

# 박동성 이명의 진단과 치료의 최신 지견

서울대학교 의과대학 분당서울대학교병원 이비인후과학교실

송재진

## Diagnosis and Treatment of Pulsatile Tinnitus: State-of-the-Art

Jae-Jin Song, MD, PhD

Department of Otorhinolaryngology-Head and Neck Surgery, Seoul National University Bundang Hospital, Seoul National University College of Medicine, Seongnam, Korea

### – ABSTRACT –

Pulsatile tinnitus (PT), in general, is not related to pathology of the auditory system. Although PT is not as common as non-pulsatile tinnitus, the diagnosis and treatment of PT is important as it is reported to be found in as much as 4% of general population and treatable vascular causes are found in 44~91% of subjects with PT. Three types of vascular origins (arterial, arteriovenous, and venous) of pulsatile tinnitus exist and the main causes of pulsatile tinnitus are related to aberrant/ectopic, stenosis, diverticulum, bony wall dehiscence, or other pathologies of blood vessels, either arterial or venous. Brain MRI with angiography, temporal bone high-resolution CT, Doppler ultrasonography, and classical transfemoral cerebral angiography are radiological diagnostic tools for pulsatile tinnitus, but basic findings at the outpatients' clinic such as subjective psychoacoustic nature of the PT, otoendoscopic findings, and audiologic features are also very important as these can be of great help for the physicians to obtain presumptive diagnostic impression for each subject with PT. Dehiscence/diverticulum of the sigmoid sinus one of the most common surgically correctable venous cause of PT. Additionally, benign intracranial hypertension is also a very common cause of PT that should not be forgotten in obese PT subjects with normal radiologic findings. In this review, diagnostic steps and appropriate surgical- or interventional management options for each cause of PT will be discussed in detail. (J Clinical Otolaryngol 2021;32:26-39)

**KEY WORDS:** Pulsatile tinnitus · Vascular tinnitus · Sigmoid sinus · Jugular bulb · Venous diverticulum.

### 서 론

이명은 이과 영역에서 흔한 증상 중의 하나로, 신체 외부의 물리적인 음원의 자극 없이 음을 느끼는 상태를 말한다. 이명의 종류는 청각계의 감각세포나 상위 청각 신경계의 이상에서 발생하는 경우와 청각계 주위의 혈관, 근육 등의 기관에 의해 발생하는 경우로 구분할 수 있다. 전자의 경우를 '비박동성 이명' 또는 '주관적 이

명'이라 명명하며, 후자의 경우 '박동성 이명(pulsatile tinnitus, PT)' 혹은 저자에 따라 '객관적 이명' 또는 '혈관성 이명'으로 칭하기도 한다. 하지만 검사자에 의해 객관적으로 청취 가능한 이명은 전체 박동성 이명의 20%에 불과하다고 보고되고 있으며,<sup>1)</sup> 상반고리관 피열 증후군(superior semicircular canal dehiscence)에서 보이는 박동성 이명은 혈관이 아닌 원인에서 기인한다. 따라서, 객관적 이명 혹은 혈관성 이명은 박동성 이명과

논문접수일: 2021년 5월 28일 / 논문수정일: 2021년 6월 8일 / 심사완료일: 2021년 6월 11일

교신저자: 송재진, 13620 경기도 성남시 분당구 구미로 173번길 82, 서울대학교 의과대학 분당서울대학교병원 이비인후과학교실

전화: (031) 787-7408 · 전송: (031) 787-4057 · E-mail: jjsong96@snuh.org

환언할 수 있는 진단명은 아니며, 일반적인 이명의 분류는 비박동성 이명과 박동성 이명으로 하는 것이 타당할 것이다. 박동성 이명은 비박동성 이명에 비해 빈도가 낮으나, 전체 이명 환자의 최대 10%까지 보고되고 있으며, 이는 전 인구의 약 4%에 해당하므로 적지 않은 환자에서 보고되는 증상이다.<sup>2-4)</sup> 박동성 이명 환자는 특히 그 구조적 이상의 진단이 중요한데, 이는 치료 가능한 구조적 소견이 44%에서 91%까지 관찰 가능하다고 보고되고 있기 때문이다.<sup>5,6)</sup> 박동성 이명은 주관적 이명과는 다르게 그 원인이 뚜렷하고, 정확한 진단이 이루어진다면 완치가 가능한 경우가 많으며, 간혹 생명을 위협하는 심각한 기저 질환이 동반된 경우도 있으므로 임상적으로 중요한 의미를 갖는다. 본 종설에서는 박동성 이명의 병태생리, 원인, 진단 및 치료의 최신 지견에 대해서 고찰해 보고자 한다.

## 본 론

### 병태생리 및 분류

이명의 분류법에는 여러 분류 방법이 있지만, 전술한 바와 같이 2010년 Tinntius Research Initiative(TRI)에서는 환자를 우선 크게 박동성 이명(pulsatile tinnitus)과 비박동성 이명(non-pulsatile tinnitus)으로 나눌 것을 권고하였다.<sup>7)</sup> 박동성 이명은 두개강, 두경부, 그리고 흉강 내 혈관구조에서 기원하여 골 또는 혈관 구조를 통해 와우에 전달된다. 혈관성 박동성 이명은 혈류의 증가 또는 혈관강의 협착으로 유발되는 것으로 생각되며, 시작되는 혈관에 따라서 동맥성, 동정맥성 또는 정맥성으로 분류될 수 있다.

### 박동성 이명의 기원

혈관의 이상이 박동성 이명을 일으킬 수 있는 기원으로는 현재까지 크게 세 가지의 가설이 제시된 바 있다. 첫째, 혈류역학적 변화가 와류(turbulent flow)를 일으키고, 이것이 음 전달을 일으켜 환자가 박동성 이명을 감지하게 된다는 가설이 있으며,<sup>8,9)</sup> 이러한 박동성 이명의 예는 죽상동맥경화증(atherosclerosis)이나 정맥 계실(venous diverticulum) 등이 있다. 둘째, 혈류의 와류가 존재하지 않더라도 혈관벽의 결손(dehiscent vascu-

lar wall)이 박동성 이명을 전달하는 원인이 될 수 있다는 가설이 있으며,<sup>10,11)</sup> 이러한 박동성 이명의 예는 S상 정맥동(sigmoid sinus)이나 경정맥구(jugular bulb)의 골벽 결손 시 환자가 박동음을 감지하는 경우이다. 마지막으로 내이의 제 3창(third window)이 존재할 때 박동음을 감지할 수 있다.<sup>12,13)</sup> 각각의 원인 질환에 따라 이 세 가지의 이론 중 하나 혹은 그 이상이 박동음의 원인이 될 수 있으며, 전술한 바와 같이 정확한 진단을 하면 치료할 수 있는 경우가 대부분이기 때문에, 박동성 이명 환자에서는 정확한 이학적 검진 및 영상의학적 검사를 통해 원인 질환을 발견하려는 노력이 매우 중요하다.

### 동맥성 박동성 이명(Arterial pulsatile tinnitus)

#### 죽상경화증성 경동맥 질환(Atherosclerotic carotid artery disease, ACAD)

죽상경화증성 경동맥 질환(ACAD)은 50세 이상의 환자군에서 흔하게 나타나는 박동성 이명의 원인으로, 전체 박동성 이명 사례의 8~20%를 차지한다는 주장도 있었으며, 고혈압, 협심증, 고지질혈증, 당뇨병, 그리고 흡연 같은 위험 요인들을 동반한다.<sup>5,14)</sup> 뇌혈관질환 환자 100명에 대한 한 연구 결과 29%가 박동성 이명을 호소하였으며 박동성 이명이 있는 환자의 경우 중증 협착증(70% 이상), 완전폐색이나 ICA 질환이 더 많이 관찰되었다.<sup>6,15)</sup> 박동성 이명은 죽상경화증성 경동맥 질환의 첫 번째 증상일 수 있으므로, 이비인후과 의사가 제일 먼저 관찰할 수 있다.<sup>16)</sup> 박동성 이명은 경동맥계의 협착 부위에서 와류 형태의 혈류에 의해 발생하는 이차적인 잡음으로 나타날 수 있으며, 대부분의 환자에서는 이중 초음파(duplex ultrasound)만으로도 죽상경화증성 경동맥 질환을 진단할 수 있다.<sup>16)</sup> 하지만 두개저 또는 해면 정맥동에 죽상경화증성 경동맥 질환을 앓고 있는 환자들의 경우에는, 이중 초음파만으로는 증상이 발견되지 않을 수도 있으므로 MRI를 고려해야 한다. 최근에, MRI를 통해 경동맥 판내 출혈(intraplaque hemorrhage), 신생혈관(neovasculature), 그리고 혈관 벽 염증 등 경동맥 죽상경화반 특성들을 정확하게 확인 가능한 것으로 밝혀졌다.<sup>17,18)</sup>

### 동맥류(Aneurysm)

전하소뇌동맥(anterior inferior cerebellar artery) 동맥류와 내경 및 추골 동맥의 박리성 동맥류는 박동성 이명으로 발현될 수 있다.<sup>19)</sup> 또한, 추체내경동맥(petrous carotid artery)의 동맥류도 박동성 이명을 유발할 수 있는데, 이는 동맥 주변의 정맥총(venous plexus)으로 동맥의 박동이 전달되어 직접 와우로 전달되기 때문인 것으로 생각된다. 특징적으로 내경동맥의 동맥류는 거의 박동성 이명을 일으키지 않는데, 이는 아마도 내경동맥 주변의 정맥총이 박동을 전달에 있어서 완충 작용을 하기 때문인 것으로 생각된다.

