



# 돌발성 난청의 예후에 영향을 미치는 인자

공 태 훈<sup>1,2,3,4</sup>

<sup>1</sup>연세대학교 원주세브란스기독병원 이비인후과

<sup>2</sup>연세대학교 원주외과대학 이비인후과학교실

<sup>3</sup>연세대학교 원주외과대학 의료정보통계학교실

<sup>4</sup>연세대학교 미래융합연구원 근거중심의학 연구센터

## Prognostic factors of sudden sensorineural hearing loss

Tae Hoon Kong, MD, PhD<sup>1,2,3,4</sup>

<sup>1</sup>Department of Otorhinolaryngology–Head and Neck Surgery, Yonsei University Wonju Severance Christian Hospital, Wonju, Korea

<sup>2</sup>Department of Otorhinolaryngology–Head and Neck Surgery, Yonsei University Wonju College of Medicine, Wonju, Korea

<sup>3</sup>Department of Medical Informatics and Statistics, Yonsei University Wonju College of Medicine, Wonju, Korea

<sup>4</sup>Center of Evidence-Based Medicine, Institute of Convergence Science, Yonsei University, Seoul, Korea

**Background:** Sudden sensorineural hearing loss (SSNHL) refers to rapid and often unexplained decline in auditory acuity. Reported recovery rates for SSNHL vary across studies; however, these are usually within the range of 40% to 60%. Although numerous studies have investigated factors that affect auditory restoration, prediction of patients' hearing recovery remains challenging.

**Current Concepts:** Natural recovery rates for SSNHL range between 32.0% and 65.0%, and treatments commonly include systemic steroid therapy and intratympanic dexamethasone injections. Adjunctive treatments, such as antiviral agents, vasodilators, anticoagulants, hyperbaric oxygen therapy, and stellate ganglion block therapy are also utilized. Recovery typically occurs within 2 weeks, and approximately 66.0% of patients have complete or partial hearing restoration. Recovery predominantly occurs early; approximately 78.2% to 90.0% patients recover within 1 month and >98.0% within 3 months. Age is an important factor associated with recovery; patients aged  $\geq 40$  years show low recovery rates. Coexisting dizziness is generally associated with unfavorable outcomes. Hearing loss severity and types (based on the frequency-specific pattern of hearing impairment) are associated with poor prognosis. Additionally, systemic conditions like hypertension and diabetes are implicated as etiopathogenetic contributors. In addition to a variety of audiological assessments to evaluate cochlear function, environmental factors, including particulate matter and air pollution affect outcomes.

**Discussion and Conclusion:** During SSNHL treatment, evaluation of factors known to affect recovery is important to determine patients' hearing restoration potential. Proactive patient counseling is necessary to guide treatment decision-making, particularly for initiation of auditory rehabilitation following incomplete or lack of recovery. Significant variables that affect hearing recovery are useful prognostic indicators. These studies are expected to provide better understanding of the pathophysiology of SSNHL and offer an evidence-based foundation for therapeutic interventions.

**Key Words:** Sensorineural hearing loss; Sudden hearing loss; Pathophysiology; Prognosis

Received: August 10, 2023 Accepted: August 16, 2023

Corresponding author: Tae Hoon Kong

E-mail: cochlear84@yonsei.ac.kr

© Korean Medical Association

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

## 서론

돌발성 난청은 갑자기 청력이 떨어지는 감각신경성 난청의 형태로, 72시간 이내에 발생한 청력의 저하가 순음청력검사서 관찰된 30 dB hearing level (HL) 이상의 감각신경성 난청이 3개의 연속된 주파수에서 관찰될 때로 정의된다[1]. 돌발성 난청은 미국에서 연간 10만명당 5-20명 정도 발생하는 꽤 흔한 이과적 응급질환(otologic emergency)이며, 한국에서는 연간 10만 명당 10명 이상 발생하는 것으로 보고된 적이 있다[2-4]. 대부분은 원인을 알 수 없이 특발성으로 발생한다[1,2]. 돌발성 난청의 병태생리에 관한 많은 연구들이 있었으며, 알려진 원인 질환으로는 바이러스 감염, 내이의 혈류장애, 종양, 외상 이외에도 대사성 질환, 신경학적 질환, 자가면역 질환, 와우막의 파열 등 다양한 원인들이 보고되고 있다[5-8].

돌발성 난청은 치료 없이도 자연회복률이 32-65%로 보고되고 있지만, 효과적이라고 알려진 치료는 전신 스테로이드 요법(systemic steroid)과 고실 내 스테로이드 주사(intratympanic dexamethasone)가 있으며, 보조요법으로 항바이러스제, 혈관확장제, 항응고제, 고압산소치료, 성상신경절차단술(stellate ganglion block) 치료 등이 사용되고 있다[7,9-13]. 미국 이비인후과학회(American Academy of Otolaryngology - Head and Neck Surgery)에서 발표한 2019년 돌발성 난청 치료 가이드라인에서는 구제 치료(salvage treatment) 목적의 고실 내 스테로이드 주사를 권고(recommendation) 수준으로 두고 있으며, 그 외 초기 치료(initial treatment)로 투여하는 전신 스테로이드 및 고실 내 스테로이드 주사 치료와 고압산소 치료, 그리고 구제 치료 목적의 고압산소 치료는 선택적으로 수행할 수 있다고 권고하고 있다[1]. 그 외 감별진단이나 치료 목적으로 일상적으로 컴퓨터단층촬영을 수행하거나 혈액검사를 하는 것, 그 외 치료 목적의 항바이러스제, 혈전용해제, 혈관확장제 등을 투여하는 것은 강력히 권고하지 않는다. 아직 치료 선택지에 대한 근거가 부족하지만 국내의 대부분의 의료기관에서 돌발성 난청에 대하여 초기 치료로 전신 혹은 고실 내 스테로이드 치료를 시행하고 있으며 일부 기관의 여건에 따라 고압

