대한방사선의학회지 2003;49:237 - 243

선천성 내이 기형: MR CISS 기법을 이용한 3차원 Volume Rendering 영상[1]

송종운 · 이인숙 · 김학진 · 고의경 · 김리석

목적: 선천성 내이 기형 환자에서 MR CISS 기법을 이용하여 내이의 3차원 용적 연출(volume rendering : VR)영상 소견을 알아보고자 하였다.

대상과 방법: 선천성 내이 기형이 의심되는 15명의 환자(남자 10명, 여자 5명; 연령 3개월 - 15세; 평균 연령 6.5세)를 대상으로 1.5 Tesla 초전도형 MR기기(Magnetom vision, Simens, Erlangen, Germany)를 이용하여 양측 내이의 CISS 영상(TR/TE/FA : 12.25ms/5.9ms/70 °) 을 얻은 후 workstation (advanced workstation, volume analysis, Voxtol 3.0.0, GE system) 에서 VR을 시행하였다. 3차원 VR 내이 영상에서 와우와 반규관의 형성 유무와 구조적 이상을 분석하였다.

결과: 15명의 환자에서 좌우 내이 총 30예의 3차원 VR 영상을 얻었으며 25예의 내이 영상에서 와우의 이상을 보였으며 불완전한 분할 18예, 저형성 2예, 심한 저형성 5예였다. 불완전 분할을 보인 경우는 1과1/2에서 1과1/3의 분할을 보였다. 상측 반규관은 정상 15예, 후측 반규관과의 공통 다리 무형성이 6예, 저형성 4예, 무형성 3예, 짧고 넓은 외형 2예, 낭성 방을 보인 경우가 2예였다. 후측 반규관은 정상 13예, 상측 반규관과의 공통 다리 무형성이 6예, 짧고 넓은 외형 5예, 무형성 4예, 저형성 3예였다. 외측 반규관은 정상 12예, 짧고 넓은 외형 7예, 늘어난 다리를 보인 경우가 5예, 넓은 외형 4예, 무형성 2예였다. 14명의 환자에서 양측 내이에 기형을 보였으며 7명의 환자가 양측 귀에 동일한 기형을 보였다.

결론: 3차원 VR 영상을 통해 다양한 와우 및 반규관의 형태학적 이상 소견을 관찰 할 수 있었으며 반규관의 기형은 와우 보다 복잡하고 다양한 양상을 보였다. MR CISS 기법을 이용한 3차원 VR 영상은 고식적 2차원 영상이 보여줄 수 없는 복잡한 와우 및 반규관의 형태학적 이상을 잘 보여 주며 내이에 생기는 선천성 기형의 평가에 유용하다.

감각신경성 난청을 가진 환자의 8 - 20%에서 선천성 내이 기형이 있으며(1) 이의 진단을 위한 여러 가지 영상 방법이 도입되었다. 1940년에 Camp and Allen에 의해서 내이 기형에 대한 단층 촬영이 처음으로 시행되었고(2). 고해상 단층 촬영이 도입으로 중이 및 내이의 구조 이상 진단에 많은 도움이 되었다. 이후 다양한 자기 공명 영상 기법이 내이 구조 이상을 알기 위해 이용되었으며, 3DFT CISS (three dimensional fourier transformation constructive interference in steady state) 기법을 이용한 자기 공명 영상은 뛰어난 척수액 신경 대조도를 얻을 수 있어 내이 기형의 진단에 좋은 방법이다(3 - 5).

내이는 작고 복잡한 구조물로서 상세한 해부학적인 구조를 알기 위해서는 많은 수의 2차원 영상이 필요하며 이런 많은 수의 2차원 영상을 판독할 때 숙련된 판독자 이외에는 이상 소견을 한번에 알아내기 힘들며 2차원 영상의 정보를 종합하여 판독자 자신만의 3차원적 구조를 머리 속으로 그려내어야 한다. 2차원 영상을 재구성하여 얻어낸 3차원 영상은 내이 구조의 이해와 2차원 영상의 판독에 도움을 준다. 그러나 국내에서는 이에 대한 연구가 부족한 상태이며 저자들은 선천성 내이 기형을 가진 환자들의 MR CISS 기법을 이용한 3차원 용적 연출(volume rendering : VR) 영상 소견을 알아보고자 하였다.

