

# Comparison of Time and Cost between Sequential and Simultaneous Bilateral Cochlear Implants

Minbum Kim<sup>1</sup>, Whan Kim<sup>2</sup> and Jae Young Choi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Otorhinolaryngology-Head & Neck Surgery, Inha University College of Medicine, Incheon; and

<sup>2</sup>Department of Otorhinolaryngology-Head & Neck Surgery, Yonsei University College of Medicine, Seoul, Korea

## 동시 및 순차적 양측 인공와우 이식술의 시간 및 비용 비교

김민범<sup>1</sup> · 김 환<sup>2</sup> · 최재영<sup>2</sup>

인하대학교 의과대학 이비인후과학교실, <sup>1</sup>연세대학교 의과대학 이비인후과학교실<sup>2</sup>

**Background and Objectives** Purpose of this study is to compare the cost-effectiveness between sequential (SeqBCI) and simultaneous bilateral cochlear implantations (SimBCI).

**Subjects and Method** This is a retrospective study of 15 patients who underwent bilateral cochlear implantations at a tertiary care facility. Nine patients with SimBCI and six with SeqBCI were included. Operation time, anesthesia time, expenses for preoperative evaluation, hospitalization time, hospital expenses and postoperative expenses were investigated.

**Results** The 1st, 2nd and cumulative operation time for the SeqBCI group were 181, 120 and 301 minutes, respectively, on the average. The 1st, 2nd and cumulative anesthesia time were 212, 162 and 373 minutes, respectively. The 1st, 2nd and cumulative expenses for preoperative evaluation were 1074754, 280118 and 1354872 won, respectively. The 1st, 2nd and total hospitalization time were 6.2, 4.2 and 10.4 days, respectively. The 1st, 2nd and cumulative hospital expenses were 24082713, 24158366 and 48176734 won, respectively. The 1st, 2nd and cumulative postoperative expenses were 447830, 551778 and 999608 won, respectively. For the SimBCI group, the operation time, anesthesia time, expenses for evaluation, hospitalization time, hospital expenses and postoperative expenses were 246, 280 minutes, 1396793 won, 6.2 days, 46073011 and 816121 won, respectively. On the whole, anesthesia time, hospitalization time and postoperative expenses of the SimBCI group were less than those of the SeqBCI group ( $p=0.01$ ,  $0.02$  and  $0.02$ , respectively). The postoperative expenses of SeqBCI were the highest during the first 4 months whereas those of SimBCI were less during the same period ( $p=0.03$ ).

**Conclusion** Cumulative anesthesia time, hospitalization time and postoperative cost of SimBCI were less than those of SeqBCI. Our results may be useful for counseling the timing of second CI.

Korean J Otorhinolaryngol-Head Neck Surg 2013;56:627-31

**Key Words** Cochlear implant · Simultaneous cochlear implantation.

Received April 2, 2013

Revised August 8, 2013

Accepted August 9, 2013

### Address for correspondence

Jae Young Choi, MD, PhD

Department of Otorhinolaryngology-

Head & Neck Surgery,

Yonsei University

College of Medicine,

50 Yonsei-ro, Seodaemun-gu,

Seoul 120-752, Korea

Tel +82-2-2228-3603

Fax +82-2-393-0580

E-mail jychoi@yuhs.ac

환자에서 이득이 있는 것으로 잘 알려져 있다.

최근 동시 양측 인공와우 이식술과 순차적 양측 인공와우 이식술의 청각결과에 대한 연구가 활발하다. 소아에서 짧은 인공와우 이식술 간 간격이 양측 청성-뇌가소성 auditory-brain plasticity 및 양이청에 유리하다는 사실이 보고되고 있다.<sup>[10,11]</sup> 또한 동시 양측 인공와우 이식술이 순차적 양측 인공와우 이식술에 비해 수술 및 마취시간의 총합이 적고, 술 후 약물

## 서 론

최근 세계적으로 이미 8000명 이상의 환자가 양측 인공와우를 시행 받았고 그 수는 점점 증가하고 있다.<sup>[1]</sup> 양측성 인공와우 이식술은 양이청을 가능하게 하므로, 음의 방향식별을 용이하게 하며,<sup>[2-5]</sup> 조용한 환경<sup>[6,7]</sup>뿐만 아니라 소음상황<sup>[3,8,9]</sup>에서의 어음 변별력 향상을 보여, 고도난청 이상의 난청을 가진

사용이 적으면서 합병증에는 차이가 없고 안전한 것으로 알려져 있어서,<sup>12,13)</sup> 동시 양측 인공와우 이식술이 널리 시행되고 있다. 하지만 환자 및 보호자가 양측 인공와우 이식술의 두 가지 방법 중 하나를 결정함에 있어서, 사회경제적으로 중요한 비용 및 시간에 대한 비교연구는 국내에 아직까지 없었다.