산소 치료와 성상신경절차단술(satellite ganglion block) 등을 시행하기도 한다[4,14].

돌발성 난청의 회복률은 보고에 따라 다르나 대체적으로 40-60% 사이로 보고되고 있으며, 청력 회복에 영향을 주는 인자에 대한 많은 연구가 있었으나 아직 개별 환자에서 청력 회복 여부를 예측하기가 어렵다[14]. 이 논문에서는 돌발성 난청에서 청력 회복에 영향을 주는 인자에 대한 과거 연구들과 예후를 예측하기 위한 연구들에 대하여 정리하였다.

## 돌발성 난청의 예후에 영향을 미치는 인자들

### 1. 증상 발생 후 치료 시작까지의 기간(질병의 이환기간)

많은 보고에서 증상 발생 후 치료가 시작되기까지의 기간은 돌발성 난청의 예후에 주는 인자들로 보고하였다. 치료 방법에 따라 질병의 이환기간이 치료 결과에 주는 영향에도 차이가 있었는데 일반적으로 전신적 스테로이드제의 경우 증상 발현 후 7일 이내에 시작된 경우가 그렇지 않은 경우에 비해 청력 회복률에 유의한 차이가 있었음을 보고하였으며, 짧게는 2일 이내에 전신적 스테로이드 치료가 시작된 그룹과 그렇지 않은 그룹에서 회복에 유의한 차이가 있었음을 보고한 문헌도 있었다[15-18]. 질병의 이환기간을 고려한 돌발성 난청의 치료는 크게 초기 치료와 구제 치료로 분류되며 일반적으로 초기 치료에 실패하거나 치료 시작이 늦어 시행되지 못한 경우 구제 치료를 시행한다. 미국 이비인후과학회의 돌발성 난청 가이드라인은 증상 발현 후 14일 이내에 시작되는 치료를 초기 치료로 간주하며 14일 이후에 시작되는 치료를 구제 치료로 간주한다[1].

### 2. 나이

돌발성 난청은 대개 모든 연령대에서 발생할 수 있지만, 주로 30-50대에서 가장 많이 발생하며, 환자의 나이가 돌발성 난청의 치료에 대한 청력 회복과 예후에 관련하여서는 40대 이상의 성인이나 소아에서 회복률이 감소하는 것으로 알려져 있다[1]. 40대 이상에서 나이가 증가할수록 청력 회복률이 저하된다는 보고가 있으며, 여러가지 예후 인자의 상

호 작용을 고려한 다변량 분석에서 나이가 돌발성 난청의 청력 예후에 중요한 인자임을 보고하기도 하였다[19,20]. 또한 나이는 초기 치료에서 전신적 스테로이드 치료에 반응이 없었던 환자들에서 구제 치료에 따른 청력 회복에도 영향을 주는 인자임을 보고된 바가 있을 정도로 나이는 돌발성 난청에서 청력 회복에 영향을 주는 중요한 인자로 알려져 있다[21].

### 3. 난청의 심각도와 유형

돌발성 난청은 환자의 증상과 순음청력검사를 통해 진단한다. 이때 순음청력검사상 난청의 심각도와 난청의 유형이 예후의 영향을 주는 요인으로 알려져 있다[22]. 순음청력검사상 평균 청력 56 dB HL 이상의 중고도 난청에서 전주파수 대 영역의 손실이 있는 경우 예후가 좋지 않으며, 저음역 난청이 고음역 난청보다 예후가 좋고, 같은 역치의 난청에서도 어음명료도가 떨어지는 경우 예후가 좋지 않다[23,24]. 난청의 심각도는 달팽이관 내의 청력 수용을 담당하는 코르티 기관(organ of Corti) 내 유모세포들의 손상 정도를 반영하며, 주파수는 달팽이관 내 특정 부분의 손상을 반영하므로 난청의 심각도가 심할수록 유모세포의 손상이 심하여 난청의 회복이 잘 되지 않음을 추론해볼 수 있으며, 달팽이관의 주파수의 경우 고용량 스테로이드 치료 혹은 고실 내 스테로이드 주사 치료 중에 저주파수 수용을 담당하는 첨부(apex)와 고주파수 수용을 담당하는 기저부(base)의 약물 농도가 다르게 나타남을 근거로 설명할 수 있다[22,25]. 그러나 일부 동물 시험에서 스테로이드의 투여 경로에 따라 달팽이관 내 약물 농도가 다르게 나타나거나 고실 내 주사 치료의 경우 정원창을 통해 약물이 달팽이관 내로 전달되므로 기저부에서 첨부로 갈수록 약물의 농도가 감소되는 소견이 관찰되는 점은 설명이 부족한 부분이다[26]. 향후 돌발성 난청 치료에서 스테로이드 치료 방법에 따른 주파수별 청력 회복의 정도를 비교하는 연구들이 수행되어야 할 것으로 판단된다.