### 이상 경동맥(Aberrant internal carotid artery)

이상 경동맥은 실제 경동맥은 아니지만 고실 내 혈관성 종괴로서 경동맥의 비정상적인 주행이 발현될 수 있다.<sup>14)</sup> 실제 경동맥이 아닌 외경동맥의 분지인 하고실동맥(inferior tympanic artery)의 비정상적 비대에 의해 발생하며, 이상 경동맥은 지속성 등골동맥(persistent stapedial artery)소견이 드물게 발현될 수 있는데, 이는 추체 경동맥(petrous ICA)에서 발생하여 고실 하부로 들어가고, 폐쇄공(obturator foramen)을 통해 진행되어 안면신경 고실 부분을 확대시킨다.<sup>20)</sup> 이상 경동맥은 측두골 단층촬영(temporal bone computed tomography, TBCT)에서 잘 진단되며, MRI 및 경대퇴동

맥 뇌혈관 조영술(transfemoral cerebral angiography, TFCA)을 시행하면 이상 경동맥의 주행을 좀 더 확실히 확인할 수 있다(Fig. 1).

### 경동맥 박리(Carotid artery dissection)

경동맥 박리는 박동성 이명 환자에서 적지 않게 관찰되는 소견이며, 대개 경동맥의 인두부(pharyngeal portion)의 갑작스런 신장(stretch)에 기인하는 경우가 많다. MRI 상에서 박리소견은 T1 강조영상에서 초승달 모양의 조영 증강으로서 발현되며, 단층 촬영 혈관조영술(computed tomographic angiography, CTA)로 진단한다.

### 사행 내경동맥(Tortuous internal carotid artery)

박동성 이명이 고령 환자들에게서 흔하게 나타나고 종종 잡음(audible bruit)이 함께 들리는 현상이 동반될 때, 사행 내경동맥을 고려해야 한다. 이 질환은 박동성 이후 또는 경부 종괴 및 연관된 인후두 이상감각증으로 보일 수도 있다.<sup>21,22)</sup> 경동맥관이 연령의 증가에 따라 구불구불해지고, 혈액 와류와 박동성 이명으로 발현할 가능성이 있다. 죽상경화증과 섬유근 형성이상증은 사행 내경동맥과 연관이 있는 것으로 알려져 있으며 진단은 CTA 또는 MRA를 토대로 내려진다.<sup>23)</sup>

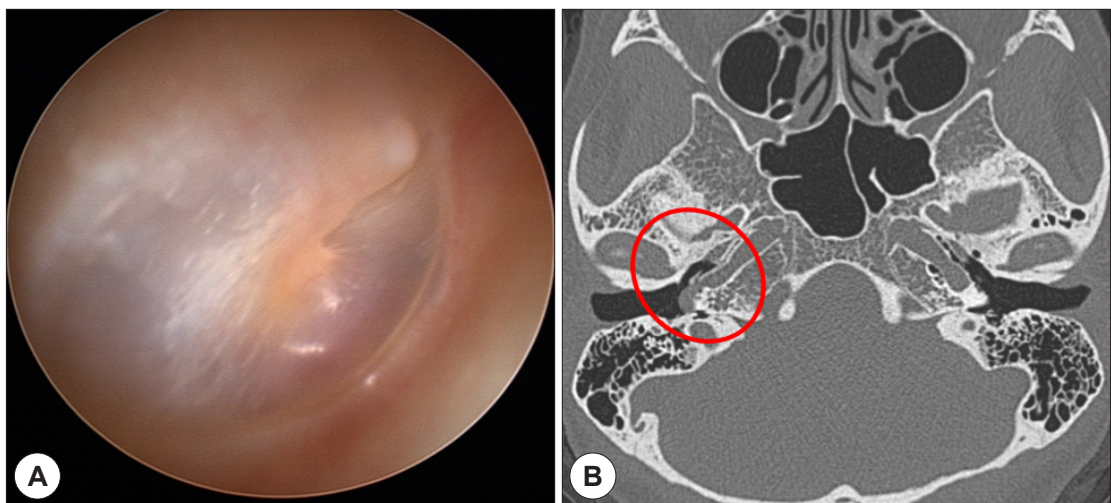


Fig. 1. 우측 이상 경동맥의 이내시경 소견(A) 및 측두골 단층 촬영 소견(B).

### 혈류역학적 과역동상태(Hyperdynamic state)

빈혈, 갑상선 기능 항진증, 혹은 임신 상태에서도 특별한 혈관의 이상이 없이 박동성 이명이 감지되는 경우가 있다. 빈혈은 1970년대부터 박동성 이명의 한 원인으로 제시된 바 있으며,<sup>24)</sup> 최근의 연구에서 빈혈 치료를 받은 박동성 이명 환자에서 치료 전, 후의 헤모글로빈 수치 차이가 증상의 호전과 유의하게 연관됨이 보고되기도 하였다.<sup>25)</sup> 갑상선 기능 항진증 및 임신 시에도 심박출량의 증가에 따라 박동성 이명이 발생한다는 보고들이 있으며, 이러한 내과적 문제가 개선되면 증상이 호전되는 경우가 대부분이므로,<sup>3,18)</sup> 박동성 이명 환자에서 혈액 검사를 고려해야 하는 경우가 많다.

### 동정맥성 박동성 이명(Arteriovenous pulsatile tinnitus)

#### 두개내 혈관 기형(Intracranial vascular abnormalities)

두개내 혈관 기형은 박동성 이명을 초래하는 흔치 않은 원인이다. 하지만, 오진으로 인한 위험한 결과를 피하기 위해서는 박동성 이명 환자에서 항상 두개내 혈관 기형의 의심 및 적절한 평가가 필요하고, 특히 모든 박동성 이명 환자에서는 측두골 부위의 청진을 통해 혈

관 기형을 감별해야 한다. 이 병변들의 대부분은 경막 동정맥루(dural arteriovenous fistula)와 동정맥 기형(arteriovenous malformation)이며, 박동성 이명은 가장 흔한 징후이다.

#### 경막 동정맥루 (Dural arteriovenous fistula, dAVF)

경막 동정맥루는 두개내 동정맥 기형(AVM) 전체의 10~15%만 해당되지만, 박동성 이명의 원인으로 뇌 또는 경부 동정맥 기형보다 훨씬 더 자주 발생한다. 해부학적으로 횡정맥동(transverse sinus) 또는 S상 정맥동(sigmoid sinus)에 관련된 경막 동정맥루에서 박동성 이명이 가장 많이 발생한다(Fig. 2).<sup>26,27)</sup> 또한, 간혹 해면 정맥동루(carotico-cavernous fistula)에서 가장 흔한 증상인 박동성 안구돌출(pulsatile exophthalmos) 외에도 박동성 이명이 발생하기도 하며, 척추동맥의 가지가 포함되는 두개의 동정맥루가 드물게 박동성 이명의 원인이 될 수 있다.<sup>28,29)</sup> 최근의 보고에 따르면, 가장 중요한 해부학적 특성은 피질 정맥 배출 흔적(cortical venous drainage)이며, 이는 앞으로 출혈이나 허혈성 신경 손상 위험이 높다는 것을 의미한다. 대부분의 박동성 이명을 일으키는 혈관 질환의 예후는 비교적 양호한 편이나, 경막 동정맥루의 출혈로 인한 사망률은



Fig. 2. 우측 S상 정맥동 주변에 발생한 경막 동정맥루의 자기공명영상 소견.

10~20%로 보고되므로 정확한 진단이 중요하다.<sup>30)</sup> 진단에 있어서, 특히 횡정맥동, S상 정맥동에서 발생하는 경막 동정맥루의 경우 측두골 부위의 청진 시 박동음이 들리는 경우가 매우 많기 때문에, 박동성 이명 환자를 외래 진료실에서 검진할 때 반드시 측두골의 청진을 포함하여야 한다.

영상의학적 검사에 대한 최근 보고에 따르면, 횡정맥동 경막 동정맥루(transverse sinus dural AVFs)로 진단된 박동성 이명 환자 54명을 후향적으로 검토한 결과, TBCT 검사는 민감도가 좋지 않았으며, MRI/A의 경우 68%에서만 확인할 수 있었다고 보고하였다.<sup>31)</sup> 영상의학 검사는 비약적 발전을 이루고 있지만, 경막 동정맥루의 진단에는 여전히 도관 혈관조영술(catheter angiography)이 가장 중요하다.