대상과 방법

임상적으로 선천성 내이 기형이 의심되는 15명의 환자(남자 10명, 여자 5명, 연령 3개월 - 15세: 평균 연령 6.5세)를 대

[1]부산대학교 의과대학 진단방사선과학교실
[2]부산대학교 의과대학 이비인후과학교실
[3]동아대학교 의과대학 이비인후과학교실
이 논문은 2003년 6월 11일 접수하여 2003년 8월 27일에 채택되었음.

상으로 1.5 Tesla의 초전도형 MR기기(Magnetom vision, Simens, Erlangen, Germany)를 사용하여 CISS 영상을 얻었다.

MR 스캔 방법으로 사용된 매개 변수로 repetition time/ echo time/ flip angle은 각각 12.25 msec/5.90 msec/70° 이었고 matrix는 205×256, field of view는 512×211, slab thickness는 32.4 mm, 총 검사 시간은 7분 42초였다. MR CISS 영상을 이용하여 workstation(advanced workstation, volume analysis, Voxtol 3.0.0, GE system)에서 VR을 시행하였다. 내이를 포함하는 복셀 값의 범위를 선택하여 재구성에 필요한 영역을 추출한 뒤 불필요한 부분을 없애는 작업(segmentation)을 시행하였다. 이후 불투명도 곡선(opacity curve) 모양을 선택하고 가시 복셀 값의 범위를 하한가 175에서 상한가 400으로 정하고 최대 불투명도(maximum opacity)를 70%로 설정하여 3차원 VR 영상을 얻었으며 총 6방향(anterior, posterior, superior, inferior, anterior oblique, posterior oblique)의 영상을 만들어 저장하였다(Fig. 1).

총 30개 내이의 VR 영상에서 와우, 상측 반규관, 후측 반규관, 외측 반규관의 형성 정도와 구조적 이상을 분석하였다. 와우는 Jackler(1)에 의한 분류에 따라서 정상, 무형성, 저형성, 불완전 분할로 구분하였으며 각각의 반규관은 해부학적인 명명을 이용하여 이상 소견을 기술하였다.

결 과

영상은 성공적인 내이 구조의 3차원 영상을 보여 주었다. 한쪽 귀의 VR 영상을 만드는데 약 6분 정도의 시간이 소요되었다. 25개의 3차원 내이 영상에서 와우의 이상을 보였으며 불완전한 분할 18예, 저형성 2예, 심한 저형성 5예였다. 양측에 동일한 와우의 기형을 보인 경우가 11명이었다. 저형성의 경우에 1/2 - 2/3 분할이 2예, 분할이 거의 없는 심한 저형성이 5예였다(Fig. 2, 3). 불완전 분할을 보인 경우는 1과 1/3에서 1과 1/2의 분할을 보였다(Fig. 4, 5).

상측 반규관은 정상 15예, 후측 반규관과의 공통 다리 무형성(common crus aplasia) 이 6예, 저형성 4예, 무형성 3예, 짧고 넓은(short and broad) 외형 2예, 낭성 방(cystic chamber)을 보인 경우가 2예였다(Fig. 2, 4). 후측 반규관은 정상 13예, 상측 반규관과의 공통 다리 무형성이 6예, 짧고 넓은 외형 5예, 무형성 4예, 저형성 3예였다(Fig. 2 - 6). 외측 반규관은 정상 12예, 짧고 넓은 외형 7예, 확장된 다리(dilated crus)를 보인 경우가 5예, 넓은 외형 4예, 무형성 2예였다(Fig. 2, 4 - 6). 7명의 환자가 양측 귀에 동일한 기형을 보였으며 나머지 8명은 양측이 다른 기형을 보였다(Table 1).