### 4. 어지럼증, 이명 등의 이과적 증상 동반 여부

돌발성 난청은 내이의 달팽이관에서 발생하는 질환인 만큼 어지럼증과 이명 등의 이과적 질환 증상이 동반된 경우가 돌발성 난청의 청력 회복에 영향을 미치는 요인으로 알

려져 있다[27-30]. 특히 단순 어지럼증이 아닌 현훈(현기증, vertigo)이 발현된 환자에서 급성 일측성 전정병증(acute unilateral vestibulopathy)이 동반된 경우, 돌발성 난청의 병태생리가 혈관성 질환, 특히 미세혈전(microthrombus)에 의한 발생과 관련이 있으며, 이 경우 예후가 좋지 않은 것으로 알려져 있다[28-33]. 그러나 어지럼증의 경우 상반된 연구결과도 존재하는데 돌발성 난청에서 나타난 어지럼증은 다양한 패턴을 보이며 이는 돌발성 난청의 예후와는 관련이 없었음을 보고한 연구가 있으며, 자발 안진(spontaneous nystagmus)이 있는 어지럼증이 동반된 돌발성 난청의 경우에는 후반고리관의 기능 저하가 두드러지게 나타나지만 자발 안진이 없는 어지럼증이 동반된 돌발성 난청의 경우에는 특별한 전정기관의 저하 소견이 보이지 않았고, 이는 청력의 예후에는 관련이 없다는 보고가 있다[34,35]. 돌발성 난청에서 난청의 심각도가 심할수록 어지럼증이 동반되어 어지럼증은 난청의 심각도와 통계적으로 교호작용을 일으키며, 이를 배제한 분석에서는 난청의 심각도만 영향을 줄 뿐 어지럼증은 유의한 인자가 아니었다는 보고도 존재하여 어지럼증과 돌발성 난청에 대한 예후는 추가적인 연구가 수행되어야 할 것으로 판단된다[36]. 특히 동반된 어지럼증의 종류와 유형, 자발 안진 및 체위성 안진 및 현훈의 여부 등으로 세분화하여 돌발성 난청의 회복에 미치는 영향을 확인하는 연구가 수행되어야 할 것으로 판단되는데, 최근에는 어지럼증을 동반한 돌발성 난청환자들에서 수행된 전정기능 검사에서 확인할 수 있는 후반고리관 혹은 이석기관(otolith organ)의 기능 저하가 돌발성 난청의 예후와 관련이 있다는 연구가 보고되고 있어 앞으로의 추가적인 연구가 기대된다[37,38].

### 5. 혈액학적 수치

돌발성 난청의 혈관성 질환 및 혈행학적 원인을 고려한 혈액검사 수치로서의 예후 인자에 대한 다양한 연구들이 수행되었는데 특히 혈전 및 혈소판과 관련된 혈액 수치들이 돌발성 난청의 예후와 관련이 있다는 보고들이 있다[5,39,40]. Park 등[5]과 Özcan 등[39]은 혈장 fibrinogen을 포함한 혈소판 매개변수(platelet parameters) 수치들의 증가가 돌발성 난청의 예후와 관련이 있는 인자임을 보고하였으며,

Cayir 등[40]은 이를 활용한 fibrinogen과 알부민 비, C반응단백질과 알부민 비의 결과가 돌발성 난청의 예후와 관련이 있음을 보고하였다. 이는 돌발성 난청의 여러가지 병태생리 중 혈관성 질환, 특히 미세혈관 폐색증(microvascular occlusion)과의 관련성을 보여주는 연구로서 그 의미가 있다[39]. 미국 이비인후과학회 돌발성 난청 가이드라인에서는 아직 권고되지는 않고 근거수준은 낮지만 돌발성 난청의 진단 시 혈액검사 시행의 필요성과 치료를 위해 혈전용해제 혹은 혈관 확장제 투여의 가능성을 시사한다[5]. 해당 혈액검사 수치들은 돌발성 난청의 청력 회복 예후를 예측할 수 있는 변수들로 활용될 수 있음을 보여준다.