#### 동정맥 기형(Arteriovenous malformation)

동정맥 기형은 동정맥 단락(arteriovenous shunt)의 가장 흔한 원인으로 대부분 선천성으로 발생하며, 3:1의 비율로 여자에서 흔하다. 후두동맥과 횡정맥동을 침범하는 경우가 가장 흔하고,<sup>25)</sup> 후천적으로 외상이나 염증, 종양 등에 의해서 동정맥루가 발생하여 동정맥 단락이 발생할 수도 있다.<sup>32)</sup> 횡정맥동을 침범하는 경우의 동정맥 기형은 선천성이거나 외상성으로 발생할 수도 있으나, 최근의 보고에 의하면 재소통(recanalization)을 동반한 정맥동의 혈전증에 의해서도 발생한다.<sup>26)</sup> 증상과 이학적 소견으로는 박동성 이명, 두통, 청진상 잡음(bruit), 촉진상 진동(thrill) 등이 있고, 50%에서 안저검사상 유두울혈과 같은 뇌압상승 징후를 찾을 수 있으며, 경동맥을 강하게 압박할 때 이명이 감소한다. 선천성 동정맥 기형인 경우, 50~70대에 이르러 증상이 나타나는데, 흔한 증상으로는 두통, 지주막하 출혈, 경련 등이 있고, 드물게 박동성 이명을 일으킬 수 있는데, 이는 S상 정맥동과 추체 정맥동의 혈류증가에 의해 발생한다.<sup>26)</sup>

#### 고실 사구종 혹은 경정맥 사구종(Glomus tympanicum or jugulare)

사구종은 주로 귀나 귀 주위의 두개저에 발생하는 국소적으로 침습성이 강한 특성을 지닌 혈관성 양성 종양으로, 박동성 이명이 초기 증상으로 가장 흔한 증상

이며(50~80%), 때로는 청력감소를 동반한다(30~60%).<sup>33)</sup> 고실 사구종은 중이강 내 종양 중 가장 흔하며, 와우 갑각(cochlear promontory)에서 가장 호발하고, 주로 9번 뇌신경의 분지인 Jacobson 신경의 주행을 따라 발생하나, 10번 뇌신경의 분지인 Arnold 신경을 따라 발생하기도 한다(Fig. 3). 경정맥 사구종은 경정맥구(jugular bulb)에서 발생하며, MRI 상에서 흔히 'salt-and-pepper' 양상의 신호 결손(signal void) 소견을 보이는 것이 특징으로 알려져 있다.

#### 기타 혈관성 종양(Other vascular neoplasm)

내림프낭 종양(endolymphatic sac tumor)은 내림프낭의 원위 말단에 생기는 공격적인 혈관성 종양이다(Fig. 4). 박동성 이명의 원인으로 흔하지는 않지만, Von Hippel-Lindau 증후군과 관련성이 매우 높다.<sup>34)</sup> 임상적 양상으로는 박동성 이명, 전음성 혹은 감각신경성 난청, 안면신경마비, 전정기관이상 등이 있다.<sup>35)</sup> MRI에서 T1 강조영상의 조영 증강 부위는 혈액제제를 나타내며, 병변 부위가 조영 증가되며, flow void를 포함할 수 있다. 또한, 경정맥공(jugular foramen) 내 및 주위혈관 전이, 유방, 폐, 갑상선 원발 부위로부터의 전이는 박동성 이명의 한 원인이 될 수 있다. 갑상선에서의 전이는 고실 사구종과 흡사한 flow voids를 포함할 수 있다.<sup>35)</sup> 혈관주위세포종(hemangiopericytoma)은 박동성 이명과 관련된 매우 드문 혈관 종양이며, 기타 박동성 이명의 희귀 종양 원인으로는 안면신경의 골화혈관종(ossifying hemangiomas)과 해면혈관종(cavernous hemangioma)이 있다.

#### 정맥성 이명

##### 양성 두개내 고혈압(Benign intracranial hypertension)

양성 두개내 고혈압 증후군은 뇌척수액의 흡수의 감소로 인해 발생하는 것으로 추정되며, 여성에서 가장 흔한 박동성 이명의 원인으로 주장되기도 하였다.<sup>36)</sup> 다른 이과적 증상으로는 난청, 어지럼, 그리고 이중만감이 있다. 이 질환의 원인 인자로는 비만이나 갑상선 질환, 임신이나 경구 피임약 복용 등이 관계하는 것으로 보고되고 있는데, 90% 이상이 가임기의 비만 여성들에게서 나

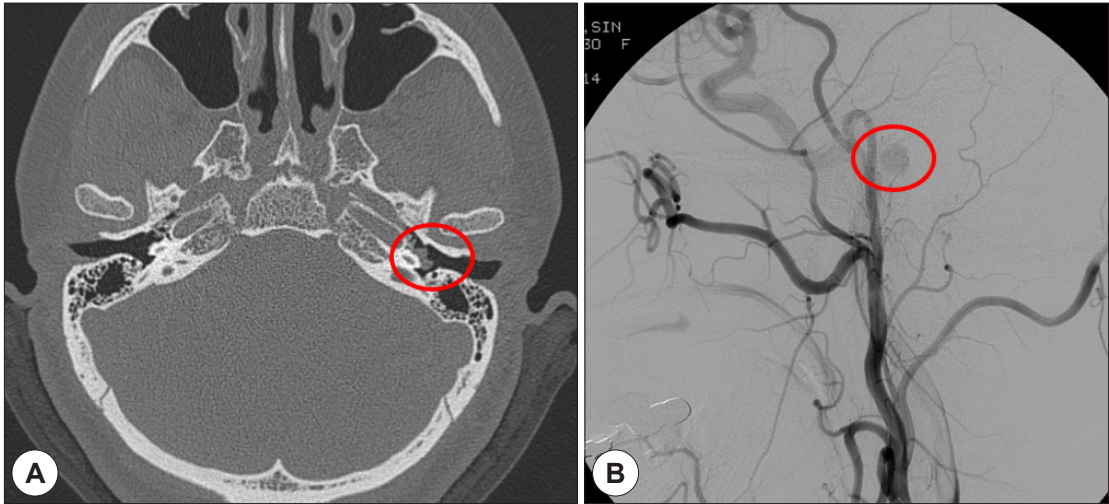


Fig. 3. 좌측 고실 사구층 환자의 측두골 단층 촬영 (A) 및 TFCA (B) 소견.

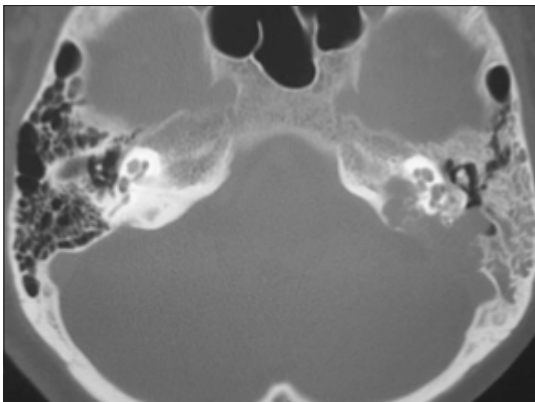


Fig. 4. 좌측 내림프낭 종양의 측두골 단층 촬영 소견.

타나며, 가끔씩 나타나는 제 5, 6, 7 뇌신경 마비를 제외하고는 대부분 신경학적 이상 징후 없이 증가된 두개 내압 소견만 관찰된다.<sup>37)</sup> 양성 두개내 고혈압 증후군은 유두부종(papilledema)으로 인한 두통 및 시력 변화(흐릿하게 보임, 일과성 시력 장애 그리고 복시)와 함께 주로 나타날 수 있다.<sup>38)</sup> 진단에는 요추천자를 통한 뇌척수액 압력 증가(>200 mmH<sub>2</sub>O)가 필요하지만,<sup>39)</sup> 임상 양상을 통해 추정적 진단이 가능하다. 대부분의 환자에서, 양성 두개내 고혈압 증후군은 자가 소멸되지만 약 25%의 환자들은 만성으로 진행된다.