본 연구에서는 동시 양측 인공와우 이식술과 순차적 양측 인공와우 이식술의 수술 및 마취시간, 입원 전 검사비용, 입원 중 소요비용, 수술 후 소요비용을 각각 조사하여, 각 방법의 비용 및 시간적 측면을 비교분석 함으로써, 환자 및 보호자의 술 전 상담에 도움을 주고자 하였다.

## 대상 및 방법

본 연구는 의무기록 및 원무기록 분석을 통한 후향적 연구로, 2004년부터 2011년까지 대학병원 이비인후과에서 양측 고도난청 이상의 난청으로 인공와우 이식술을 시행 받은 15명의 환자를 대상으로 하였다. 이 중 순차적 양측 인공와우 이식술을 시행 받은 환자(순차적 이식군)는 6명으로, 남자는 5명, 여자는 1명이었다. 평균 수술월령은 첫 번째 이식은  $28.3 \pm 11.2$ (14~48)개월, 두 번째 이식은  $73.8 \pm 20.7$ (24~96)개월이었다. 이식 간 간격은 평균  $44.7 \pm 22.6$ (16~67)개월이었다. 반면 동시 양측 인공와우 이식술을 시행 받은 환자(동시 이식군)는 9명이었고, 남자는 3명, 여자는 6명으로, 평균 수술월령은  $22.36 \pm 15.1$ (14~53)이었다(Table 1).

모든 환자에서 술 전 뇌막염으로 인한 와우골화는 없었으며, 수술 직후 방사선 검사 및 임피던스 검사를 통해 전극의 충분한 삽입을 확인하였고, 술 후 이식기의 상태는 양호하였다. 중대한 합병증은 없었으며, 한 명의 환자에서 술 후 3일째 장액종으로 의심되는 술부의 부종이 발생하였으나, 간단한 처치로 호전되어, 착용시기 및 기기작동은 예정대로 진행하였다.

## 수술시간 및 마취시간

마취시간과 수술시간은 마취기록지 상 시작시간과 종료시

간을 참고하여 분석하였다. 수술시간은 피부절개부터 창상 봉합종료까지의 시간으로 정하였다. 동시에 이식군의 경우, 양측 술부에 대해 동시에 소독하였다.

## 수술 전 소요비용

의무기록 및 수납기록을 조사하여 술 전 상담을 위한 진료비와 술 전 청력검사 및 방사선 검사 비용을 조사하였다. 각 환자는 술 전 순음청력(또는 유희청력)검사, 클릭유발 및 변조 이음향유발검사, 청성뇌간반응검사를 포함한 청력검사 및 언어평가를 시행하였다. 내이기형과 속귀신경의 경로를 검사하기 위한 측두골 컴퓨터단층촬영 및 측두부 자기공명영상 검사를 시행하였다.

## 입원기간 및 입원시 소요비용

수술비용 및 입원기간 동안 시행한 검사 및 치치에 대한 비용을 포함하였다. 하지만 1인실 사용 등에 의한 선택비용은 조사에서 제외하였다.

## 수술 후 소요비용

본원서 통상적으로 시행하는 정기적인 맵핑(mapping)과 언어평가 및 언어치료에 대한 비용을 원무자료를 통해 조사하였다. 정기적인 맵핑은 술 후 1, 2, 3, 4, 6, 8주 및 3, 6, 12개월에 검진과 함께 이루어졌다. 언어평가 및 언어치료는 3, 6, 12개월에 걸쳐 이루어졌고, 기타 외부시설에서의 비정기적인 언어치료 및 재활과정에서의 소요비용은 표준화하기 힘들어 분석에서 제외하였다.

