

Complementation of Disability Rating System on Hearing Injury: Application of Linear Regression Analysis

Sung Wan Byun, Seung-Ho Shin, So Jeong Kim, and Jee Soo Park

Department of Otorhinolaryngology-Head and Neck Surgery, School of Medicine, Ewha Womans University, Seoul, Korea

청각 손상의 신체 장애율 평가 체계의 보완: 선형 회귀분석의 적용

변성완 · 신승호 · 김소정 · 박지수

이화여자대학교 의학전문대학원 이비인후과학교실

Received May 15, 2014

Revised June 26, 2014

Accepted June 27, 2014

Address for correspondence

Sung Wan Byun, MD
Department of Otorhinolaryngology-
Head and Neck Surgery,
School of Medicine,
Ewha Womans University,
1071 Anyangcheon-ro,
Yangcheon-gu, Seoul 158-710,
Korea

Tel +82-2-2650-5650

Fax +82-2-2653-5135

E-mail byunsw@ewha.ac.kr

Background and Objectives According to the correlation between hearing injury and McBride disability rating presented by previous studies, there are over/underestimated cases particularly in the 40 dB hearing range compared to other ranges. In this study, we reviewed the overestimated and underestimated data and propose a complementation scheme for a disability rating system by using the linear regression analysis.

Subjects and Method For the past 14 years, we have provided legal advisory for 121 cases of hearing injury, for which disability had to be rated. We reviewed all but excluded 11 cases for the aggravation of disability. A regression equation was produced from a linear regression analysis that used the percent of hearing handicap (AAO-HNS/AMA-1979 formula) as an independent variable (x) and McBride disability rating (%) as a dependent variable (y), following the Pearson correlation test. Iterative calculation was performed for overestimated (18) and underestimated (8) cases.

Results Appropriate disability ratings were 14% for the cases overestimated to 20% and 11% for those underestimated to 5%. Appropriate disability ratings for the 20% of overestimated cases were changed to 14%, and for the 5% of the underestimated cases, the disability rating 11%. Iterative calculation showed that the Pearson correlation index was improved from 0.8866 to 0.9065 and the determination coefficient of regression analysis (adjusted R-square) was improved from 0.784 to 0.8202.

Conclusion The common range of hearing injury, which falls between 30–40 dB corresponds to the percentage of hearing handicap of 7.5–22.5%. A fairer assessment of ability rating would be possible by complementing some parts of this hearing range.

Korean J Otorhinolaryngol-Head Neck Surg 2014;57(11):748-51

Key Words Disability evaluation · Hearing loss · Legal aspects.

서 론

청각 손상과 관련하여, 장애인단서 작성, 신체 감정, 진료 기록 감정, 보험회사로부터의 의료 심사 자문 등의 법의학적 자문 업무(medicolegal service)를 하다 보면, 여러 가지 실제적인 고려 사항이 발생하게 된다. 맥브라이드(McBride) 방식으로 산출한 장애율과 미국의학협회(American Medical Association, AMA) 방식으로 산출한 장애율의 차이가 커 적절한 장

애율을 결정하기 어려운 경우도 있고, 맥브라이드 기준 장애율 평가 구간의 경계 값에 해당하여(예, 40.5 dB) 어느 쪽으로 평가하느냐에 따라 장애율의 차이가 큰(41 dB이면 20%, 40 dB이면 5%) 상황이 발생하기도 한다.

특히, 이전의 연구에서 제시된 백분율 청각 손실과 맥브라이드 방식의 신체 장애율의 상관 관계 그래프를 보면, 빈도가 많은 40 dB 전후의 청력대에서 다른 부분보다 과다하거나 과소하게 산정된 신체 장애율 부분이 존재하는 것을 알 수 있

다.¹⁾ 이에 저자들은 과다/과소하게 산정된 부분의 자료를 검토하고, 어느 정도의 보완이 필요한지를 선형 회귀 분석을 통하여 알아내고, 이를 적용하였을 때, 장애율 평가의 공정성 개선 효과가 어느 정도 있는지 알아보고자 하였다.

대상 및 방법

대상의 선정과 자료의 정리

최근 14년간(2000~2013년까지) 교신저자 1인이 법원으로부터 신체 감정 의뢰를 받았거나, 보험 회사로부터 자문 의뢰를 받아 청각 장애의 장애율을 평가하였던 모든 예(121예) 중 만성 중이염, 과거의 교통 사고 등 청각 장애의 기왕증이 있어 가중장애^{2,3)} 평가를 이용하였던 11예를 제외한 110예를 대상으로 하였다. 연령에 따른 장애율의 보정,^{4,5)} 보청기 사용 여부, 다른 복합 장애 여부는 교란 변수로 작용할 수 있어 고려하지 않고, 청력과 관련된 장애율만을 대상으로 하였다.