### 6. 내과적 과거력 및 대사성 질환

고혈압, 당뇨, 신부전 등의 내과적 과거력은 분석 방법에 따라 청력 회복에 유의한 인자로서의 상반된 연구가 존재한다. 심혈관 질환의 위험을 판단하는 Framingham score 혹은 systematic coronary risk evaluation 위험척도가 돌발성 난청의 예후에 영향을 미치는 인자로 보고되어 심혈관 질환과의 관련성이 알려져 있다[41,42]. 고지혈증, 대사증후군, 비만 등의 대사성 질환은 독립적으로 돌발성 난청의 청각 예후에 좋지 않은 영향을 주는 것으로 보고되고 있다[21,43-45]. 특히 대사 증후군의 진단에 포함되는 각각의 항목인 복부 둘레 혹은 체질량지수, 고혈압, 고혈당, 고중성지방 및 저 고밀도지단백질 콜레스테롤혈증 등은 각각의 독립된 항목 혹은 결합된 항목들이 돌발성 난청의 청력 예후에 좋지 않은 영향을 미치는 것으로 보고되었다[43,46]. 특히 이상지질혈증의 경우 돌발성 난청 진단 시점에 시행된 말초혈액검사에서 나타난 이상지질혈증이 돌발성 난청의 나쁜 예후와 관련이 있음을 보고한 연구에서 돌발성 난청 진단 시점의 혈액검사의 유용성을 주장하기도 하였다[43]. 고혈당이 관찰된 돌발성 난청 환자에서 청력 예후가 좋지 않았음을 보고한 연구에서는 돌발성 난청의 치료와 더불어 혈당 조절 치료를 적극적으로 시행하는 것이 돌발성 난청의 예후에 영향을 줄 수 있는지 추가적인 연구가 수행되어야 함을 제안하였다[45]. 이렇듯 내과적 및 대사성 질환은 돌발성 난청 환자에서 표준 치료와 더불어 내과적 질환과의 관련성을 보여주고

있으며, 돌발성 난청의 치료와 더불어 내과적 질환의 적극적인 치료의 필요성을 시사하고 있다.

### 7. 기타

돌발성 난청의 청력 예후에 영향을 주는 인자로서 나이, 질병의 이환기관, 난청의 정도와 유형, 어지럼증, 혈액검사 수치 이외에도 다양한 인자들이 영향을 주는 것으로 보고되었는데, 환경적 요인으로서 미세먼지(particulate matter)와 이산화질소, 오존의 농도가 돌발성 난청의 발생과 예후에 영향이 있음을 보고 하였다[47,48]. 환경적 요인으로서의 계절적 요인은 돌발성 난청의 발생과 예후에 영향을 주지는 못하였다[32].

돌발성 난청의 치료 방법에 따라 입원치료와 외래 추적관찰을 통한 치료 사이에서 유의한 차이를 분석한 연구가 있었고, 두 연구 모두에서 입원치료를 통한 치료가 통원 치료를 통한 치료보다 회복에 더 긍정적인 영향을 미치는 것으로 파악되었다[49,50]. 그러나 70 dB HL 이상의 고도 난청에서는 입원치료와 통원치료 간의 차이가 없음을 함께 보고하여 청력의 심각도와의 상호 작용은 아직 밝혀지지 않았다[50]. 순음청력검사 이외의 이음향방사검사나 청성뇌간지속반응검사의 결과가 좋지 않을 수록 돌발성 난청의 치료 예후가 좋지 않음을 보고하여 달팽이관 유모세포의 기능을 평가할 수 있는 도구가 돌발성 난청의 진단 혹은 치료 예후 판단에 활용되어야 함을 보고하였다[51,52]. 또한 스테로이드 치료 후 1-2주 이내 조기 청력의 변화가 보이는 그룹이 추후 장기간 추적관찰에도 청력의 예후가 좋음을 보고하였다[53,54]. 실제로 여러 문헌을 통한 돌발성 난청을 장기간 추적관찰한 연구에서 난청이 회복된 환자들의 78.2-90%가 1개월 이내에, 98% 이상이 3개월 이내에 회복이 되는 것으로 보고되어 그 이상의 장기 회복률은 의미가 적음을 보고하였다[1]. 미국 이비인후과학회 돌발성 난청 가이드라인에서는 반드시 치료 시작 후 1회 이상의 치료 결과를 평가하는 것을 권고하며, 늦어도 6개월 이내에 추적 검사를 권고한다[1].

### 8. 치료 결과 예후 분석의 한계점

대부분의 돌발성 난청 환자는 발병 전 순음청력검사 결과

를 갖고 있지 않기 때문에, 일반적으로는 환자의 병력청취를 통해 난청 발생 전의 환측 청력이 반대측 건측 청력과 주관적으로 같았다면, 이환되지 않은 반대편 건측 청력을 돌발성 난청 발생 전의 청력을 '기준'으로 사용하는 것이 합리적이다[1,55,56].

