부터 알 수 있으며 다음과 같은 [성질 1]을 만족한다.

[성질 1]

2×2 빈도표에 대한 방사형 그림에서 직각삼각형의 면적 A_2 그리고 A_3 의 크기에 따라서 다음을 만족한다.

- (1) $A_2 = A_3$ 이면 $RD = 0$, 그리고 $RR = OR = 1$
- (2) $A_2 < A_3$ 이면 $RD < 0$, 그리고 $0 < OR < RR < 1$
- (3) $A_2 > A_3$ 이면 $RD > 0$, 그리고 $1 < RR < OR < \infty$

따라서 직각삼각형의 면적 A_2 그리고 A_3 의 크기만을 비교함으로써 이들 측도들의 관계들을 알 수 있다.

OR을 RR로 나타내면 $OR = RR > (1+a/b)/(1+c/d)$ 가 되고 편의 $(1+a/b)/(1+c/d)$ 을 방사형 그림에 나타난 직각삼각형의 면적으로 나타내면

$$\text{편의} = \frac{1+a/b}{1+c/d} = \frac{A_4 + A_2}{A_4 + A_3}$$

가 되어 다음과 같은 [성질 2]를 만족하게 된다.

[성질 2]

2×2 빈도표에 대한 방사형 그림에서 직각삼각형의 면적 A_2 그리고 A_3 의 크기에 따라서 $A_2 = A_3$ 이면 편의=1이 되며 $RD = 0$, 그리고 $RR = OR = 1$
 $A_2 < A_3$ 이면 편의<1이 되며 $RD < 0$, 그리고 $0 < OR < RR < 1$
 $A_2 > A_3$ 이면 편의>1이 되며 $RD > 0$, 그리고 $1 < RR < OR < \infty$
 을 만족한다.

[성질 2]를 통해서 측도 OR과 RR은 오직 1의 값을 갖는 경우에만 같아진다는 것을 알 수 있다. 또한 a와 c가 각각 d와 b에 비해서 매우 작으면 OR은 RR에 근사하게 되는데 이것은 직각삼각형의 면적 A_1 이 A_4 보다 매우 작으면 OR은 RR에 근사하게 된다는 것이다.

측도 RD, RR, 그리고 OR의 크기와 관계는 면적 A_2 그리고 A_3 에 의존하고 있는데 2×2 빈도표가 매우 큰 값과 매우 작은 값을 같이 가지고 있는 경우에는 방사형 그림을 통해서 면적 A_2 그리고 A_3 을 시각적으로 비교하는 것이 쉽지 않은 경우가 발생한다. 이런 경우에는 2×2 빈도표의 값들을 제곱근 변환을 하면 면적 A_2 그리고 A_3 을 시각적으로 좀더 쉽게 비교할 수 있다.

그림 2.1에 주어진 2×2 빈도표의 값들을 제곱근 변환시킨 후에 변환된 자료에 대한 방사형 그림에서 직각삼각형의 면적을 $A_1^{st} = \sqrt{ac}/2$, $A_2^{st} = \sqrt{ad}/2$, $A_3^{st} = \sqrt{bc}/2$ 그리고 $A_4^{st} = \sqrt{bd}/2$ 라 하자. 그러면 제곱근 변환된 자료에 대한 OR은

$$OR^{st} = \frac{A_2^{st}}{A_3^{st}} = \frac{\sqrt{ad}}{\sqrt{bc}}$$

이 되며 원자료에 대한 OR과 관계는 다음과 같다.

$$(OR^{st})^2 = \left(\frac{A_2^{st}}{A_3^{st}}\right)^2 = \frac{ad}{bc} = \frac{A_2}{A_3} = OR$$

따라서 $A_2^{st} = A_3^{st}$ 이면 $A_2 = A_3$, $A_2^{st} > A_3^{st}$ 이면 $A_2 > A_3$ 그리고 $A_2^{st} < A_3^{st}$ 이면 $A_2 < A_3$ 을 만족하게 되어 제공근 변환된 자료에 대한 방사형 그림에서 면적 A_2^{st} 와 A_3^{st} 의 크기 비교를 통해서 원자료에 대한 면적 A_2 와 A_3 의 크기 비교 할 수 있다.