양성 두개내 고혈압 증후군에서 나타나는 박동성 이명은 주로 윌리스환(circle of Willis)의 동맥에서 기원

하는 뇌척수액의 수축기 맥박 때문에 생기는 것으로 보여진다. 양성 두개내 고혈압 증후군의 경우, 맥박들은 세기가 점점 세지면서 경막정맥동(dural venous sinus)의 노출된 내측면에 전달되어 동맥 맥박들과 함께 정맥동들의 벽을 압박하고, 경막정맥동 내강이 주기적으로 좁아지면서 혈액의 층류 흐름이 와류로 바뀌면서 박동성 이명이 생겨난다.<sup>40)</sup> 양성 두개내 고혈압 증후군이 의심되는 환자에서는 종양성 병변과 경막정맥동 혈전증(dural sinus thrombosis)을 배제하기 위해 MRI와 자기공명 정맥 조영(MRV)이 필요하며,<sup>41)</sup> Empty sella나 안구 후축이 평평하게 되는 소견이 이 질환의 특징적인 영상학적 소견이나, 대부분의 환자에서 MRI소견은 정상인 것으로 보고되고 있다.<sup>42)</sup>

#### 고정맥구(High-riding jugular bulb)

고정맥구는 경정맥구가 고실륜(tympanic annulus)과 정원창(round window), 혹은 와우의 기저 회전보다 높을 때로 정의하는 경우도 있고, 경정맥구의 침부가 외이도의 높이보다 높을 경우로 정의하기도 한다(Fig. 5).<sup>43)</sup> 측두골의 해부학적 연구에 따르면, 1.5~6%의 빈도로 발견되는 것으로 보고되었다.<sup>44,45)</sup> 경정맥구와 횡정맥동은 75%에서 우측이 좌측보다 크며, 경정맥와(jugular fossa)는 고실하부의 함기화 정도와 S상 정맥동의 위치에 따라 영향을 받는데, 고실하부의 함기화

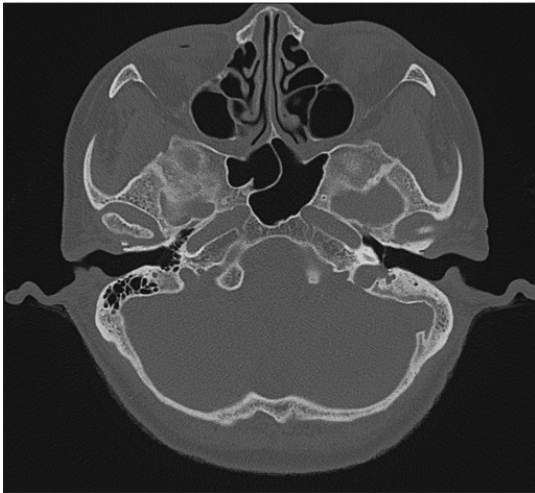


Fig. 5. 좌측 고경정맥구 및 경정맥구계실 환자의 측두골 단층 촬영 소견.

가 안된 경우일수록 S자 정맥동이 전방에 위치하게 되어 고위 경정맥구의 발생빈도도 증가한다.<sup>46)</sup> 비교적 측두골 단층촬영을 통해 쉽게 진단할 수 있는 정맥 이상이지만, 전술한 바와 같이 특히 고경정맥구는 증상이 없는 피검자에서도 흔히 관찰되는 소견이기 때문에, 증상과의 연관성 파악이 중요하다. 따라서, 이학적 검진 및 청진, 경외이도 녹음 등을 통해 고경정맥구가 실제 환자의 박동성 이명을 유발하는 원인인지를 파악하는 것이 중요하다.

#### S상 정맥동 계실(Sigmoid sinus diverticulum)

S상 정맥동 계실은 무증상 환자에서도 약 1.2%에서 발견될 정도로 흔한 소견으로 보고되고 있으나,<sup>4)</sup> 임상적으로 정맥 기원의 박동성 이명이 의심되는 환자의 측두골 단층촬영에서 약 20%까지 발견될 정도로 흔한 원인 질환이다.<sup>4,47)</sup> 정맥동을 덮고 있는 골벽의 정상적인 반원형 윤곽(semicircular contour)의 이상이나 골벽의 부분 소실, 정맥동에 인접한 피질골의 소실, 측두골 함기 봉소와가 정맥동에 직접 접촉하는 소견 등이 진단 기준으로 제시된 바 있으며,<sup>48)</sup> 이과적 수술 치료로 쉽게 완치 가능한 질환이기 때문에 특히 영상학적 검사에서 놓치지 않아야 한다(Fig. 6). 급성으로 골벽의 미란이 발생하거나 선천적으로 골벽에 결손이 있어 발생할 가능성은 매우 낮을 것으로 보고되고 있는데, 이는 S상



Fig. 6. 우측 S상 정맥동 계실 환자의 측두골 단층 촬영 소견.

정맥동은 비교적 압력이 낮은 정맥이며, 대부분의 보고되는 증례에서 S상 정맥동 계실은 주로 중년층에서 박동성 이명이 발생하는 원인으로 보고되고 있기 때문이다.<sup>47,49,50)</sup> S상 정맥동에 계실이 발생할 경우, 국소적으로 혈류의 와류(turbulence)가 발생하며, 이러한 와류를 통한 음 에너지가 주변의 골조직 혹은 연부조직을 통해 기도 혹은 골도를 통해 와우에 전달되어 박동성 이명이 발생하는 것으로 이해되고 있다. 대부분의 환자에서, S상 정맥동 계실은 함기화가 잘 된 유양동에서 발견되는 것으로 보고된다.<sup>49,51)</sup>

S상 정맥동 계실을 치료하기 위해서는 계실을 수술적으로 노출하고 경유양동 접근(transmastoid approach)을 통해 골벽을 재건해 주어, 계실에서 발생하는 와류를 없애고, 음의 전도를 차단해야 한다.<sup>51,52)</sup> 증상의 재발을 방지하기 위해서는 골벽의 재건에는 자가 조직보다는 골시멘트가 더 우월한 것으로 본 저자가 보고한 바 있으며,<sup>51,52)</sup> 최근의 보고에서는 이러한 재건술을 도플러를 보면서 국소적으로 시행해도 우수한 결과를 얻을 수 있는 것으로 알려졌다.<sup>53)</sup> 또한, 일부 연구자들은 계실 내에 혈관내 코일(endovascular coiling) 기술을 통해 즉각적으로 증상의 호전을 얻을 수 있음을 보고한 바 있다.<sup>54,55)</sup>

우성 S상 정맥동 골결손(Dominant sigmoid sinus with dehiscence)

혈류의 대부분이 지나가는 우성 S상 정맥동에서 골결손이 있는 환자(Fig. 7)는 정맥동 계실과 함께 정맥성 박동성 이명의 가장 흔한 원인 질환이며, 많게는 박동성 이명 환자의 약 18%를 차지하는 것으로 보고되고 있다.<sup>11,50</sup> 따라서, 우성 S상 정맥동의 골결손과 S상 정맥동 계실은 박동성 이명 환자 중 수술적으로 치료 가능한 가장 흔한 원인일 것이다. 그러나, 고위 경정맥구가 무증상자에서 흔히 발견되는 것과 마찬가지로, S상 정맥동의 골결손 역시 측두골 단층 촬영에서 무증상자에서 흔히 발견되는 소견이며, 또한 증상의 원인이 아닌 단순 S상 정맥동 골결손은 증상 회복에 도움이 되지 않기 때문에, 다른 원인에 대한 가능성을 철저히 배제하기 위한 이학적, 영상의학적 검사가 필수적이다.

S상 정맥동 계실이나 고위 경정맥구와 마찬가지로 우성 S상 정맥동의 골결손 역시 주로 우측에서 많이 발생하며, Poiseuille의 법칙에 따르면 혈류량은 직경의 4승에 비례하는 바, 우성이 뚜렷한 S상 정맥에서 골결손은 국소적으로 와류를 발생시킬 가능성이 높다. 또한, 이러한 S상 정맥동의 우성이 매우 심한 경우 상부 정맥계의 국소적 협착이 동반되는 경우가 많아, 이러한 협착부위에서 jet flow가 발생하여 박동성 이명의 발생에 기여하

는 것으로도 추정되고 있다. 최근의 컴퓨터 모델링 연구는 이러한 우성 S상 정맥동의 골결손 시 강한 회전성 혈류(rotational blood flow)가 발생하고, 이것이 박동성 이명의 발생에 기여하는 것으로 보고한 바 있다.<sup>56)</sup>

수술적으로 노출된 S상 정맥동의 골결손 부위를 노출시킨 뒤 골벽을 재건하는 치료는 이러한 원인으로 발생하는 박동성 이명 치료의 근간을 이루고 있으며,<sup>52,57)</sup> 수술적 치료를 고려할 때에는 전술한 바와 같이 증상과 무관한 우연히 발견되는 S상 정맥동 골결손을 반드시 배제해야 하고, 다른 원인이 없는지 철저히 검사해야 한다. 또한 수술 시 S상 정맥동의 정상적인 직경을 유지하는 것은 두개내압 상승 등의 술 후 합병증을 방지하는데 필수적이기 때문에,<sup>58,59)</sup> 수술 전 반대측 혈관계 및 병측 S상 정맥동 주위의 우회배출로(collateral drainage pathway)에 대한 철저한 평가가 필수적이다.<sup>52)</sup>

## 진단

### 병력청취

‘심장 뛰는 소리, 운동하면 커진다, 누우면 커진다, 머리 자세에 따라 소리가 변한다’ 등을 호소하는 경우, 일단 혈관성 박동성 이명을 의심해야 한다. 정맥 기원인 경우, 좀 더 저음의 ‘웅~웅~’하는 소리로 표현하는 반