'회복'을 정의하기 위해 여러가지 정의가 제시되었는데 그 중 청력 회복을 4단계로 분류한 Sigel's criteria가 널리 사용되어 왔으나, 돌발성 난청 발병 전의 청력을 추론하기 위한 반대측 정상 청력에 이미 25 dB HL 이상의 정도 이상의 감각신경성 난청이 있었던 경우에는 환측 청력이 건측 청력만큼 회복되었다 하더라도 complete recovery로 분류되지 않는 등의 한계점이 있다. 중장년층에서 많이 발생하는 돌발성 난청의 특성상 돌발성 난청 발병 전 양측에 25 dB HL 이상의 정도 난청이 이미 존재하였을 가능성이 있어 회복 분류에 주의를 요한다. 치료 결과를 평가하기 위한 도구로서 적절히 표준화된 방법은 아직 부재한 실정이나, 많은 연구들에서 공통적으로 순음청력검사상 평균 청력이 10 dB HL 이상 변화가 있을 때 우선 청력의 회복이 조금이라도 있다고 간주되어야 함을 제시하고 있고, 보고에 따라서는 어음청력검사의 어음인지점수(word recognition score)를 함께 반영하거나 혹은 일상생활에 문제가 없는 청력(serviceable hearing)을 회복의 기준으로 하고 있다[5,40-44]. 미국 이비인후과학회에서는 순음청력검사의 역치 값과 어음청력검사의 어음인지점수를 함께 보고하는 방식을 제시하여 누적된 연구들이 추후 메타분석 연구에서 활용할 수 있도록 제시하여 근래에 들어 널리 사용되고 있으며, 유럽의 한 그룹에서도 돌발성 난청 발병 이전의 순음청력검사를 알 수 없다면, 환자의 병력청취를 통한 반대측 청력을 청력 회복의 목표치로 하여 회복된 비율을 백분위로 나타내는 방법을 제시하였다[55,56]. 그러나 이 방법의 경우 환자의 병력청취상 돌발성 난청 환측 청력이 돌발성 난청 발병 이전에 더 잘 듣는 귀(better ear)였다면 사용하기 어렵다는 단점이 있다.

## 9. 돌발성 난청의 청력 예후 예측 인공지능 모델 연구

돌발성 난청 예후 인자에 대한 연구가 활발히 수행되고 있는 것은 돌발성 난청은 병태생리가 명확히 밝혀진 질환이 아

니며, 환자의 증상과 청력검사 결과만으로 임상적 진단을 하는 질환이기 때문이다[1,7]. 병태생리에 관계없이 전신적 스테로이드 혹은 고실 내 스테로이드 주사 치료, 초기 치료와 구제 치료로 구분된 표준 치료로서 대부분의 기관에서 비슷하게 시행되고 있다[4]. 회복에 영향을 주는 인자에 대한 연구는 병태생리와 연관지어 함께 수행되어 왔으며, 이 인자들을 활용하여 최근에는 예후를 예측하기 위한 인자로 간주되고 있다[5,27,31,40-42]. 결과를 추론할 수 있는 통계적 분석인 회귀분석부터 최근 널리 사용되고 있는 머신러닝, 딥러닝을 포함한 인공지능 모델을 활용한 연구들이 돌발성 난청의 치료 결과를 미리 예측하기 위한 연구로서 다수 수행되었다[57-65]. 이들 연구의 공통점은 돌발성 난청의 진단 시점에 측정된 환자의 정보들을 토대로 치료 후 일정 시간이 지난 시점의 청력 결과를 예측하는 모델을 개발하는 것에 있다. 인공지능 모델을 활용한 연구의 경우 정확도는 보고에 따라 차이가 있으나 대체로 78-90%의 준수한 수준을 보여주고 있다[61-65]. 돌발성 난청의 치료 예후에 영향을 주는 인자들에 대한 선행 연구들로 청력 회복의 경향을 어느 정도 가능해볼 수는 있으나, 개별 환자의 청력 회복 여부를 예측하기 어렵기 때문에 임상에서 환자 상담에 어려움을 겪고 있어 이러한 모델의 개발에 관한 연구는 개별 환자의 청력 예후를 확률로서 예측하고 보여줌으로써 환자들과 면담하는 데 도움을 줄 수 있다[62,63]. 또한 예측 모델에서 확인된 예측에 중요한 인자들이 기존에 알려진 돌발성 난청의 청력 예후에 영향을 주는 인자와 일치하는지를 검증함으로써 모델의 타당도를 검증할 수 있으며, 예측 모델이 발견한 새로운 유의한 변수가 돌발성 난청의 병태생리들 중 하나임을 밝히는 데 필요한 추가적인 연구를 수행할 수 있게 한다[61].

## 결론

돌발성 난청 치료를 할 때 회복에 영향을 주는 것으로 알려진 인자들로 환자들의 청력 회복 여부를 가늠하고 환자들과 적극적인 상담을 통해 치료 방향을 결정하는 것은 매우 중요한 일이며, 특히 청력 회복이 되지 않거나 청력이 일부만 회

복 되더라도 그 결과에 따라 청각재활을 시행하는 것은 매우 중요하다[1,7]. 청력 회복에 영향을 주는 유의한 인자들은 예후 인자 혹은 예측 인자로 간주되어 활용되고 있는 돌발성 난청의 청력 예측 인공지능 모델 연구도 활발히 수행되어 돌발성 난청의 병태생리에 대해 더 명확한 정보를 제시하고 또한 누적된 근거수준을 통해 치료에 활용될 수 있기를 기대해 본다.

**찾아보기말:** 감각신경난청; 돌발난청; 병태생리; 예후

### ORCID

Tae Hoon Kong, <https://orcid.org/0000-0002-5612-5705>

### Conflict of Interest

No potential conflict of interest relevant to this article was reported.

### Acknowledgement

This research was supported by a grant of the Korea Health Technology R&D Project through the Korea Health Industry Development Institute (KHIDI), funded by the Ministry of Health & Welfare, Republic of Korea (grant number: HI22C0851).