두 군 간의 비용과 시간을 비교하기 위해 두 군 간의 독립표본에 대해서 Statistical Package for the Social Sciences (SPSS, Version 15.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)를 이용하여 Mann-Whitney U test를 시행하였고, 순차적 이식군에서 첫 번째와 두 번째 이식시 대응표본의 비교에서는 Wilcoxon 부호순위 검정을 사용하였다.  $p$ 값이 0.05 미만인 경우 통계적으로 의미를 두었다.

## 결과

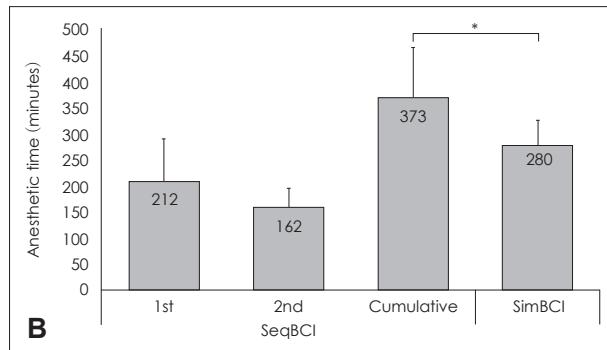
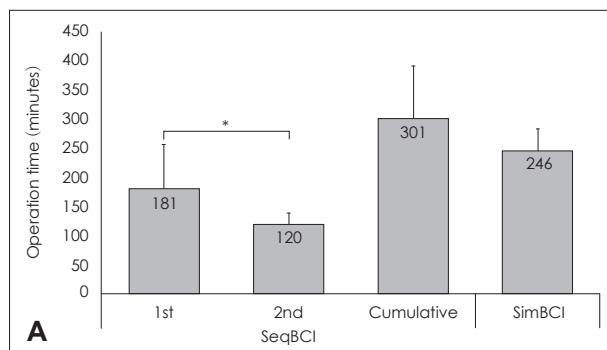
### 수술시간 및 마취시간

순차적 이식군에서, 첫 번째 이식시 평균 수술시간은 181분, 두 번째 이식시 120분으로, 다소 차이가 있었다( $p=0.03$ ). 순차적 이식군에서 수술시간의 총 합은 301분이었다(Fig. 1A). 또한, 첫 번째 이식시 평균 마취시간은 212분, 두 번째 이식시 162분으로 총 합계시간은 373분이었다. 반면 동시 이식군에서, 평균 수술시간은 246분, 마취시간은 280분이었다.

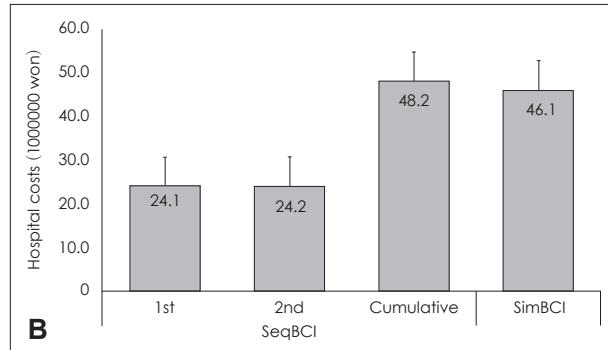
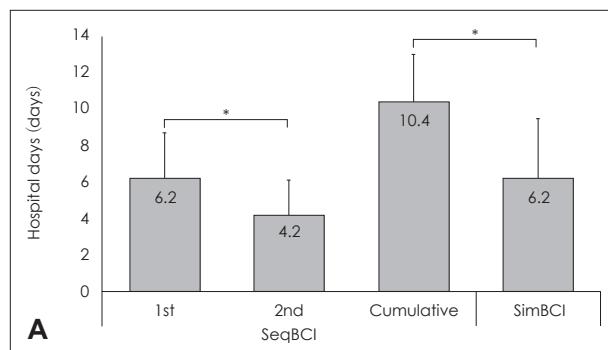
Table 1. Patient characteristics

	SeqBCI	SimBCI
The number of patients		
Male	5	3
Female	1	6
Average age in operation (months)		
1st implantation	$28.3 \pm 11.2$	$22.36 \pm 15.1$
2nd implantation	$73.8 \pm 20.7$	
Interimplant interval (months)	$44.7 \pm 22.6$	