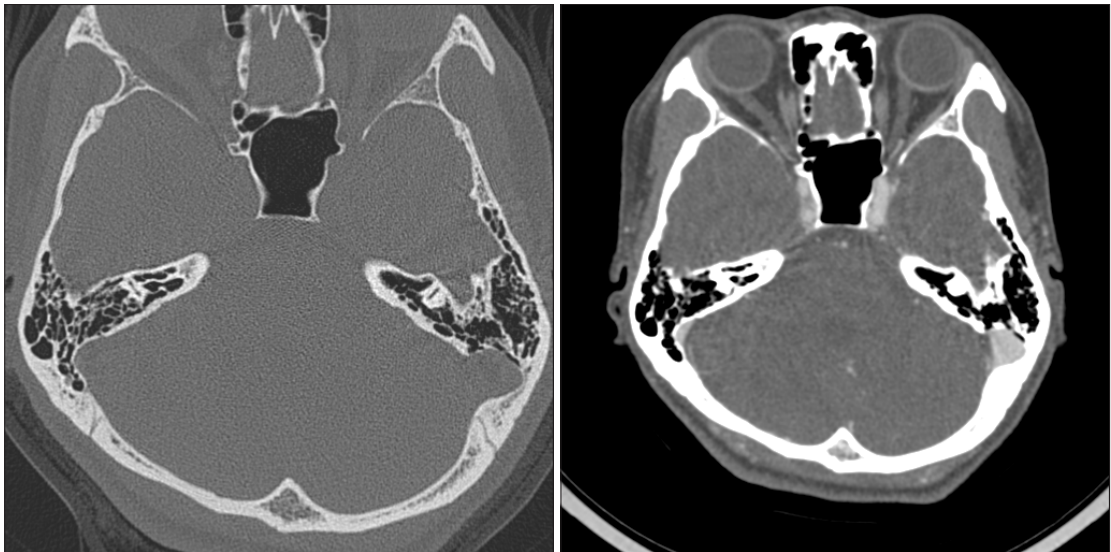


Fig. 7. 우성 좌측 S상 정맥동 및 골결손 환자의 측두골 단층 촬영 소견.



면, 동정맥루의 경우 좀 더 고음의 ‘씩~씩~’하는 소리로 표현하는 경우가 많고, 이는 좁은 직경의 동정맥루를 통과하는 혈류가 좀 더 빠른 속도로 지나가기 때문으로 생각된다.<sup>27)</sup> 병력 상 뇌혈관 발작, 일과성 허혈성 발작, 고지질혈증, 당뇨병, 그리고 흡연 경험 등의 과거력이 있는 노령의 환자들은 죽상경화증성 경동맥 질환을 의심해 봐야 한다.<sup>16)</sup> 또한, 난청, 두통, 이충만감(aural fullness), 어지러움, 그리고 시각 장애와 연관된 비만 여성들은 양성 두개내 고혈압 증후군을 크게 의심해 봐야 한다. 목이나 안면 통증, 두통, 그리고 뇌 허혈 증상과 함께 박동성 이명이 갑작스럽게 발병하면 이는 두개외 또는 두개내 경동맥 박리와 관련이 있을 수 있다.<sup>3)</sup>

### 이학적 소견

이경 검사를 통해 고위 경정맥구, 경동맥 이상, 사구종양 등의 고막내 병변을 확인할 수 있다. 이경 검사에서 고막 내측의 붉은색 종괴가 관찰될 경우 사구종을 의심해 볼 수 있고, 하고실의 보랏빛을 띄는 종괴가 관찰될 경우는 고위 경정맥구를 생각할 수 있다. 고실 전방부에 붉은 종괴가 보이면서 고막의 뚜렷한 박동성 움직임이 관찰되는 경우는 경동맥 노출도 생각해 볼 수도 있다.<sup>60)</sup> 외에도 입구, 유양동 및 경부 청진은 필수적이며, 특히 동정맥루 중 S상 정맥동이나 횡정맥동으로 연결되는 동정맥루의 경우 거의 대부분에서 유양동 청진 시 박동음이 청진되기 때문에, 이학적 검진만으로 추정적 진단이 가능하며, 동정맥루를 강력히 의심하고 자기공명 영상 촬영할 수 있다. 따라서, 특히 동정맥루를 놓치지 않기 위해 유양동 청진은 필수적이다.

이경 검사와 청진 외에도 이학적 검사 소견으로 동정맥성 박동성 이명을 감별하는 데 도움을 받을 수 있다. 정맥성 이명의 경우는 환측 경부에 내경정맥 부위를 동맥 혈류의 영향을 미치지 않을 정도의 가벼운 압박을 주거나, 건축으로 고개를 돌릴 때 흉쇄유돌근의 수축에 의해 환측 경정맥의 관강이 확장하여 혈류량이 증가하며, 제 1, 2경추의 횡돌기에 닿는 경정맥내 혈류량의 증가로 이명이 증가하고, 반대의 경우 이명이 감소하거나 소실되는 양상을 보이며, Valsalva법과 호기 시 이명이 감소하고, 흡기 시 이명이 증가한다.<sup>61)</sup> 동맥성 이명의 경우에는 비교적 고개를 돌릴 때 이명음의 감소가 덜

하며, 환측 경부에 동맥혈류를 감소시킬 수 있을 정도의 강한 압박을 가할 경우 이명이 감소하기도 하여 정맥성 이명과 부분적으로 감별진단이 가능하다.<sup>62)</sup>

### 청각학적 및 전기생리학적 검사

모든 환자들에게 순음 및 어음 청력검사를 실시해야 한다. 2006년 TRI에서 제시한 접근방법에 의하면 8,000 Hz까지의 순음청력검사는 모든 환자에게 꼭 필요하고(essential), 12 kHz까지의 고음역 청력검사, 임피던스 청력검사, 이음향방사 검사, 음 크기 불쾌역치(loudness discomfort level) 등은 높게 권고하였으며(highly recommended), 청성 유발 반응검사는 시행하면 좋다고 구분하였다(might be of interest).<sup>7)</sup> 저주파수에서 20 dB 이상의 난청이 확인되면 환자에게 동측 경정맥을 압박한 후 청력 검사를 다시 하도록 해야 한다. 압박을 하면 통상적으로 S상 정맥동 계열같은 정맥 박동성 이명 환자들의 순음이 개선되거나 정상으로 돌아오는데, 그 이유는 이명의 마스킹 효과(masking effect)가 사라지기 때문이다.<sup>36)</sup> 청성 유발 반응검사는 특정 환자들에게만 사용 여부를 고려할 수 있는데, 주로 잠복기(interpeak latency)가 길어진 뇌간 유발 반응검사의 이상은 양성 두개내 고혈압 증후군 환자들 가운데 1/3에서 발견되는데, 이는 체중감소 및 기저질환 관리를 통해 정상화 될 수 있다. 이와 관련하여 어지러움을 느끼는 환자들에게는 전기안진검사(electronystagmography) 역시 고려해 볼 수도 있다.<sup>63)</sup>

### 혈액검사 및 심전도검사

이명의 진단에서 중요한 것은 병력을 청취하여 원인이 될 만한 것을 찾아 제거하는 것인데, 혈액 검사를 통하여 갑상선 질환, 혈액 질환 등의 전신 질환 여부를 확인할 수 있다. 박동성 이명을 일으키는 혈관성 종양, 후천적 동맥 이상, 선천적 동맥 기형, 정맥성 질환 등 중에서 정맥성 이명(venous hum)은 주로 경정맥이 제2경추의 횡돌기에 의해 눌려서 발생하는 경우가 많지만, 그 외에도 심박출량의 증가와 관련이 있는 것으로 알려져 있다.<sup>18)</sup> 이 때 임신, 빈혈, 갑상선 기능항진증 등으로 인한 심박출량 증가 여부를 알기 위해 혈액 검사 및 심전도 검사 등이 도움이 된다. 죽상경화증성 경동맥 질환이

의심되는 환자들에게는 혈청 지질 농도 및 공복 혈당 검사를 고려해야 한다.<sup>16)</sup> 이 외에도 흉부 방사선 검사, 안저 검사가 필요할 수 있다.

### 초음파 검사

죽상경화증성 경동맥 질환 혹은 심장판막증이 의심되는 환자들에게는 쇄골하 동맥(subclavian artery)을 포함하여 이중 경동맥 초음파(duplex carotid ultrasound) 및 심장 초음파 검사(echocardiogram)를 실시해야 한다. 이 검사들은 진단에 있어 때로는 필수적인 검사들일 수 있기 때문에 방사선 검사 전 실시를 고려해야 한다.<sup>18)</sup>

### 영상학적 검사

#### 영상학적 이상의 빈도

박동성 이명에서도 영상학적 이상의 발견 빈도에 관해서는 연구자마다 차이가 있어서, Weissman과 Hirsch 등은 영상학적 검사에서 거의 이상이 발견되지 않는다고 보고한 반면,<sup>5)</sup> Sonmez 등은 거의 100%의 환자에서 영상학적 이상이 발견된다고 보고하였고,<sup>14)</sup> De Ridder 등은 85%의 환자에서 이상이 발견되었음을 보고하였다.<sup>64)</sup> 비박동성 이명에서도 마찬가지로, 연구자마다 상이한 발견율을 보고하는 가장 큰 이유는 발견된 구조적 이상을 박동성 이명의 원인으로 볼 지, 우연히 발견된 소견으로 볼 지를 판단하는 기준이 다르기 때문일 것이다. 일례로, Sonmez 등은 high jugular bulb를 이상 소견으로 간주하였으나, 이는 증상이 없는 피검자에서도 흔히 관찰되는 소견이다.