3. 응용예제

Szklo 와 Nieto(2004)의 95쪽에 주어진 혈압과 심근경색에 관한 자료에 대한 방사형 그림을 통해서 측도 RD, RR, 그리고 OR에 관계를 살펴보자. 2×2 빈도표 그리고 원자료와 제공근 변환을 한 자료에 대한 방사형 그림은 그림 3.1에 나타나있다. 그림 3.1에 있는 첫 번째 방사형 그림은 원자료에 대한 방사형 그림으로 면적 A_2 와 A_3 을 비교하기가 어렵지만 제공근 변환을 한 후에 방사형 그림을 그리면 원자료 보다 면적 A_2 와 A_3 을 비교하기가 쉽다.

그림 3.1에 주어진 두 번째 방사형 그림은 원자료를 제공근 변환을 한 자료에 대한 방사형 그림이며 이 그림을 통해서 $A_2 > A_3$ 을 만족하고 있다는 것을 알 수 있다. 따라서 [성질 2]에 의해서 주어진 자료의 편의는 1보다 커서 $RR < OR$ 을 만족하고 있으며 위험도차이는 $RD > 0$, 그리고 $1 < RR < OR < \infty$ 을 만족하고 있다는 것을 알 수 있다. 그림 3.1에 주어진 자료에 대해서 측도 RD, RR, 그리고 OR과 편의를 구하면 $RD=0.015$, $RR=6$, $OR=6.092$, 그리고 편의=1.015가 되어 방사형 그림으로부터 얻은 측도들의 관계를 만족시키고 있다는 것을 알 수 있다.

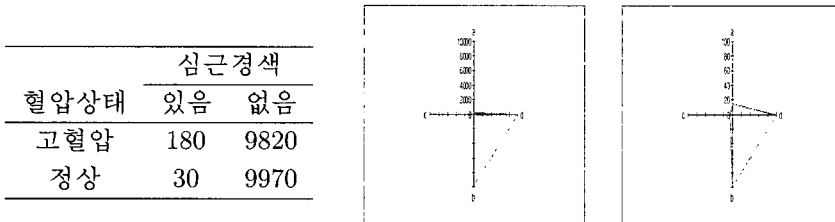


그림 3.1 : 2×2 빈도표 그리고 원자료와 제공근 변환을 한 자료에 대한 방사형 그림

방사형 그림을 이용한 또 다른 응용중의 하나는 필요한 형태의 자료를 쉽게 생성 할 수 있다는 것이다. 표 3.1에 주어진 자료1의 방사형 그림(그림 3.2)에서 면적 A_1 , A_2 그리고 A_3 을 같은 비율로 증가 또는 감소시킴으로써 자료1과 같은 RD, RR, 그리고 OR의 값을 갖는 자료2, 3, 그리고 4를 생성할 수 있으며 생성된 자료는 표 3.1과 같다. 즉, 그림 3.2에 나

타난 것과 같이 자료2는 자료1의 방사형 그림에서 가로와 세로축 모두를 같은 비율로 감소시켜 얻었으며, 자료3은 자료1의 방사형 그림에서 가로축의 값을 고정 시키고 세로축의 값을 같은 비율로 증가시켜 얻었으며, 마지막으로 자료4는 자료1의 방사형 그림에서 세로축의 값을 고정시키고 가로축의 값을 같은 비율로 증가시켜 얻었다. 자료1, 2, 3, 그리고 4는 모두 $RD=0.193$, $RR=2.063$, 그리고 $OR=2.7$ 의 값들을 갖는다.