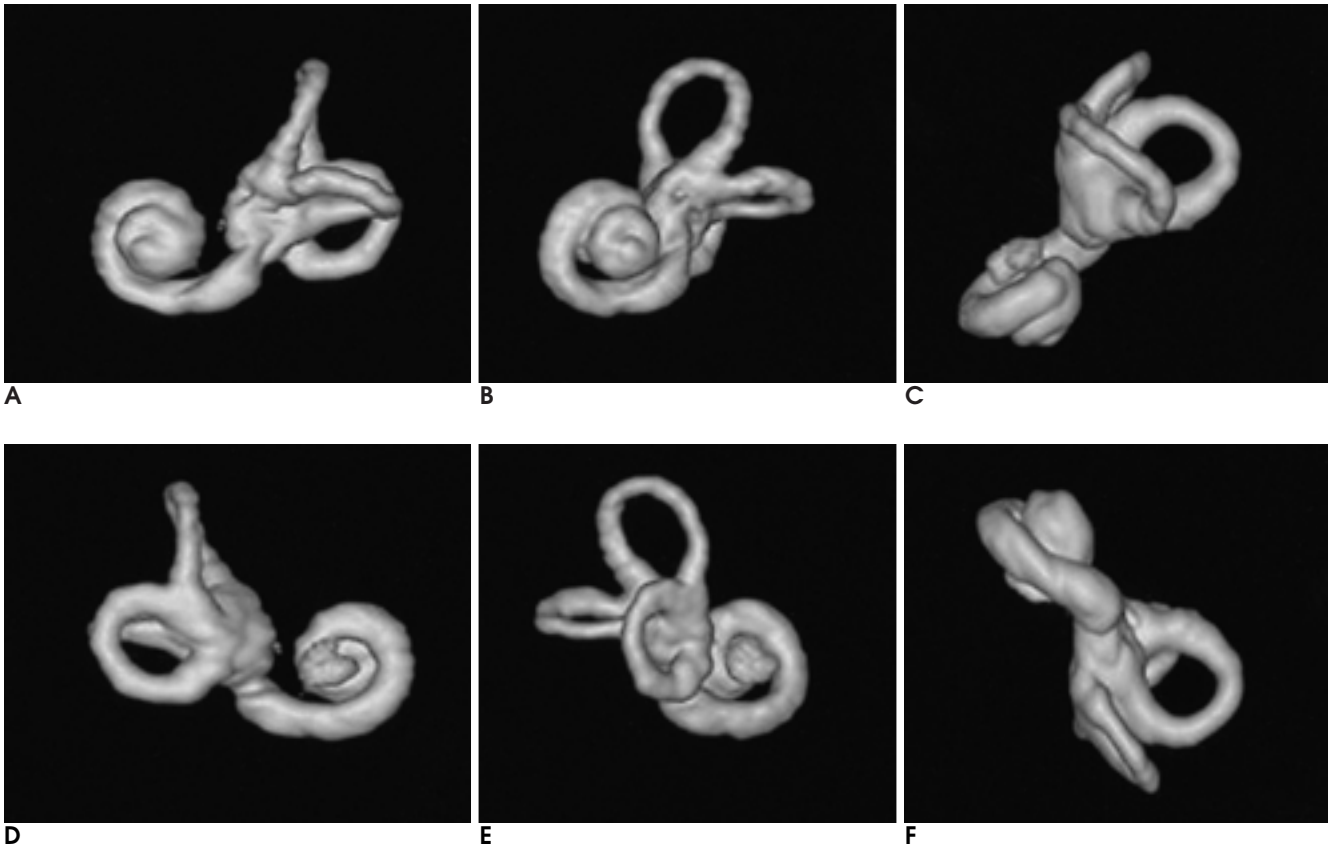

Fig. 1. Three dimensional volume rendering image using MR CISS axial image of normal left inner ear in a 10-year-old boy. **A**) anterior oblique view, **B**) anterior view, **C**) superior view, **D**) posterior oblique view, **E**) posterior view, **F**) inferior view.