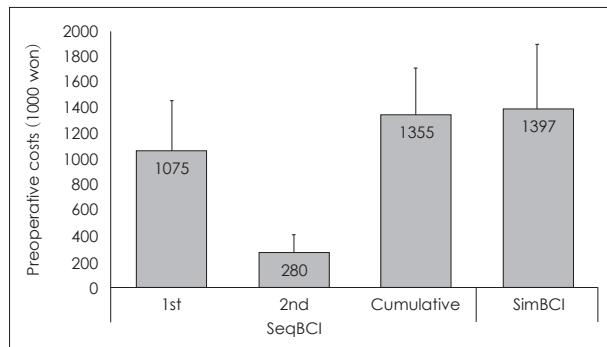
SeqBCI: sequential bilateral cochlear implants, SimBCI: simultaneous bilateral cochlear implants



**Fig. 1.** The operation time in the SimBCI group and the cumulative time in the SeqBCI group (A). The anesthetic time in the SimBCI group and the cumulative time in the SeqBCI group (B). \* $p<0.05$ . SeqBCI: sequential bilateral cochlear implants, SimBCI: simultaneous bilateral cochlear implants.



**Fig. 3.** The hospital days in the SimBCI group and the cumulative days in the SeqBCI group (A). The hospital costs in the SimBCI group and the cumulative costs in the SeqBCI group (B). \* $p<0.05$ . SimBCI: simultaneous bilateral cochlear implants, SeqBCI: sequential bilateral cochlear implants.



**Fig. 2.** The preoperative costs in the SimBCI group and the cumulative costs in the SeqBCI group. SimBCI: simultaneous bilateral cochlear implants, SeqBCI: sequential bilateral cochlear implants.

(Fig. 1B).

순차적 이식군의 수술 총 합계시간과 동시 이식군의 수술 시간은 통계적으로 유의한 차이가 없었지만( $p=0.08$ ), 순차적 이식군의 마취 총 합계시간은 동시 이식군의 마취시간보다 길었다( $p=0.01$ ).

#### 수술 전 소요비용

순차적 이식군에서, 첫 번째 이식시 수술 전 소요비용은 평균 1074754원, 두 번째 이식시 280118원으로 총 수술 전 소

요비용은 1354872원이었다. 반면 동시 이식군의 수술 전 소요비용은 1396793원으로, 통계적으로 유의한 차이는 없었다( $p=0.72$ )(Fig. 2).