110예 각각의 우측 청력(dB), 좌측 청력(dB), 우측 가청 피트(Feet), 좌측 가청 피트(Feet), AAO-HNS/AMA-1979 방식⁶⁾의 백분율 청각 손실(%), 맥브라이드⁷⁾ 신체 장애율(%)의 database를 산출하였고 그래프 작성과 통계 처리는 R3.0.0⁸⁾을 이용하였다.

통계의 적용-상관 관계 분석과 선형 회귀 분석

백분율 청각 손실과 신체 장애율의 상관 관계 분석은 Pearson's correlation test를 이용하였다. 상당히 좋은 직선적인 상

관 관계가 있다면, 좌우측 청력, 즉 백분율 청각 손실에 의해 신체 장애율이 결정될 것이므로, 백분율 청각 손실(%)을 독립 변수, 신체 장애율(%)을 종속 변수로 하는 선형 회귀 분석(linear regression analysis)이 가능하다. 이 회귀 분석을 이용한 회귀식과 설명력 결정 계수(adjusted R^2)를 구하였다.

회귀식을 결정한 후, 상관 관계 또는 선형 회귀 분석 그래프에서 장애율이 과대 또는 과소하게 평가된 것으로 보이는 부분의 자료가 어느 청력대의 자료인지를 확인하였다. 그 청력대의 백분율 청각 손실을 회귀식의 독립 변수에 입력하여, 회귀식에 따른 신체 장애율을 얻었다. 이 신체 장애율과 맥브라이드 원안에 따른 신체 장애율을 비교하여, 원안의 어느 부분(청력대)을 어느 정도로 수정하여 보완하는 것이 적절한지를 알아보았다.

이 보완된 맥브라이드 체계를 이용해, 다시 상관 분석과 선형 회귀 분석을 하여, 상관 계수와 회귀 분석의 결정 계수가 어느 정도 개선되는지를 확인하였다.

결 과

총 110예의 백분율 청각 손실(%)과 신체 장애율(%)의 상관 분석 결과에서는 직선적인 상관관계를 보였다(Pearson's correlation test, $r=0.8866$, $p<0.0001$)(Fig. 1A). 백분율 청각 손실(%)을 독립 변수(x), 신체 장애율(%)을 종속 변수(y)로 하여 대상군 110예에 대한 선형 회귀 분석으로 구한 회귀식은 $y=2.069+0.722x$ 였다(설명력 결정계수 adjusted $R^2=0.784$, $p<$