고 찰

내이는 막성 미로와 골성 미로로 나누어지며 막성 미로는 감각 미로와 비감각 미로로 구성된다. 감각 미로는 와우와 전정부로 구분되며 와우는 3개의 평행한 액체가 채워진 관을 가진 코일 모양의 구조물로 2와 3/4회전을 보이고 바깥의 전정계, 안쪽의 고실계, 그리고 중심부의 작은 와우관으로 구성되어 있으며 전정부는 난형낭, 구형낭, 반규관으로 나누어지고 이들의 내부에는 내림프액으로 채워져 있다. 비감각 미로는 내림프낭과 내림프관으로 구성되며 내림프액의 흡수에 관여한다(6).

내이는 태생 22일경에 이판이 발달중인 후뇌의 양측면에 생기며 이후 주위의 간엽 조직으로 함입되어 이와를 형성하고 태생 5주 경에 이포를 형성한다. 이포는 복측부와 배측부로 분화되면서 복측부는 와우낭과 구형낭을 형성하고 배측부는 난형낭, 반규관, 내림프낭을 형성한다. 태생 10주가 되면 성인과 같은 형태의 막성 미로가 형성되며 태생 26주 경에는 발생이 완성된다(1, 6). 선천성 내이 기형은 막성 혹은 골성 미로의 각 발생 단계 중 어느 한 단계의 장애로 일어난다(1).

Jackler(1)는 내이의 선천성 기형을 내이 발생의 한 단계에 발달 정지로 인하여 생긴다고 가정하고 이에 근거하여 내이 기형을 분류하였으며 와우 기형의 스펙트럼을 미로 무형성(labyrinthin aplasia), 와우와 전정부의 공통 와(common cavity), 와우 무형성(cochlea aplasia), 와우 저형성(cochlea hypoplasia), 불완전 분할(incomplete partition)으로 나누었으며 미로 무형성의 경우, 와우는 작은 낭성 와 또는 몇 개의 작

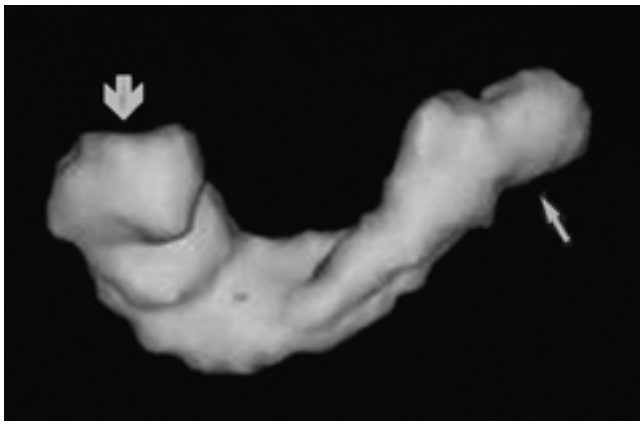

Fig. 2. A 4-year-old girl with hypoplasia of cochlea and aplasia of semicircular canal. Anterior oblique view of 3D volume rendering image shows a small bud like cochlea (large white arrow) and complete absence of semicircular canals (small white arrow).