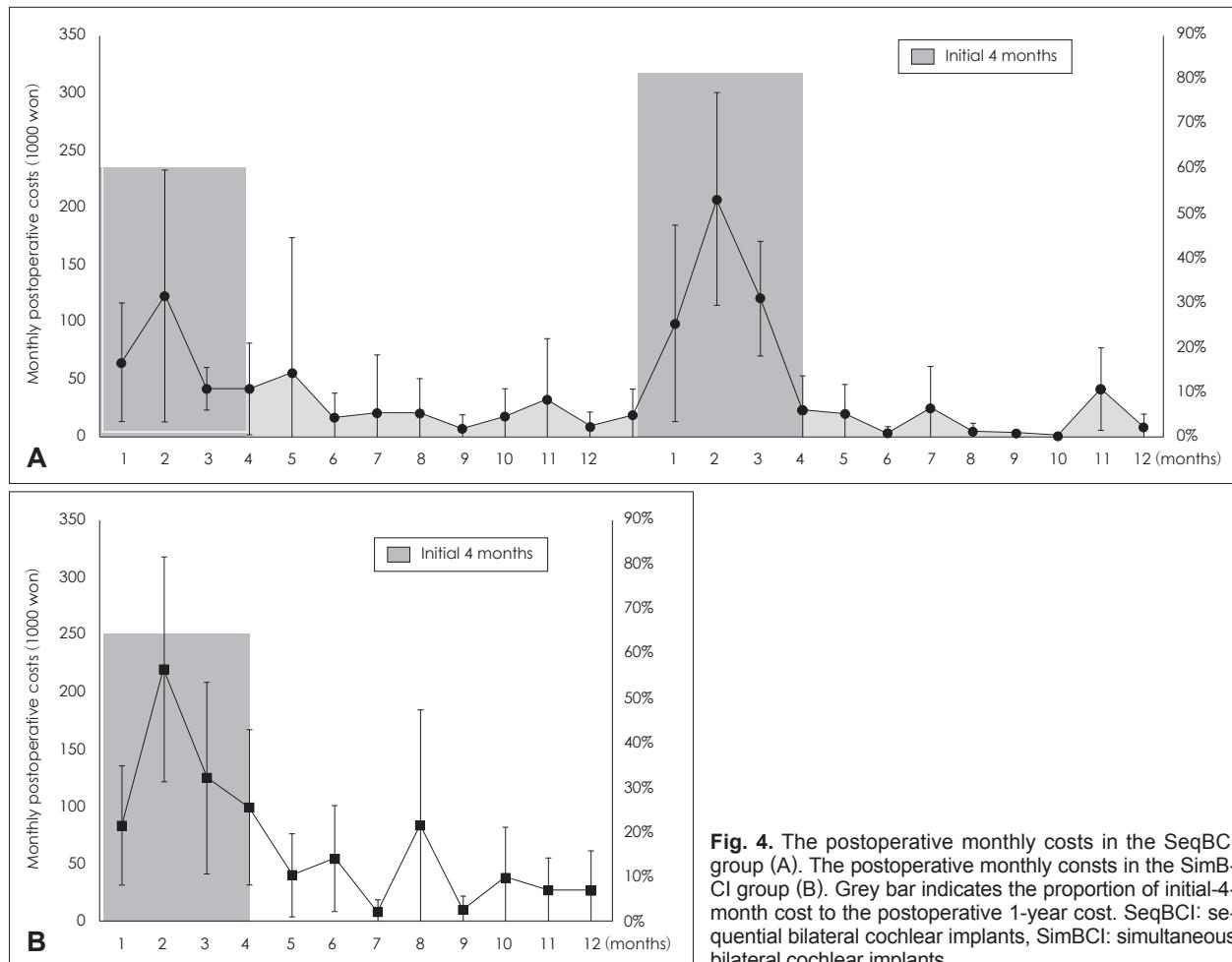
#### 입원기간 및 입원 중 소요비용

순차적 이식군에서, 첫 번째 이식시 입원기간은 평균 6.2일, 두 번째 이식시 4.2일로, 다소 차이가 있었다( $p=0.04$ ). 순차적 이식군의 총 입원기간은 평균 10.4일이었다. 반면 동시 이식군의 입원기간은 6.2분으로, 통계적으로 유의하게 순차적 이식군의 합계기간보다 적었다( $p=0.02$ )(Fig. 3A).

순차적 이식군에서, 첫 번째 이식시 입원 중 소요비용은 평균 24082713원이었고, 두 번째 이식시 24158366원으로 총 입원 중 소요비용은 48176734원이었다. 반면 동시 이식군의 입원 중 소요비용은 46073011원으로, 통계적으로 유의한 차이는 없었다( $p=0.90$ )(Fig. 3B).

#### 수술 후 소요비용

수술 후 1년간, 순차적 이식군에서, 첫 번째 이식시 수술 후 소요비용은 평균 447830원, 두 번째 이식시 551778원으로 총 수술 후 소요비용은 999608원이었다. 반면 동시 이식군의 수술 후 소요비용은 816121원으로, 통계적으로 유의하게 적었다



**Fig. 4.** The postoperative monthly costs in the SeqBCI group (A). The postoperative monthly costs in the SimBCI group (B). Grey bar indicates the proportion of initial 4-month cost to the postoperative 1-year cost. SeqBCI: sequential bilateral cochlear implants, SimBCI: simultaneous bilateral cochlear implants.

( $p=0.02$ ).

시간의 경과에 따른 비용의 변화를 조사한 결과, 이식술 후 비용의 60~80%가 술 후 4개월 이내에서 소요되었다(Fig. 4). 처음 수술 직후 4개월 동안, 순차적 이식군에서, 첫 번째 이식 시 수술 후 소요비용은 270103원, 두 번째 이식 시 449005원으로 총 수술 후 4개월 이내 소요비용은 719108원(72%)이었다. 반면 동시 이식군의 수술 후 소요비용은 527449원(65%)으로 순차적 이식군의 총 소요비용보다 더 적었다( $p=0.03$ ). 반면, 4개월 이후부터 12개월까지, 순차적 이식군에서, 첫 번째 이식 후 소요비용은 177727원, 두 번째 이식 후 102773원으로 총 소요비용은 280500원(28%)이었으며, 동시 이식군의 수술 후 소요비용은 288673원(35%)으로, 통계적으로 유의한 차이는 없었다( $p=0.63$ ).