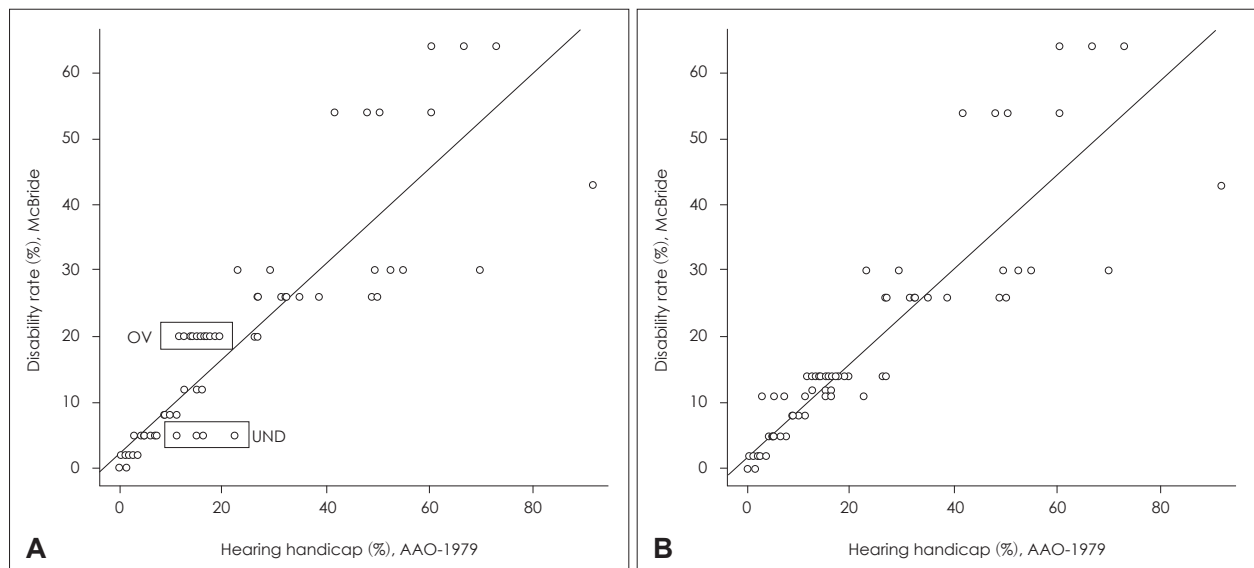


Fig. 1. A linear regression analysis between percentage of hearing handicap (independent variable) and disability rate (dependent variable) before (A) and after (B) a complementation scheme proposed in this study. The regression equation is $y=2.069+0.722x$ (adjusted $R^2=0.784$). Cases in the OV box were thought to have overestimated disability rate and those in the UND box underestimated (A). The regression equation is $y=1.669+0.717x$ (adjusted $R^2=0.8202$)(B). OV: overestimated, UND: underestimated, AAO: American Academy of Otolaryngology.

0.0001).

그래프를 통해 먼저 맥브라이드 신체 장애율 20%로 장애율이 과대평가된 것으로 보이는 부분(Fig. 1A의 OV 사각형 부분)을 선정하였다. 1) 일측 전농+반대측 20피트에서 가청(정상) 6예 모두, 2) 일측 5피트에서 가청+반대측 15피트에서 가청 5예 중 4예, 3) 일측 10피트에서 가청+반대측 15피트에서 가청 9예 중 8예가 과대평가된 예였다. 4) 양측 15피트에서 가청은 11예였고, 그 중 8예가 과소평가된 예였다(Fig. 1A의 UND 사각형 부분). 이상의 6+5+9+11=31예의 백분율 청각 손실을 회귀식의 독립변수(x)에 넣어, 회귀식으로 구한 종속변수(y), 즉 이론적인 장애율을 재계산 하였다.

1)의 6예는 이 평균값이 13.75%였고, 2)의 5예는 13.61%, 3)의 9예는 13.83%, 4)의 11예는 11.27%였다. 이 결과를 근거로 1), 2), 3)의 장애율 20%는 14%로, 4)의 장애율 5%는 11%로 교체하여, 전체 110예에 대하여 상관 계수와 회귀 분석을 다시 시행하였다. 이 결과 Pearson 상관 계수는 0.8866에서 0.9065로, 회귀 분석의 설명력 결정 계수(adjusted R^2)는 0.784에서 0.8202로 개선되는 결과를 얻을 수 있었다(모두 $p < 0.0001$) (Fig. 1B). 회귀식은 $y = 1.669 + 0.717x$ 로 y절편값이 다소 줄어드는 긍정적인 변화가 있었지만 큰 차이는 없었다.

고 찰

현실적으로 상당 부분 혼용되어 쓰이고 있지만, 신체 장애의 정도를 백분율(%)로 표시한 것이 신체 장애율(physical impairment value)이며, 이 신체 장애율을 직업, 연령, 성, 사회경제적 위치 등을 고려해서 가감조절한 것이 노동 능력 상실률(disability rate)이 되므로, 신체 감정에서 범원으로부터 요구받는 백분율(신체 장애율에 직업계수를 고려하여 산출하는 백분율)은 엄밀하게는 신체 장애율과 노동 능력 상실률의 중간쯤에 해당하는 수치이다. 엄밀한 노동 능력 상실률 판단은 현실적으로 의사가 알 수 없는 정보를 요구하므로, 직업계수는 고려하였지만 연령은 고려하지 않은 수치를 본 연구에서는 장애율로 표기하였다.

한국어에서 좌우측 청력의 손상을 좌우를 통합한 백분율로는 좌우 어떤 비율로 어느 정도로 평가해야 하는지는 아직 확실하게 결정되지 않았지만, 영어권, 특히 미국에서 평가를 하고 있는 AAO-HNS/AMA-1979의 방식이 단순명료하며, 한국어에서도 임상적으로도 상당히 부합하는 것으로 평가하여 현장에서 쓰이고 있다. 이는 기본적으로 좋은 쪽 청력과 나쁜 쪽 청력에 5:1의 가중치를 두는 가중 평균을 이용한다. 더 좋은 방법이 나오기 전까지는 청력의 전체적인 손상 비율을 평가하는 것은 AAO-HNS/AMA-1979에 따르는 것이 좋다고

보인다.