#### 진단적 영상학적 검사

박동성 이명을 주소로 환자가 내원했을 때 문진, 두경부의 이학적 검사 등을 통해 혈관성, 비혈관성 병변인지를 구분하고, 혈관성 이명인 경우에는 이경 검사를 통해 고실 내 병변의 유무에 따라 다음과 같이 접근한다.

#### 1. 이경 검사 상 정상소견(Normal otoscopy)

고막이 정상소견을 보일 경우에는 청진, 경정맥 압박, 두부 회전 등의 검사를 하여 이명의 변화가 없을 때

는 동맥성 질환을 의심하여 검사를 진행하고, 이명의 변화가 있을 때는 정맥성 질환을 의심하여 순차적 검사를 시행하도록 하였다.

동맥성 질환의 경우 후두개와 자기공명영상, 자기공명 혈관조영술, 컴퓨터단층촬영 혈관조영술 등의 검사를 선택적으로 시행하여 병변을 발견한다. 자기공명 혈관조영술과 컴퓨터단층촬영 혈관조영술 모두 동맥성 박동성 이명 평가에 유용하지만, 많은 논문에서 컴퓨터단층촬영 혈관조영술이 더 우수하다고 보고하고 있다.<sup>18,65)</sup> 병변을 발견하지 못할 때는 혈관조영술, duplex ultrasound, 안저검사(fundoscopy), 일반혈액검사, 갑상선 기능검사, 혈압 측정 등의 검사를 추가로 시행한다. 경동맥 잡음 환자들은 컴퓨터단층촬영 혈관조영술 이전에 이중 경동맥 초음파 검사(duplex carotid ultrasound)를 고려해야 하며, 만약 죽상경화증성 경동맥 질환(ACAD)으로 확인되면, 다른 영상 촬영 검사가 더 이상 필요없다.

정맥성 질환이 의심될 경우에는 일반적으로 후두개와 자기공명영상, 자기공명 정맥조영술 등을 시행하여 병변을 확인한다. 최근의 논문에 따르면 두통, 청력 손실 및 흐린 시력을 가진 비만 여성의 경우, 양성 두개내 고혈압 증후군 평가를 위해 자기공명 혈관조영 영상을 촬영하며, 양성 두개내 고혈압 증후군이 의심되지 않는 경우 대부분의 정맥성 박동성 이명환자에 대한 초기 검사는 컴퓨터단층촬영 혈관조영술이 추천되고 있다.<sup>4)</sup>

#### 2. 고실 내 병변이 관찰되는 경우(Abnormal otoscopy/retrotympanic pathology)

고실 내 병변이 관찰되는 경우, 가장 먼저 측두골 전산화단층촬영을 고려한다. 이를 통해 경정맥 사구종양/고실 사구종양을 감별할 수 있으며, 또한 이소성 경동맥, 경정맥구/경막 정맥동 이상과 같은 측두골 병변들도 쉽게 발견할 수 있다. 경동맥조영술(carotid angiography)은 상기 검사에서 정상이나, 후이개 잡음(retroauricular bruit)이 크게 들리는 동정맥루나 동정맥기형이 강하게 의심되는 환자들에서 고려해 볼 수 있으며, 혈관 결찰 혹은 수술전 종양 색전술이 필요한 환자에서 뇌의 측부 순환(동맥 및 정맥)을 평가하기 위해 사용되기도 한다.

치료

양성 두개내 고혈압 증후군 환자는 원인인자를 제거하고, 이뇨제나 경구용 부신피질 호르몬 제제 복용으로 대부분 치료되며, 보존적 치료로 완화되지 않을 경우 수술적 치료를 요한다.<sup>66)</sup> 비만 환자들은 체중과 박동성 이명 간의 연관성을 이해하고, 고혈압, 당뇨병, 식도역류, 그리고 수면 무호흡증 같은 기저 질환들에 대해 각 분야 전문의들의 진단을 받아 관리 및 치료하여야 한다.<sup>67)</sup> 체중 감소가 관리에서 가장 중요하며, 체중이 감소하면 대부분의 환자들에게서 박동성 이명은 약화되거나, 아니면 사라지기도 한다.<sup>36)</sup> 아세타졸아미드(Diamox, Lederle Parenterals, Inc.)를 투여하면 뇌척수액 생산이 줄어들어 이명의 강도가 약화되는데 도움이 되고, 드물기는 하나 박동성 이명이 소실되는 경우도 있다.<sup>68)</sup>

죽상경화증성 경동맥 질환(ACAD) 환자들과 보존적 치료에 반응하지 않는 박동성 이명 환자들은 수술을 고려해야 한다. 경동맥내막절제술(carotid endarterectomy)과 스텐트를 이용한 경동맥혈관성형술(carotid angiography with stenting)은 죽상경화증성 경동맥 질환을 치료하는 대표적인 두 가지 시술법이다.<sup>69,70)</sup>

고실 사구종양은 환자의 나이와 전신적 상태, 종물의 위치나 주위 구조물 침범의 정도를 고려하여 수술을 결정하여야 한다.<sup>71)</sup> 젊은 환자의 경우 대부분 외과적 적출로 치료될 수 있기 때문에 일차적으로 시행하는 치료이지만, 노령의 환자에서 종물의 성장이 매우 느린 경우 경과를 관찰하는 것이 좋다.<sup>72,73)</sup> 경정맥 사구종양의 치료는 환자에 따라 다르며, 수술을 통한 제거가 전통적인 방법이지만, 정위 방사선수술(stereotactic radiosurgery)이 최근에는 매우 효율적인 방법으로 보고되고 있다.<sup>74,75)</sup>

고위/피열 경정맥구(high/dehiscent jugular bulb)와 경정맥구 계실(diverticulum)에 의한 이명은 심박출량을 증가를 일으키는 빈혈, 갑상선 기능 항진증, 고혈압 등의 전신적 원인 질환이 동반되어 발생하였을 경우 원인 질환을 우선적으로 치료하여야 하고, 기존 치료에 반응하지 않고 지속적으로 증상을 보이는 고위/피열 경정맥구와 경정맥구 계실의 경우 혹은 기형적 혈관이 중이강내로 침범하는 경우에는 골분, 연골막, 이주연골, 그리고 유양돌기 피질골을 이용한 수술적 절제와

중이강 복원이 효과적인 치료로서 보고된 바 있다.<sup>46,76)</sup> 저자의 최근 보고에 따르면 골시멘트를 이용하여 골부 결손 부위를 재건하는 치료를 통해 효과적으로 증상을 개선할 수 있다.<sup>77)</sup> 횡정맥동과 S상 정맥동의 계실이나 골 결손의 경우 역시 경유양동 재건(transmastoid reconstruction)을 통한 외과적 수술을 시행하는 것이 박동성 이명을 없애는데 효과적으로 보고되었으며,<sup>47)</sup> 저자의 최근 일련의 보고들에서는 골시멘트를 사용하여 골 결손 부위를 재건하고, 계실이 있는 경우 계실을 조심스럽게 노출하여 정맥 내측으로 수복(reduction)한 후 골 결손 부위를 골시멘트로 재건하는 술식을 통해 증상의 호전을 도모할 수 있고,<sup>78,79)</sup> 이러한 수술적 치료는 장기적 추적관찰에서도 증상의 완전 소실 혹은 현저한 호전 상태를 유지할 수 있음을 보고한 바 있다.<sup>52)</sup>

동맥성 기형 및 경막 동정맥루는 박동성 이명 증상 자체뿐 아니라, 심각한 합병증을 야기할 수 있으므로 적극적인 치료를 요한다. 동정맥루에 의한 박동성 이명의 치료는 수술적 방법과 비수술적 방법이 있는데, 수술적 방법에는 병변 부위의 절제와 혈관 결찰을 시행할 수 있으며, 이때는 경동맥 조영술로 정확한 병변 부위를 파악한 후 외과적 절제를 시행하는 것이 보통이다. 미세한 병변의 경우 동정맥 문합 부위를 지속적으로 압박하며 경과를 관찰하거나, 색전술을 시행할 수 있다.<sup>80)</sup> 중이내 이상 경동맥의 경우 근막이나 골이식으로 동맥을 덮거나, 이소골과 접촉할 경우 사이에 얇은 실리콘 판을 삽입하거나 이소골의 일부를 제거하기도 한다.

결론

본 종설에서는 박동성 이명의 진단과 치료에 대한 개요를 소개하였다. 박동성 이명은 이명의 크기와 리듬이 심박출량과 심장 박동에 따라 변하는 이명으로, 종종 환자들이 수면에 지장을 호소하고, 일상 생활에 어려움을 겪게 되는 등 심각한 불편을 야기할 수 있는 증상이다. 일측성인 경우는 동정맥루, 혈관류, 종양 등이 있으며, 이러한 원인 질환들은 생명에 지장을 줄 수 있고, 그 원인이 되는 질환을 치유하면 완치가 가능하므로 주관적 이명과는 진단과 치료의 접근이 달라야 한다. 박동성 이명을 호소하는 환자에 대해서 자세한 병력청취와 청진

및 이학적 검진이 무엇보다도 중요하며, 청력검사에서 병변측 저음 역치가 상승한 경우 좀 더 혈관성 원인 질환을 의심할 수 있다. 방사선학적 평가는 박동성 이명의 종류(동맥성 또는 정맥성), 고막 내 이상 소견 여부, 그리고 이명의 잡음의 크기 유무에 따라 개별적으로 진행되어야 하며, 치료 역시 원인 질환에 따라 수술적 치료, 중재적 혈관 시술, 약물 치료 및 체중 조절과 같은 보존적 치료 등을 시행해야 한다. 대부분의 경우 정확한 원인 질환을 파악하면 증상의 완전 소실 혹은 현저한 호전을 가능케 하는 치료 방법이 존재하는 바, 정확한 원인 질환의 파악과 이에 따른 알맞은 치료 방법의 선택이 필수적이다.