## 고 찰

최근 양측 인공와우 이식의 방법으로 동시 이식이 많이 시

행되고 있으며,<sup>1)</sup> 여러 보고에 의해 동시 이식의 청력 및 언어 발달에 대한 장점은 널리 알려져 있다.<sup>[10,11]</sup> 또한, 비록 동시 이식에 의한 적은 출혈량이 16개월 이하의 어린 소아에서 문제가 될 수 있어 염두에 두어야 한다는 보고가 있지만,<sup>[14]</sup> 동시 이식은 임상적으로 안전한 것으로 알려져 있다.<sup>[12,13]</sup>

최근 한 메타분석에서는 성인에서 양측 인공와우 이식이 일측 인공와우 이식에 비해 비용효용적이지 않은 것 같다(unlikely to be cost effective)고 보고하였고, 다른 메타분석에서는 양측 인공와우 이식방법 중 동시 이식이 순차 이식보다 비용감소가 있음을 보고하였다.<sup>[15,16]</sup> 하지만 서구와 다른 국내의 비용 구조 상, 환자 및 보호자가 수술을 결정함에 있어서 중요한 비용-효용성 측면에서의 동시이식과 순차이식의 비교도 필요하다.

본 연구에서, 순차 이식군의 총 마취시간은 동시 이식군보다 유의하게 더 길었고, 수술시간은 동시 이식군에서 순차적 이식군에 비해 다소 적었지만 통계적 의의는 없었다. 또한, 수술 전 검사비용도 크게 차이를 보이지 않았는데, 이는 순차

적 이식군에서 첫 번째 수술 전 대부분의 검사를 진행하고, 두 번째 수술 전에는 특별한 추가 검사를 거의 시행하지 않기 때문이다.

입원기간은 예상한 대로 동시 이식군이 순차적 이식군의 절반 정도였다. 하지만, 특이하게도 입원 중 소요비용은 통계적인 차이를 보이지 않았다. 이는 국내 보험체계에서 입원 중 소요비용의 대부분을 인공와우 이식기 가격이 차지하기 때문이다. 본 연구에서도 이식기 비용이 입원 중 소요비용의 90%에 달했다. 따라서 단순히 입원기간 및 수술시간의 증가가 비용의 증가를 가져오지는 않았을 것으로 생각된다.

반면, 1년 동안의 수술 후 소요비용을 조사한 결과, 순차적 이식군의 소요비용이 동시 이식군에 비해 높음을 알 수 있었다. 하지만, 언어평가나 언어치료 내용이 각 기관마다 방법이나 횟수, 비용 등이 각기 다를 수 있기 때문에 이를 보편적인 결과로 단정짓기에는 무리가 있을 것으로 생각된다. 하지만 여기서 특이할만한 점은, 모든 군에서 수술 후 4개월 이내에 전체 소요비용의 60~81%가 지출되었고, 이 시기에 수술 후 비용이 동시 이식군보다 순차적 이식군에서 더 높게 나타났다는 점이다. 그에 비해 수술 후 4개월부터 1년간의 비용은 상대적으로 적었고, 특히 1년 이후의 유지비용은 전체비용에 비해 아주 작은 수준으로 줄어들었다.

종합하면, 동시 이식군보다 순차적 이식군에서 총 마취시간, 입원기간과 수술 후 소요비용이 더 많은 것을 알 수 있었다. 하지만, 수술 전 검사비용, 수술 및 입원 중 소요비용은 큰 차이가 없었다. 따라서, 순차적 이식군에서 비용지출이 더 많은 이유는 늘어난 입원기간 때문이라기보다는 수술 후 비용 때문이라고 생각할 수 있다. 특히 술 후 4개월 이내의 초기 비용이 동시 이식군보다 순차적 이식군에서 더 많았던 것이 중요한 요인일 것으로 생각된다.