본 연구의 결과의 주장과 관련된 내용을 일반화하여 큰 표본 수를 가정하여 모의 실험(simulation)을 한다면, 다른 대상에 대한 논문이 되겠지만, 모의 실험의 결과를 고찰에 간략히 기술하면 다음과 같다. 110예에 대한 평가 이외에도 다음과 같이 2가지 방법으로 모든 청력대에 대한 평가를 모의 실험하였다. 첫 번째로 우측 청력이 1, 2, 3, ..., 100 dB(100건)이고, 좌측 청력이 1, 2, 3, ..., 100 dB(100건)인 경우를 조합하여 10000건의 청력대 자료를 만들고, 백분율 청각 손실을 구한 다음, 맥브라이드 신체 장애율을 구하였다. 이 때 백분율 청각 손실-신체 장애율의 상관 계수는 0.9362, 회귀 분석의 결정 계수(adjusted R^2)는 0.8765, 회귀식은 $y = 4.501 + 0.497x$ 였다. 본 연구에서 제안한 1), 2), 3) 20%→14%, 4) 5%→11%를 적용하였을 때, 백분율 청각 손실과 신체 장애율의 상관 계수는 0.9481, 회귀 분석의 결정 계수(adjusted R^2)는 0.8988, 회귀식은 $y = 3.941 + 0.502x$ 였다. 모두 본 연구의 결과와 같은 긍정적인 변화였다.

상기의 청력은 1~100 dB의 청력이 1 dB 간격으로 고르게 분포하는 수평 직선 모양의 확률 밀도 함수를 기준으로 하여 추출한 청력 수치의 수열로부터 얻은 결과이다. 특정 청력대의 빈도가 많다는 현실을 반영한 청력의 분포를 가정하여 같은 작업을 모의 실험하였다. 이 때 이전의 연구 결과를 이용하여, 100건의 청력 분포는 평균 40 dB, 표준편차 23 dB, 왜도(skewness) 1.5인 왜정규분포(skew normal distribution)를 따른다고 가정하여, R의 fGarch 패키지 qsnorm(1:100/101, 40, 23, 1.5) 함수로 -3.02 dB, 0.99 dB, 3.56 dB, 5.52 dB, ..., 39.38 dB, 39.99 dB, 40.60 dB, 41.22 dB, ..., 93.82 dB, 101.85 dB와 같은 100건의 청력 수치의 수열을 얻었다. 평균 40 dB 주변의 분포가 가장 많고, 약간 숫자가 작은 쪽으로 쏠려있는 종모양의 왜정규분포 확률 밀도 함수를 따르는 수열이었다. 종모양의 양측이 대칭인 정규분포를 따르는 수열을 만들 경우, -13.59 dB, -7.33 dB, -3.36 dB 등 음수의 청력대가 과다하여, 이전의 연구 분포와 다른 모양을 보여, 왜정규분포로 결정하였다. 이 100건을 우측 청력과 좌측 청력에 할당하고 조합한 10000건의 청력대 자료를 만들고, 백분율 청각 손실, 신체 장애율을 같은 요령으로 구하였다. 백분율 청각 손실과 신체 장애율의 상관 계수는 0.8878, 회귀 분석의 결정 계수(adjusted R^2)는 0.7882, 회귀식은 $y = 3.823 + 0.583x$ 였다. 본 연구에서 제안한 1), 2), 3) 20%→14%, 4) 5%→11%를 적용하였을 때, 백분율 청각 손실-신체 장애율의 상관 계수는 0.9340, 회귀 분석의 결정 계수(adjusted R^2)는 0.8723, 회귀식은 $y = 3.336 + 0.564x$ 였다. 역시 모두 본 연구의 결과와 같은 긍정적인 변화였다.

원안의 맥브라이드 신체 장애율로는 3) 일측 10피트에서 가청+반대측 15피트에서 가청이 20%의 장애율, 4) 양측 15피트에서 가청이 5%의 장애율이므로 좋은 쪽 청력이 15피트에서 가청이고, 나쁜 쪽 청력이 40~41 dB인 경우에 1 dB의 청력 차이에도 장애율이 5%와 20%로 15%나 차이 날 수 있어, 장애율 산정을 고심하게 하는 예가 발생할 수 있고, 40 dB 전후는 청각 손상의 신체 장애율 평가에서 확률적으로도 가장 많이 접하는 청력대이기도 하다. 본 연구의 제안을 적용할 경우에 3)은 14%, 4)는 11%의 장애율로 3%의 차이밖에 나지 않으므로, 상대적으로 장애율 산정의 부담이 작아지는 긍정적인 효과도 있다.