중심 단어: 박동성 이명, 혈관성 이명, 에스상정맥동, 경정맥구, 정맥계실.

본 연구는 National Research Foundation of Korea(NRF) grant funded by the Korea government(MSIP)(grant No. NRF-2019R1A2C2004941)의 지원으로 수행되었음.

## REFERENCES

- 1) Ahsan SF, Seidman M, Yaremchuk K. What is the best imaging modality in evaluating patients with unilateral pulsatile tinnitus? *Laryngoscope* 2015;125(2):284-5.
- 2) Liyanage SH, Singh A, Savundra P, Kalan A. Pulsatile tinnitus. *J Laryngol Otol* 2006;120(2):93-7.
- 3) Hofmann E, Behr R, Neumann-Haefelin T, Schwager K. Pulsatile tinnitus: imaging and differential diagnosis. *Dtsch Arztebl Int* 2013;110(26):451-8.
- 4) Schoeff S, Nicholas B, Mukherjee S, Kesser BW. Imaging prevalence of sigmoid sinus dehiscence among patients with and without pulsatile tinnitus. *Otolaryngol Head Neck Surg* 2014;150(5):841-6.
- 5) Weissman JL, Hirsch BE. Imaging of tinnitus: a review. *Radiology* 2000;216(2):342-9.
- 6) Madani G, Connor SE. Imaging in pulsatile tinnitus. *Clin Radiol* 2009;64(3):319-28.
- 7) Landgrebe M, Zeman F, Koller M, Eberl Y, Mohr M, Reiter J, et al. The Tinnitus Research Initiative (TRI) database: a new approach for delineation of tinnitus subtypes and generation of predictors for treatment outcome. *BMC Med Inform Decis Mak* 2010;10:42.
- 8) Sanchez TG, Murao M, de Medeiros I, Kii M, Bento RF, Caldas JG, et al. A new therapeutic procedure for treatment of objective venous pulsatile tinnitus. *International Tinnitus Journal* 2002;8(1):54-7.
- 9) Kao E, Kefayati S, Amans MR, Faraji F, Ballweber M, Hal-

- bach V, et al. Flow patterns in the jugular veins of pulsatile tinnitus patients. *J Biomech* 2017;52:61-7.
- 10) Mattox DE, Hudgins P. Algorithm for evaluation of pulsatile tinnitus. *Acta Otolaryngol* 2008;128(4):427-31.
- 11) Eisenman DJ, Raghavan P, Hertzano R, Morales R. Evaluation and treatment of pulsatile tinnitus associated with sigmoid sinus wall anomalies. *Laryngoscope* 2018;128 Suppl 2:S1-S13.
- 12) Wang JR, Parnes LS. Superior semicircular canal dehiscence associated with external, middle, and inner ear abnormalities. *Laryngoscope* 2010;120(2):390-3.
- 13) Friedmann DR, Le BT, Pramanik BK, Lalwani AK. Clinical spectrum of patients with erosion of the inner ear by jugular bulb abnormalities. *The Laryngoscope* 2010;120(2):365-72.
- 14) Sonmez G, Basekim CC, Ozturk E, Gungor A, Kizilkaya E. Imaging of pulsatile tinnitus: a review of 74 patients. *Clin Imaging* 2007;31(2):102-8.
- 15) Hafeez F, Levine RL, Dulli DA. Pulsatile tinnitus in cerebrovascular arterial diseases. *J Stroke Cerebrovasc Dis* 1999; 8(4):217-23.
- 16) Sismanis A, Stamm MA, Sobel M. Objective tinnitus in patients with atherosclerotic carotid artery disease. *Am J Otol* 1994;15(3):404-7.
- 17) Hatsukami TS, Yuan C. MRI in the early identification and classification of high-risk atherosclerotic carotid plaques. *Imaging Med* 2010;2(1):63-75.
- 18) Sismanis A. Pulsatile tinnitus: contemporary assessment and management. *Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg* 2011; 19(5):348-57.
- 19) Kondoh T, Kurihara E, Kohmura E. Distal anterior inferior cerebellar artery aneurysm occult on magnetic resonance angiography one month prior to rupture--case report. *Neurol Med Chir (Tokyo)* 2003;43(7):345-8.
- 20) Roll JD, Urban MA, Larson TC, 3rd, Gailloud P, Jacob P, Harnsberger HR. Bilateral aberrant internal carotid arteries with bilateral persistent stapled arteries and bilateral duplicated internal carotid arteries. *AJNR Am J Neuroradiol* 2003;24(4):762-5.
- 21) Hosokawa S, Mineta H. Tortuous internal carotid artery presenting as a pharyngeal mass. *J Laryngol Otol* 2010;124(9): 1033-6.
- 22) Lin DS, Lin YS, Lee JC. Tortuous internal carotid artery presenting as a pulsatile hypopharyngeal mass. *Otolaryngol Head Neck Surg* 2008;139(2):316-7.
- 23) Sismanis A, Girevendoulis A. Pulsatile tinnitus associated with internal carotid artery morphologic abnormalities. *Otol Neurotol* 2008;29(7):1032-6.
- 24) Cochran JH Jr., Kosmicki PW. Tinnitus as a presenting symptom in pernicious anemia. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1979;88(2 Pt 1):297.
- 25) Sunwoo W, Lee DY, Lee JY, Lee M, Kang Y, Park MH, et al. Characteristics of tinnitus found in anemia patients and analysis of population-based survey. *Auris Nasus Larynx* 2018;45(6):1152-8.
- 26) Roy D, Lavigne F, Raymond J. Pulsatile tinnitus and dural arteriovenous fistula of the transverse sinus. *J Otolaryngol*