### References

1. Chandrasekhar SS, Tsai Do BS, Schwartz SR, et al. Clinical practice guideline: sudden hearing loss (update). *Otolaryngol Head Neck Surg* 2019;161:S1-S45.
2. Byl FM. Sudden hearing loss: eight years' experience and suggested prognostic table. *Laryngoscope* 1984;94:647-661.
3. Schreiber BE, Agrup C, Haskard DO, Luxon LM. Sudden sensorineural hearing loss. *Lancet* 2010;375:1203-1211.
4. Shin SO. Clinical characteristics and management of sudden sensorineural hearing loss. *Korean J Audiol* 2011;15:1-7.
5. Park YA, Kong TH, Seo YJ. A sustained increase of plasma fibrinogen in sudden sensorineural hearing loss predicts worse outcome independently. *Am J Otolaryngol* 2017;38:484-487.
6. Chau JK, Lin JR, Atashband S, Irvine RA, Westerberg BD. Systematic review of the evidence for the etiology of adult sudden sensorineural hearing loss. *Laryngoscope* 2010;120:1011-1021.

7. Stachler RJ, Chandrasekhar SS, Archer SM, et al. Clinical practice guideline: sudden hearing loss. *Otolaryngol Head Neck Surg* 2012;146(3 Suppl):S1-S35.
8. Lin RJ, Krall R, Westerberg BD, Chadha NK, Chau JK. Systematic review and meta-analysis of the risk factors for sudden sensorineural hearing loss in adults. *Laryngoscope* 2012;122:624-635.
9. Wilson WR, Byl FM, Laird N. The efficacy of steroids in the treatment of idiopathic sudden hearing loss. A double-blind clinical study. *Arch Otolaryngol* 1980;106:772-776.
10. Tucci DL, Farmer JC, Kitch RD, Witsell DL. Treatment of sudden sensorineural hearing loss with systemic steroids and valacyclovir. *Otol Neurotol* 2002;23:301-308.
11. Fisch U. Management of sudden deafness. *Otolaryngol Head Neck Surg* 1983;91:3-8.
12. Meyerhoff WL. The management of sudden deafness. *Laryngoscope* 1979;89:1867-1868.
13. Cook TG, de Sanctis CA, Plaza JA, Sawyer DD. Stellate ganglion block for sudden profound hearing loss. *Anesthesiology* 1981;54:421-423.
14. Yoon CY, Kong TH, Lee J, Seo YJ, Ahn JJ. Epidemiology of idiopathic sudden sensorineural hearing loss in the era of big data. *Eur Arch Otorhinolaryngol* 2023;280:2181-2190.
15. Park MK, Lee CK, Park KH, Lee JD, Lee CG, Lee BD. Simultaneous versus subsequent intratympanic dexamethasone for idiopathic sudden sensorineural hearing loss. *Otolaryngol Head Neck Surg* 2011;145:1016-1021.
16. Wu HP, Chou YF, Yu SH, Wang CP, Hsu CJ, Chen PR. Intratympanic steroid injections as a salvage treatment for sudden sensorineural hearing loss: a randomized, double-blind, placebo-controlled study. *Otol Neurotol* 2011;32:774-779.
17. Zhou Y, Zheng H, Zhang Q, Campione PA. Early transtympanic steroid injection in patients with 'poor prognosis' idiopathic sensorineural sudden hearing loss. *ORL J Otorhinolaryngol Relat Spec* 2011;73:31-37.
18. Lee JB, Choi SJ, Park K, Park HY, Choo OS, Choung YH. The efficiency of intratympanic dexamethasone injection as a sequential treatment after initial systemic steroid therapy for sudden sensorineural hearing loss. *Eur Arch Otorhinolaryngol* 2011;268:833-839.
19. Xenellis J, Karapatsas I, Papadimitriou N, et al. Idiopathic sudden sensorineural hearing loss: prognostic factors. *J Laryngol Otol* 2006;120:718-724.
20. Nakagawa T, Yamamoto M, Kumakawa K, et al. Prognostic impact of salvage treatment on hearing recovery in patients with sudden sensorineural hearing loss refractory to systemic corticosteroids: a retrospective observational study. *Auris Nasus Larynx* 2016;43:489-494.
21. Lionello M, Staffieri C, Breda S, et al. Uni- and multivariate models for investigating potential prognostic factors in idiopathic sudden sensorineural hearing loss. *Eur Arch Otorhinolaryngol* 2015;272:1899-1906.
22. Jun HJ, Chang J, Im GJ, Kwon SY, Jung H, Choi J. Analysis of