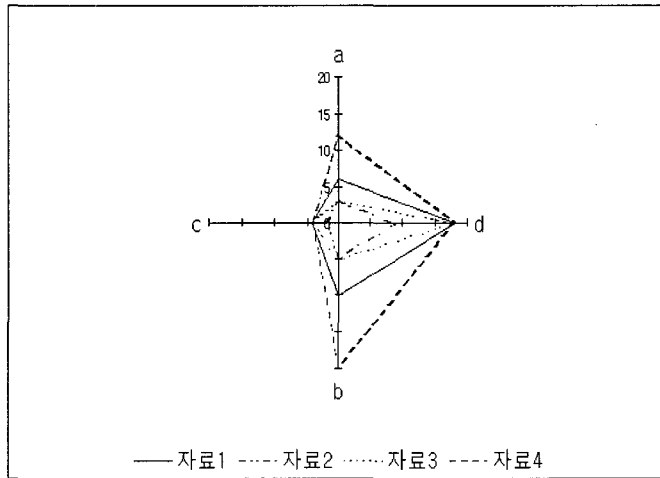


그림 3.2 : 자료1-4에 대한 방사형 그림

표 3.1: 자료1과 같은 RD, RR, 그리고 OR의 값을 갖는 자료 생성

자료1			자료2			자료3			자료4		
위험 요인	검사결과		위험 요인	검사결과		위험 요인	검사결과		위험 요인	검사결과	
	양성	음성		양성	음성		양성	음성		양성	음성
있음	6	10	있음	3	5	있음	3	5	있음	12	20
없음	4	18	없음	2	9	없음	4	18	없음	4	18

4. 결론

역학 또는 임상 자료에 대한 주요 측도의 선택에 대한 여러 의견이 존재하지만 이 논문에서는 이러한 논의 보다는 이변량 자료에 대한 주요 측도 중에서 위험도차이(RD), 상대위험률(RR), 그리고 교차비(OR)의 특징이나 관계를 이해하는데 함수 형태보다는 그림을 사용함으로써 좀더 쉽게 이해할 수 있음을 보였다.

따라서 그림을 사용하기 위해서 2×2 빈도표를 방사형 그림으로 나타내고 이 그림을 사용하여 각 측도들을 정의하고 이들 정의로부터 각 측도들의 특징 또는 관계를 쉽게 이해할 수 있었다. 또한 방사형 그림은 범용 프로그램인 Microsoft Excel을 사용하여 어렵지 않게 그릴 수 있다.

비록 방사형 그림을 통해서 측도들의 정확한 값들을 알 수 있는 것은 아니지만 기술 통계학처럼 방사형 그림을 통해서 측도들의 특징이나 관계를 이해하는데 연구자나 학생들에게 도움이 될 것이라 생각된다.

참고문헌

- Feinstein, A. R. (2002). *Principles of medical statistics*, Boca Raton, FL: Chapman and Hall/CRC Press.
- Johnson, K. M. (1999). The two by two diagram: a graphical truth table, *Journal of Clinical Epidemiology*, **52**, 1073-1082.
- Kahn, H. A. and Sempos, C. T. (1989). *Statistical Methods in Epidemiology*, Oxford University Press.
- Kathy, I. (2001). *Excel 2002: the complete reference*, New York: McGraw-Hill.
- Kraemer, H. C. (2004). Reconsidering the odds ratio as measure of 2×2 association in a population, *Statistics in Medicine*, **23**, 257-270.
- Szklo, M. and Nieto, F. J. (2004). *Epidemiology: Beyond the Basics*, Jones and Bartlett Publishers.
- Walter, S. D. (2000). Choice of effect measure for epidemiological data, *Journal of Clinical Epidemiology*, **53**, 931-939.

[2005년 10월 접수, 2005년 12월 채택]

Risk Difference, Relative Risk, and Odds Ratio: A Graphic Approach*

Tae Kyoung Cho¹⁾

ABSTRACT

The argument concerning the choice of effect measure for epidemiologic data or clinic data has been renewed. But the relationships among effect measures can be confusing if effect measures are expressed by conventional mathematical functions alone. In this article, risk difference(RD), relative risk(RR), and odds ratios(OR) for binary data are presented by radar diagram instead of mathematical functions and the relationships among them are showed using radar diagram. This radar diagram is offered flexible conceptual tool to understand effect measures, DR, RR, and OR for binary data.

Keywords: risk difference, relative risk, odds ratio, radar diagram

* This work was supported by the research program of Dongguk University.

1) Associate Professor, Department of Statistics and Information Science, Dongguk University, Seokjang-dong Gyeongju Gyeongbuk 780-714. Korea
E-mail: tkcho@mail.dongguk.ac.kr