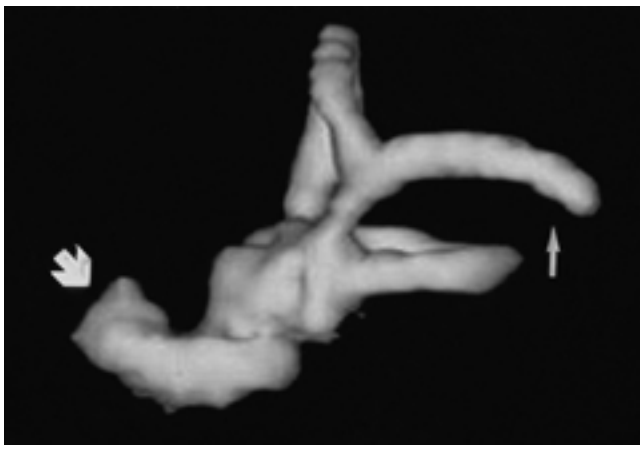

Fig. 3. A 10-year-old boy. Posterior oblique view of 3D volume rendering image shows severe hypoplasia of cochlea (large white arrow) and hypoplasia of posterior semicircular canal (small white arrow).

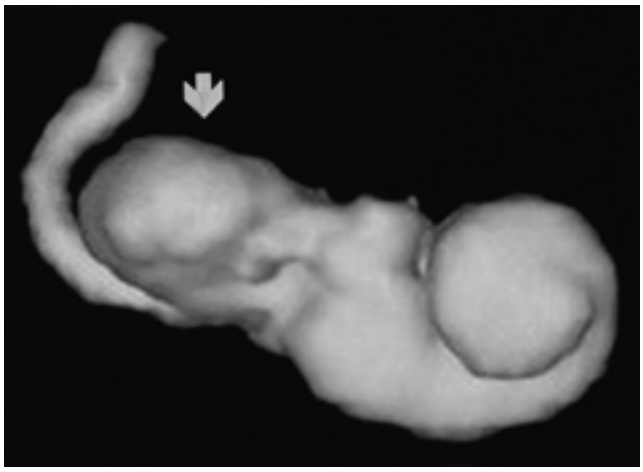

Fig. 4. A 2-year-old boy with multiple anomalies of cochlea and semicircular canals. Anterior oblique view of 3D volume rendering image shows incomplete partition of cochlea, common crus aplasia, hypoplasia of superior semicircular canal, broad shape of lateral semicircular canal(white arrow).

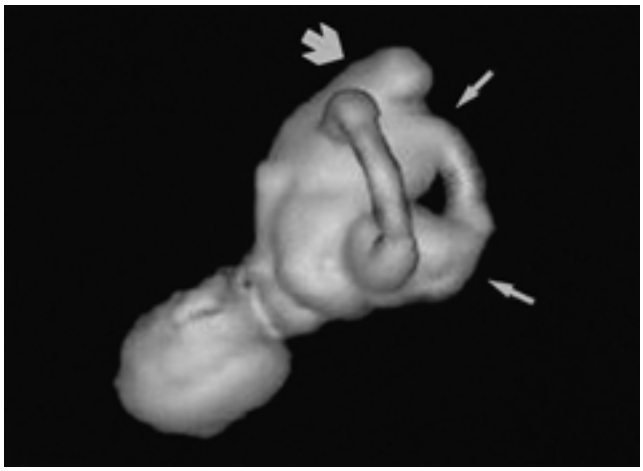

Fig. 5. A 2-year-old boy, Superior view of 3D volume rendering image shows incomplete partition of cochlea, short and broad shape of posterior semicircular (large white arrow) and dilated crus of lateral semicircular canal (small white arrow).