- frequency loss as a prognostic factor in idiopathic sensorineural hearing loss. *Acta Otolaryngol* 2012;132:590-596.
23. Waissbluth S, Sepúlveda V, Urzúa P. Sudden sensorineural hearing loss: Recovery rates according to audiometric patterns. *Acta Otorrinolaringol Esp (Engl Ed)* 2022;73:346-355.
  24. Chang NC, Ho KY, Kuo WR. Audiometric patterns and prognosis in sudden sensorineural hearing loss in southern Taiwan. *Otolaryngol Head Neck Surg* 2005;133:916-922.
  25. Choo OS, Yang SM, Park HY, et al. Differences in clinical characteristics and prognosis of sudden low- and high-frequency hearing loss. *Laryngoscope* 2017;127:1878-1884.
  26. Chandrasekhar SS. Intratympanic dexamethasone for sudden sensorineural hearing loss: clinical and laboratory evaluation. *Otol Neurotol* 2001;22:18-23.
  27. Weiss D, Böcker AJ, Koopmann M, Savvas E, Borowski M, Rudack C. Predictors of hearing recovery in patients with severe sudden sensorineural hearing loss. *J Otolaryngol Head Neck Surg* 2017;46:27.
  28. Kim CH, Shin JE, Yang YS, Im D. Sudden sensorineural hearing loss with positional vertigo: Initial findings of positional nystagmus and hearing outcomes. *Int J Audiol* 2016;55:541-546.
  29. Byun H, Chung JH, Lee SH. Clinical implications of posterior semicircular canal function in idiopathic sudden sensorineural hearing loss. *Sci Rep* 2020;10:8313.
  30. Nogueira-Neto FB, Gallardo FP, Suzuki FA, Penido Nde O. Prognostic and evolutive factors of tinnitus triggered by sudden sensorineural hearing loss. *Otol Neurotol* 2016;37:627-633.
  31. Han SM, Lee HS, Chae HS, Seo YJ. Usefulness of vertebrobasilar artery radiological finding as a predictive and prognostic factor for sudden sensorineural hearing loss. *Auris Nasus Larynx* 2021;48:823-829.
  32. Ryu IY, Park SH, Park EB, Kim HJ, Kim SH, Yeo SG. Factors prognostic of season-associated sudden sensorineural hearing loss: a retrospective observational study. *J Audiol Otol* 2017;21:44-48.
  33. Chang CM, Lo WC, Young YH, Liao LJ, Cheng PW. Relationship between galvanic vestibular-evoked myogenic potentials and the prognosis of unilateral severe to profound idiopathic sudden sensorineural hearing loss with vertigo. *Otol Neurotol* 2021;42:e858-e865.
  34. Kim CH, Choi HR, Choi S, Lee YS, Shin JE. Patterns of nystagmus conversion in sudden sensorineural hearing loss with vertigo. *Medicine (Baltimore)* 2018;97:e12982.
  35. Lee JY, Lee YW, Chang SO, Kim MB. Vestibular function analysis of sudden sensorineural hearing loss with dizziness. *J Vestib Res* 2020;30:203-212.
  36. Cho CS, Choi YJ. Prognostic factors in sudden sensorineural hearing loss: a retrospective study using interaction effects. *Braz J Otorhinolaryngol* 2013;79:466-470.
  37. Hong JP, Lee JY, Kim MB. A comparative study using vestibular mapping in sudden sensorineural hearing loss with and without vertigo. *Otolaryngol Head Neck Surg* 2023 Jul 7 [Epub]. <https://doi.org/10.1002/ohn.422>
  38. Byun H, Chung JH, Lee SH. Clinical implications of posterior semicircular canal function in idiopathic sudden sensorineural hearing loss. *Sci Rep* 2020;10:8313.
  39. Özcan İ, Hira İ, Kaya A, Yaşar M, Doğan M, Mutlu C. The prognostic and predictive value of platelet parameters in diabetic and nondiabetic patients with sudden sensorineural hearing loss. *Open Life Sci* 2020;15:884-889.
  40. Cayir S, Kayabasi S, Hizli O. Predictor parameters for poor prognosis in patients with sudden sensorineural hearing loss: fibrinogen to albumin ratio vs C-reactive protein to albumin ratio. *Braz J Otorhinolaryngol* 2021;87:457-461.
  41. Cavaliere M, De Luca P, Scarpa A, et al. SCORE risk scale as a prognostic factor after sudden sensorineural hearing loss. *Eur Arch Otorhinolaryngol* 2020;277:953-954.
  42. Chang YS, Choi JE, Ahn J, et al. Framingham risk score as a prognostic predictor of sudden sensorineural hearing loss: a preliminary study. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 2017;126:382-387.
  43. Jung SY, Shim HS, Hah YM, Kim SH, Yeo SG. Association of metabolic syndrome with sudden sensorineural hearing loss. *JAMA Otolaryngol Head Neck Surg* 2018;144:308-314.
  44. Quaranta N, Squeo V, Sanginetto M, Graziano G, Sabbà C. High total cholesterol in peripheral blood correlates with poorer hearing recovery in idiopathic sudden sensorineural hearing loss. *PLoS One* 2015;10:e0133300.
  45. Ryu OH, Choi MG, Park CH, Kim DK, Lee JS, Lee JH. Hyperglycemia as a potential prognostic factor of idiopathic sudden sensorineural hearing loss. *Otolaryngol Head Neck Surg* 2014;150:853-858.
  46. Lee JS, Kim DH, Lee HJ, et al. Lipid profiles and obesity as potential risk factors of sudden sensorineural hearing loss. *PLoS One* 2015;10:e0122496.
  47. Choi HG, Min C, Kim SY. Air pollution increases the risk of SSNHL: a nested case-control study using meteorological data and national sample cohort data. *Sci Rep* 2019;9:8270.
  48. Lee HM, Kim MS, Kim DJ, et al. Effects of meteorological factor and air pollution on sudden sensorineural hearing loss using the health claims data in Busan, Republic of Korea. *Am J Otolaryngol* 2019;40:393-399.
  49. Kim MJ, Heo KW, Jeon PH, Lee JJ, Lee JH. Necessity of admission to improve the hearing-recovery rate in idiopathic sudden sensorineural hearing loss. *Acta Otolaryngol* 2018;138:357-362.
  50. Lee HJ, Park Y, Lee JM, Yoon C, Kong TH, Jeon E. Comparison of auditory outcomes between inpatient- and outpatient-based treatment in sudden sensorineural hearing loss. *J Clin Med* 2022;11:3123.
  51. Babich K, Dunckley KT. Idiopathic sudden sensorineural hearing loss: should otoacoustic emissions be added to the monitoring protocol? A systematic review. *Applied Sciences* 2020;10:326.
  52. Ahn JH, Choi JE. Prediction of hearing outcomes by auditory