회귀식의 기울기는 110예의 경우 0.722→0.717, 균일 분포 가정 10000예의 경우 0.497→0.502, 왜정규분포 가정 10000예의 경우 0.583→0.564였으므로, 110예의 경우는 백분율 청각 손실의 72% 정도가 신체 장애율에 반영되지만, 균일 분포 가정의 경우는 50%가, 왜정규분포 가정의 경우에는 56%가 반영된다. 이는 110예의 경우, 좋은 청력대의 예가 상대적으로 많기 때문에 백분율 청각 손실이 더 장애율에 많이 반영되고 있는 것으로 보이며, 나쁜 청력대의 경우는 상대적으로 장애율에 반영되는 비율이 적다고 보인다. 따라서, 적어도 현 맥브라이드 신체 장애율 평가 체계는 좋은 청력대의 예에는 후한 장애율을, 나쁜 청력대의 예에는 박한 장애율을 산정하고 있는 체계임을 암시한다고 볼 수 있다.

맥브라이드 체계의 단점은 많이 지적되고 있지만, 현실적으로 국내의 법조계에서 광범위하게 사용되고 있으며,⁹⁾ 백분율 청각 손실과의 상관 계수가 나쁘지 않아, 형평성이 이상적인 다른 체계로의 급격한 전환을 결정하지 않는 이상 당분간 맥브라이드 체계를 사용할 것으로 예상된다. 이 경우 특히 눈에 띄게 장애율이 불공평한 청력대가 있다면, 다른 청력대와의 형평성을 위하여 부분적으로 보완하는 것이 차선책일 것이다.¹⁰⁾ 본 연구에서는 부분적인 보완으로 1), 2), 3)의 경우

20%→14%, 4)의 경우 5%→11%를 제안하고자 한다.

백분율 청각 손실-신체 장애율 상관 관계/선형 회귀 분석 그래프에서 백분율 청각 손실이 40%를 넘는 부분은 회귀식에서 멀리 떨어져 있기도 하고, 빈도가 드물어 평균 등의 대표값을 잡기 어려운 문제도 있고, 여러 청력대의 수치를 보완해야 할 가능성이 많다. 30~40 dB 전후의 청력대가 빈도가 많고,¹⁾ 이는 백분율 청각 손실로는 $(30-25) \times 1.5 = 7.5\% \sim (40-25) \times 1.5 = 22.5\%$, 즉 7.5~22.5%의 범위에 속하므로, 본 연구에서 지정한 청력대가 최소한의 보완으로 장애율에 대한 형평성 개선 효과가 있는 범위라 보인다.

REFERENCES

- 1) Park JS, Kim HT, Bae JH, Byun SW. Hearing injury evaluation: current status and medicolegal considerations. Korean J Otorhinolaryngol-Head Neck Surg 2014;57(7):448-53.
- 2) Byun SW, Lee SS, Park JS, Kim SJ. Medicolegal considerations in hearing injury with an aggravation of disability. Korean J Otorhinolaryngol-Head Neck Surg 2013;56(9):557-61.
- 3) The Law Dictionary Featuring Black's Law Dictionary Free Online Legal Dictionary. 2nd ed. What is AGGRAVATION OF DISABILITY? Available from: URL: <http://thelawdictionary.org/aggravation-of-disability/>.
- 4) Korean Society of Otorhinolaryngology-Head and Neck Surgery. Disability evaluation guidebook. 1st ed. Seoul, Korea: Korean Society of Otorhinolaryngology-Head and Neck Surgery Press;1998.
- 5) Korean Society of Otorhinolaryngology-Head and Neck Surgery. Disability evaluation guidebook. 2nd ed. Seoul, Korea: Korean Society of Otorhinolaryngology-Head and Neck Surgery Press;2007.
- 6) Guide for the evaluation of hearing handicap. JAMA 1979;241(19):2055-9.
- 7) McBride ED. Disability Evaluation and Principles of Treatment of Compensable Injuries. 6th ed. Philadelphia: B. Lippincott Company; 1963.
- 8) R Core Team (2013). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Available from: URL: <http://www.R-project.org/>.
- 9) Lim HW, Chae SW. New guides to the evaluation of Korean hearing impairment in 2012. Korean J Otorhinolaryngol-Head Neck Surg 2012;55(3):144-50.
- 10) Lee KS. Medical considerations in reparation and compensation. 5th ed. Seoul, Korea: ML Communication;2012. p.41-2.