은 와로 보이며 임신 3주 때 발달 장애로 생긴다. 임신 4주 때 발달 장애 시 와우와 전정이 공통 와를 보이고, 무형성에서 와우는 하나의 와로 관찰되며 임신 5주 때 발달 장애로 생기며, 저형성에서 와우는 작은 rudimentary bud로 관찰되고 임신 6주 때 발달 장애로 생긴다. 불완전 분할에서 와우는 작은 크기를 가지면서 기저 회전은 관찰되지만 두 번째 그리고 첨부 회전은 관찰되지 않고 공통 와를 보이며 임신 7주 때 발달 장애로 생기고 이는 1971년 Mondini에 의해 처음으로 기술 되었으며 커진 전정 수관(enlarged vestibular aqueduct) 다음으로 소아의 선천성 감각 신경성 난청의 2번째 가장 흔한 원인이다(7). 반규관의 경우 후측 반규관은 적절한 영상을 얻기 어려워 상측 및 외측 반규관의 기형의 소견만이 기술되어 있으며 외측 반규관의 기형이 가장 흔하고 상측 반규관의 경우 외측 반규관의 기형이 항상 동반되었으며 이는 반규관 형성이 상측, 후측, 그리고 외측 반규관 순의 발달에 의한 것으로 설명되고 있다(1).

저자들의 경우에 와우의 기형은 불완전 분할이 18예로 가장 많은 빈도를 차지 하였으며 양측 와우에 기형을 가진 경우가

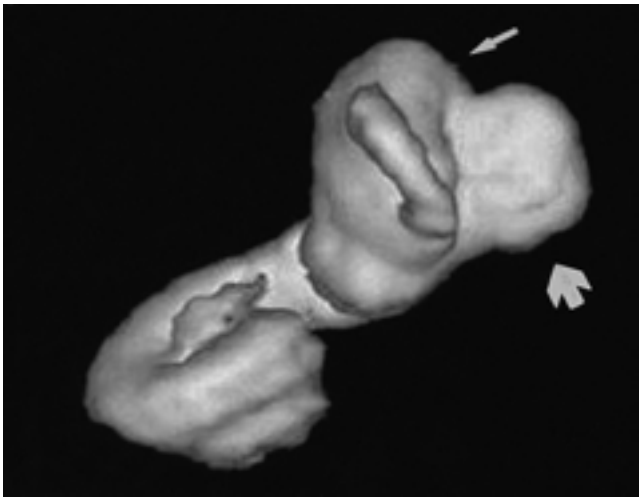

Fig. 6. A 5-year-old boy, Superior view of 3D volume rendering image shows short and broad shape of posterior (large white arrow) and lateral semicircular canal (small white arrow).

Table 1. Anomalies of Cochlea and Semicircular Canals on the Three Dimensional Volume Rendering Images in 15 Patients

No.	Sex	Age	R/L*	Cochlea†	SSCC‡	PSCC‡	LSCC‡
1	M	8	Rt	IP	aplasia	aplasia	B
			Lt	IP	CCA	CCA	S/B
2	M	10	Rt	SH	CCA	CCA	B
			Lt	SH	CCA	CCA	B
3	M	10	Rt	SH	N	H	N
			Lt	SH	N	H	N
4	M	2	Rt	IP	CCA, hypoplasia	CCA	B
			Lt	IP	N	S/B	dilated crus
5	F	11	Rt	IP	N	N	N
			Lt	IP	N	N	N
6	M	2	Rt	IP	N	N	N
			Lt	IP	N	N	N
7	M	3m	Rt	IP	N	N	S/B
			Lt	IP	N	N	N
8	M	5	Rt	IP	N	S/B	S/B
			Lt	IP	N	S/B	S/B
9	F	4	Rt	SH	aplasia	aplasia	aplasia
			Lt	H	aplasia	aplasia	aplasia
10	M	9	Rt	H	H,CCA	H,CCA	short/broad
			Lt	N	N	N	N
11	M	2	Rt	IP	N	N	N
			Lt	IP	N	aplasia	N
12	F	4	Rt	N	S/B	S/B	S/B
			Lt	N	S/B	S/B	S/B
13	M	12	Rt	N	cystic chamber	N	N
			Lt	N	cystic chamber	N	N
14	F	15	Rt	IP	N	N	dilated crus
			Lt	IP	N	N	dilated crus
15	F	10	Rt	IP	H	N	dilated crus
			Lt	IP	CCA	CCA	dilated crus