- 1993;22(6):409-12.
- 27) An YH, Han S, Lee M, Rhee J, Kwon OK, Hwang G, et al. Dural arteriovenous fistula masquerading as pulsatile tinnitus: radiologic assessment and clinical implications. *Sci Rep* 2016;6:36601.
- 28) Jungreis CA. Pulsatile tinnitus from a dural arteriovenous fistula. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1991;100(11):951-3.
- 29) Fitzgerald RT, Pollitzer R, Samant RS, Kumar M, Ramakrishnaiah RH, Amole A, et al. Pulsatile tinnitus secondary to a dural arteriovenous fistula. *Otol Neurotol* 2014.
- 30) Farb RI, Agid R, Willinsky RA, Johnstone DM, Terbrugge KG. Cranial dural arteriovenous fistula: diagnosis and classification with time-resolved MR angiography at 3T. *AJNR Am J Neuroradiol* 2009;30(8):1546-51.
- 31) Shin EJ, Lalwani AK, Dowd CF. Role of angiography in the evaluation of patients with pulsatile tinnitus. *Laryngoscope* 2000;110(11):1916-20.
- 32) Sharma A, Gupta R, Singh D, Singh H. Posttraumatic carotid-cavernous fistula associated with evolving contralateral internal carotid artery pseudoaneurysm. *J Neurol Surg A Cent Eur Neurosurg* 2013;74 Suppl 1:e76-80.
- 33) Sweeney AD, Carlson ML, Wanna GB, Bennett ML. Glomus tympanicum tumors. *Otolaryngol Clin North Am* 2015;48(2):293-304.
- 34) Manski TJ, Heffner DK, Glenn GM, Patronas NJ, Pikus AT, Katz D, et al. Endolymphatic sac tumors. A source of morbid hearing loss in von Hippel-Lindau disease. *JAMA* 1997;277(18):1461-6.
- 35) Swartz JD. An approach to the evaluation of the patient with pulsatile tinnitus with emphasis on the anatomy and pathology of the jugular foramen. *Semin Ultrasound CT MR* 2004;25(4):319-31.
- 36) Sismanis A. Otologic manifestations of benign intracranial hypertension syndrome: diagnosis and management. *Laryngoscope* 1987;97(8 Pt 2 Suppl 42):1-17.
- 37) Sismanis A, Butts FM, Hughes GB. Objective tinnitus in benign intracranial hypertension: an update. *Laryngoscope* 1990;100(1):33-6.
- 38) Kling F, Cochener B, Colin J. Bilateral papilledema in young women: two case reports of benign intracranial hypertension?. *J Fr Ophtalmol* 2002;25(8):835-9.
- 39) Lorberboym M, Lampl Y, Kesler A, Sadeh M, Gadot N. Benign intracranial hypertension: correlation of cerebral blood flow with disease severity. *Clin Neurol Neurosurg* 2001;103(1):33-6.
- 40) Sugerman HJ, DeMaria EJ, Felton WL, 3rd, Nakatsuka M, Sismanis A. Increased intra-abdominal pressure and cardiac filling pressures in obesity-associated pseudotumor cerebri. *Neurology* 1997;49(2):507-11.
- 41) Rougier MB. Diagnosing bilateral papilledema. *J Fr Ophtalmol* 2010;33(6):424-9.
- 42) Agid R, Farb RI, Willinsky RA, Mikulis DJ, Tomlinson G. Idiopathic intracranial hypertension: the validity of cross-sectional neuroimaging signs. *Neuroradiology* 2006;48(8):521-7.
- 43) Dietz RR, Davis WL, Harnsberger HR, Jacobs JM, Blatter DD. MR imaging and MR angiography in the evaluation of pulsatile tinnitus. *AJNR Am J Neuroradiol* 1994;15(5):879-89.
- 44) Kennedy DW, el-Sirsy HH, Nager GT. The jugular bulb in otologic surgery: anatomic, clinical, and surgical considerations. *Otolaryngol Head Neck Surg* 1986;94(1):6-15.
- 45) Presutti L, Laudadio P. Jugular bulb diverticula. *ORL J Otorhinolaryngol Relat Spec* 1991;53(1):57-60.
- 46) Mortimer AM, Harrington T, Steinfert B, Faulder K. Endovascular treatment of jugular bulb diverticula causing debilitating pulsatile tinnitus. *BMJ Case Rep* 2015;2015.
- 47) Otto KJ, Hudgins PA, Abdelkafy W, Mattox DE. Sigmoid sinus diverticulum: a new surgical approach to the correction of pulsatile tinnitus. *Otol Neurotol* 2007;28(1):48-53.
- 48) Eisenman DJ. Sinus wall reconstruction for sigmoid sinus diverticulum and dehiscence: a standardized surgical procedure for a range of radiographic findings. *Otol Neurotol* 2011;32(7):1116-9.
- 49) Liu Z, Chen C, Wang Z, Gong S, Xian J, Wang Y, et al. Sigmoid sinus diverticulum and pulsatile tinnitus: analysis of CT scans from 15 cases. *Acta Radiol* 2013;54(7):812-6.
- 50) Grewal AK, Kim HY, Comstock RH, 3rd, Berkowitz F, Kim HJ, Jay AK. Clinical presentation and imaging findings in patients with pulsatile tinnitus and sigmoid sinus diverticulum/dehiscence. *Otol Neurotol* 2014;35(1):16-21.
- 51) Song JJ, Kim YJ, Kim SY, An YS, Kim K, Lee SY, et al. Sinus wall resurfacing for patients with temporal bone venous sinus diverticulum and ipsilateral pulsatile tinnitus. *Neurosurgery* 2015;77(5):709-17.
- 52) Lee SY, Kim MK, Bae YJ, An GS, Lee K, Choi BY, et al. Longitudinal analysis of surgical outcome in subjects with pulsatile tinnitus originating from the sigmoid sinus. *Sci Rep* 2020;10(1):18194.
- 53) Hsieh YL, Xu X, Hsieh YD, Hsieh YC, Wang D, Guo P, et al. Hydroacoustic analysis and extraluminal compression surgical insights of venous pulsatile tinnitus. *Auris Nasus Larynx* 2021.
- 54) Mehanna R, Shaltoni H, Morsi H, Mawad M. Endovascular treatment of sigmoid sinus aneurysm presenting as devastating pulsatile tinnitus. A case report and review of literature. *Interv Neuroradiol* 2010;16(4):451-4.
- 55) Park YH, Kwon HJ. Awake embolization of sigmoid sinus diverticulum causing pulsatile tinnitus: simultaneous confirmative diagnosis and treatment. *Interv Neuroradiol* 2011;17(3):376-9.
- 56) Amans MR, Haraldsson H, Kao E, Kefayati S, Meisel K, Khangura R, et al. MR venous flow in sigmoid sinus diverticulum. *AJNR Am J Neuroradiol* 2018;39(11):2108-13.
- 57) Kim SH, An GS, Choi I, Koo JW, Lee K, Song JJ. Pre-treatment objective diagnosis and post-treatment outcome evaluation in patients with vascular pulsatile tinnitus using transcranial recording and spectro-temporal analysis. *PLoS One* 2016;11(6):e0157722.
- 58) Zhaohui L, Cheng D, Xiao W, Xiaoyi H, Pengfei Z, Han L, et al. Association between idiopathic intracranial hypertension and sigmoid sinus dehiscence/diverticulum with pulsa-

- tile tinnitus: a retrospective imaging study. *Neuroradiology* 2015;57(7):747-53.
- 59) Wee JH, Song JJ, Koo JW, Kim CS. Increased intracranial pressure after surgical treatment of pulsatile tinnitus from a prominent sigmoid sinus. *Otol Neurotol* 2012;33(6):e41-2.
  - 60) Levine RA. Tinnitus: diagnostic approach leading to treatment. *Semin Neurol* 2013;33(3):256-69.
  - 61) Adler JR, Ropper AH. Self-audible venous bruits and high jugular bulb. *Arch Neurol* 1986;43(3):257-9.
  - 62) Jun BH, Choi IS, Lee GJ. Pulsatile tinnitus alleviated by contralateral neck compression: a case report. *Auris Nasus Larynx* 2003;30(1):89-91.
  - 63) Jozefowicz-Korczyńska M, Ciecchomska EA, Pajor AM. Electronystagmography outcome and neuropsychological findings in tinnitus patients. *Int Tinnitus J* 2005;11(1):54-7.
  - 64) De Ridder D, De Ridder L, Nowé V, Thierens H, Van de Heyning P, Møller A. Pulsatile tinnitus and the intrameatal vascular loop: why do we not hear our carotids? *Neurosurgery* 2005;57(6):1213-7.
  - 65) Narvid J, Do HM, Blevins NH, Fischbein NJ. CT angiography as a screening tool for dural arteriovenous fistula in patients with pulsatile tinnitus: feasibility and test characteristics. *AJNR Am J Neuroradiol* 2011;32(3):446-53.
  - 66) Greer M. Management of benign intracranial hypertension (pseudotumor cerebri). *Clin Neurosurg* 1968;15:161-74.
  - 67) Theisler CW. Benign intracranial hypertension: diagnosis and conservative management. *J Manipulative Physiol Ther* 1986;9(1):33-8.
  - 68) Soler D, Cox T, Bullock P, Calver DM, Robinson RO. Diagnosis and management of benign intracranial hypertension. *Arch Dis Child* 1998;78(1):89-94.
  - 69) Singh DP, Forte AJ, Brewer MB, Nowygrod R. Bilateral carotid endarterectomy as treatment of vascular pulsatile tinnitus. *J Vasc Surg* 2009;50(1):183-5.
  - 70) Hartung O, Alimi YS, Juhan C. Tinnitus resulting from tandem lesions of the internal carotid artery: combined extracranial endarterectomy and intrapetrous primary stenting. *J Vasc Surg* 2004;39(3):679-81.
  - 71) Fowler JC, Hirsch BE, White PF. Case of the month. Glomus tympanicum tumor. *JAAPA* 2010;23(6):65.
  - 72) Mahadevaiah A, Parikh B, Kumaraswamy K. Surgical management of glomus tympanicum tumor. *Indian J Otolaryngol Head Neck Surg* 2007;59(1):5-8.
  - 73) Brown S. Glomus tympanicum tumor. *Ear Nose Throat J* 2002;81(9):608.
  - 74) Ivan ME, Sughrue ME, Clark AJ, Kane AJ, Aranda D, Barani IJ, et al. A meta-analysis of tumor control rates and treatment-related morbidity for patients with glomus jugulare tumors. *J Neurosurg* 2011;114(5):1299-305.
  - 75) Hafez RF, Morgan MS, Fahmy OM. The safety and efficacy of gamma knife surgery in management of glomus jugulare tumor. *World J Surg Oncol* 2010;8:76.
  - 76) Rouillard R, Leclerc J, Savary P. Pulsatile tinnitus: a dehiscent jugular vein. *Laryngoscope* 1985;95(2):188-9.
  - 77) Lee SY, Song SK, Park SJ, Park HG, Choi BY, Koo JW, et al. Jugular bulb resurfacing with bone cement for patients with high dehiscent jugular bulb and ipsilateral pulsatile tinnitus. *Otol Neurotol* 2019;40(2):192-9.
  - 78) Kim CS, Kim SY, Choi H, Koo JW, Yoo SY, An GS, et al. Transmastoid reshaping of the sigmoid sinus: preliminary study of a novel surgical method to quiet pulsatile tinnitus of an unrecognized vascular origin. *J Neurosurg* 2016;125(2):441-9.
  - 79) Song JJ, Kim YJ, Kim SY, An YS, Kim K, Lee SY, et al. Sinus wall resurfacing for patients with temporal bone venous sinus diverticulum and ipsilateral pulsatile tinnitus. *Neurosurgery* 2015;77(5):709-17; discussion 17.
  - 80) Sorkin GC, Hopkins LN. Endovascular role in dural arteriovenous fistula management. *World Neurosurg* 2013;80(6):e219-20.