- steady-state response in patients with sudden sensorineural hearing loss. *Acta Otolaryngol* 2021;141:261-266.
53. Shimanuki MN, Shinden S, Oishi N, et al. Early hearing improvement predicts the prognosis of idiopathic sudden sensorineural hearing loss. *Eur Arch Otorhinolaryngol* 2021;278:4251-4258.
54. Ito S, Fuse T, Yokota M, et al. Prognosis is predicted by early hearing improvement in patients with idiopathic sudden sensorineural hearing loss. *Clin Otolaryngol Allied Sci* 2002;27:501-504.
55. Plontke SK, Bauer M, Meisner C. Comparison of pure-tone audiometry analysis in sudden hearing loss studies: lack of agreement for different outcome measures. *Otol Neurotol* 2007;28:753-763.
56. Gurgel RK, Jackler RK, Dobie RA, Popelka GR. A new standardized format for reporting hearing outcome in clinical trials. *Otolaryngol Head Neck Surg* 2012;147:803-807.
57. Laird N, Wilson WR. Predicting recovery from idiopathic sudden hearing loss. *Am J Otolaryngol* 1983;4:161-164.
58. Harada H, Kato T. Prognosis for sudden sensorineural hearing loss: a retrospective study using logistical regression analysis. *Int Tinnitus J* 2005;11:115-118.
59. Cvorović L, Deric D, Probst R, Hegemann S. Prognostic model for predicting hearing recovery in idiopathic sudden sensorineural hearing loss. *Otol Neurotol* 2008;29:464-469.
60. Suzuki H, Tabata T, Koizumi H, et al. Prediction of hearing outcomes by multiple regression analysis in patients with idiopathic sudden sensorineural hearing loss. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 2014;123:821-825.
61. Bing D, Ying J, Miao J, et al. Predicting the hearing outcome in sudden sensorineural hearing loss via machine learning models. *Clin Otolaryngol* 2018;43:868-874.
62. Park KV, Oh KH, Jeong YJ, et al. Machine learning models for predicting hearing prognosis in unilateral idiopathic sudden sensorineural hearing loss. *Clin Exp Otorhinolaryngol* 2020; 13:148-156.
63. Uhm T, Lee JE, Yi S, et al. Predicting hearing recovery following treatment of idiopathic sudden sensorineural hearing loss with machine learning models. *Am J Otolaryngol* 2021;42:102858.
64. Uhm TW, Yi S, Choi SW, et al. Hearing recovery prediction and prognostic factors of idiopathic sudden sensorineural hearing loss: a retrospective analysis with a deep neural network model. *Braz J Otorhinolaryngol* 2023;89:101273.
65. Lee MK, Jeon ET, Baek N, Kim JH, Rah YC, Choi J. Prediction of hearing recovery in unilateral sudden sensorineural hearing loss using artificial intelligence. *Sci Rep* 2022;12:3977.

### Peer Reviewers' Commentary

이 논문은 이비인후과 응급질환 중 하나인 돌발성 난청의 기본적인 개념, 치료, 예후에 대해 최신문헌을 정리한 논문이다. 돌발성 난청은 환자의 삶의 질을 크게 낮추는 응급질환으로 국내에서도 환자 수가 계속 증가하고 있다. 돌발성 난청의 병인은 아직 명확하게 밝혀지지 않았지만, 치료로는 고농도 스테로이드 치료, 고실내 스테로이드 주입술, 고압산소 치료 등이 시행되고 있다. 이러한 돌발성 난청의 치료에 있어 예후를 예측하여 환자와 상담하고 적극적 치료를 하는 것은 매우 중요하다. 이 논문은 돌발성 난청의 치료 예후로 알려진 여러 인자를 분석하고, 특히 기계학습법을 이용한 예후 예측에 관한 내용까지 소개하고 있어 돌발성 난청 환자를 진료하는 임상 현장에 많은 도움을 줄 것으로 판단된다.

[정리: 편집위원회]