본 연구는 15명의 의무기록과 원무기록을 후향적으로 분석한 연구이기 때문에 여러 제한점들이 있다. 첫째, 순차적 이식군의 환자 수가 적어, 첫 번째와 두 번째 수술시간과 입원기간이 다소 차이가 있었다. 하지만, 마취시간 및 입원 후 소요비용은 통계적으로 유의한 차이는 없었다. 둘째, 기저질환, 이식기 모델의 차이, 성별 및 연령과 같은 결과에 영향을 끼칠 수 있는 여러 변수에 대해 매칭하여 비교하지 못하였기 때문에, 관련요인들에 대한 통제를 시행할 수 없었다. 확실한 결론을 얻기 위해, 보다 큰 환자 군을 대상으로 한 전향적 연구가 필요할 것으로 생각된다.

본 연구결과를 이용하여 환자 및 보호자의 술 전 상담에서 청각학적인 측면뿐만 아니라, 시간 및 비용의 측면에서 설명하고 양측 인공와우 이식술의 동시 이식을 권장하는 데 도

움이 될 것으로 기대한다.

### Acknowledgments

This work was supported by the Korea Research Foundation Grant funded by the Korean Government (Ministry of Education and Science Technology)(No. 2011-0028066).

### REFERENCES

- Peters BR, Wyss J, Manrique M. Worldwide trends in bilateral cochlear implantation. *Laryngoscope* 2010;120 Suppl 2:S17-44.
- Basura GJ, Eapen R, Buchman CA. Bilateral cochlear implantation: current concepts, indications, and results. *Laryngoscope* 2009; 119(12):2395-401.
- Steffens T, Lesinski-Schiedat A, Strutz J, Aschendorff A, Klenzner T, Rühl S, et al. The benefits of sequential bilateral cochlear implantation for hearing-impaired children. *Acta Otolaryngol* 2008; 128(2):164-76.
- Grieco-Calabu TM, Litovsky RY. Sound localization skills in children who use bilateral cochlear implants and in children with normal acoustic hearing. *Ear Hear* 2010;31(5):645-56.
- Van Deun L, van Wieringen A, Scherf F, Deggouj N, Desloovere C, Offeciers FE, et al. Earlier intervention leads to better sound localization in children with bilateral cochlear implants. *Audiol Neurotol* 2010;15(1):7-17.
- Scherf F, van Deun L, van Wieringen A, Wouters J, Desloovere C, Dhooge I, et al. Hearing benefits of second-side cochlear implantation in two groups of children. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol* 2007; 71(12):1855-63.
- Zeitler DM, Kessler MA, Terushkin V, Roland TJ Jr, Svirsky MA, Lalwani AK, et al. Speech perception benefits of sequential bilateral cochlear implantation in children and adults: a retrospective analysis. *Otol Neurotol* 2008;29(3):314-25.
- Van Deun L, van Wieringen A, Wouters J. Spatial speech perception benefits in young children with normal hearing and cochlear implants. *Ear Hear* 2010;31(5):702-13.
- Litovsky RY, Johnstone PM, Godar SP. Benefits of bilateral cochlear implants and/or hearing aids in children. *Int J Audiol* 2006;45 Suppl 1:S78-91.
- Gordon KA, Papsin BC. Benefits of short interimplant delays in children receiving bilateral cochlear implants. *Otol Neurotol* 2009; 30(3):319-31.
- Gordon KA, Valero J, Papsin BC. Auditory brainstem activity in children with 9-30 months of bilateral cochlear implant use. *Hear Res* 2007;233(1-2):97-107.
- Grainger J, Jonas NE, Cochrane LA. Simultaneous cochlear implantation in children: the Great Ormond Street experience. *Cochlear Implants Int* 2012;13(3):137-41.
- Ramsden JD, Papsin BC, Leung R, James A, Gordon KA. Bilateral simultaneous cochlear implantation in children: our first 50 cases. *Laryngoscope* 2009;119(12):2448-8.
- Anagiotos A, Beutner D. The impact of blood loss during cochlear implantation in very young children. *Eur Arch Otorhinolaryngol* 2013;270(9):2439-44.
- Crathorne L, Bond M, Cooper C, Elston J, Weiner G, Taylor R, et al. A systematic review of the effectiveness and cost-effectiveness of bilateral multichannel cochlear implants in adults with severe-to-profound hearing loss. *Clin Otolaryngol* 2012;37(5):342-54.
- Lammers MJ, Grolman W, Smulders YE, Rovers MM. The cost-utility of bilateral cochlear implantation: a systematic review. *Laryngoscope* 2011;121(12):2604-9.