Note. - PSCC = posterior semicircular canal, LSCC = lateral semicircular canal, SSCC = superior semicircular canal

* : R/L, right or left; Rt, right; Lt, left

† : IP, incomplete partition; H, hypoplasia; SH, severe hypoplasia; N, normal

‡ : CCA, common crus aplasia; B, broad; S/B, short and broad; H, hypoplasia; N, normal

12명으로 이 중 11명에서 동일한 와우 기형을 보였다. 반규관의 기형은 외측 반규관의 이상이 가장 많았으며 다음으로 후측, 상측 반규관 순으로 관찰되었으며 양측 반규관의 기형은 10명에서 관찰되고 이 중 6명에서 동일한 기형을 보였다. 정상 와우를 보이면서 반규관의 이상 소견을 가진 경우는 4예가 있었으며 반규관은 정상이고 와우가 이상 소견을 보인 경우는 6예였다. 외측 반규관은 정상이면서 후측 반규관의 이상을 보인 경우는 3예였으며 무형성 1예, 저형성 2예였다. 외측 반규관이 정상이면서 상측 반규관의 이상을 보인 경우는 낭성 방 2예였다. 상측 반규관은 정상이면서 후측 반규관의 이상을 보인 경우는 5예였다.

와우의 발생은 태생 8주경에 완결되며 반규관의 발생은 태생 6주경에 시작하여 19 - 22주경에 완성되며 상측 반규관이 가장먼저 생기며 외측 반규관이 가장 늦게 형성된다. 발달 단계에 따르면 본 증례에서 외측 반규관이 정상이면서 상측이나 후측 반규관의 이상을 보인 경우나 상측 반규관은 이상을 보이지만 후측 반규관이 정상을 보인 경우는 발달 단계의 정지에 의한 내이 기형의 발생에 속할 수 없으며 Casselman (5), Parnes (8) 등의 보고에서도 모든 내이 기형을 발달 정지설로 설명할 수는 없다고 기술하였다. 본 증례에서 와우 기형과 반규관 기형을 살펴보면 반규관의 기형이 더 다양하고 복잡한 양상의 기형을 보여 주고 있어 기형의 특정한 범주를 규정하기가 힘들 것으로 판단되며 반규관의 이런 다양하고 복잡한 양상의 기형은 발달 정지설을 고려하면 발생 완결의 기간이 와우 보다 길어 좀더 다양한 시기의 발달 이상으로 인한 양상의 가능성도 있을 것으로 추정된다.

지금까지 내이의 구조 이상을 진단하기 위하여 여러 가지 진단 방법이 사용되어 왔으며. CT는 골조직의 미세 묘사가 가능하여 내이의 기형과 와우 회전의 정도와 경정맥구의 위치 등의 구조이상과 이경화증, 유양돌기염, 외상, 진주종 및 중이강과 골성 병변의 진단에 도움을 주지만 연조직과 골조직의 부분 체적 평균과 골단부에 생기는 선경화 효과 및 제한된 두께의 절편 등의 문제로 내이 질환의 진단에서 연조직의 병적 변화를 관찰하는 데는 부적절하였다 (9). MR은 다축 영상을 얻을 수 있으며 고해상 CT와 거의 같거나 더 우월한 조직 대조도를 보여 주어 내이의 해부학적 상세 구조 및 국소 병변을 잘 평가할 수 있다 (10). 내이의 구조와 이상을 알기 위한 여러 가지 MR 기법이 도입되었으며 최근에 개발된 CISS 영상이 소뇌 교각과 내이에서 연조직에 비해 액체 신호 강도를 높게 보여 줌으로써 병변을 잘 발견할 수 있으며 0.5 mm까지 절편 두께를 줄일 수 있으면서도 뇌척수액과 같은 액체 성분과 연부조직 간에 현저한 대조도를 보여 주며 비교적 촬영시간이 짧고 주로 뇌척수액으로 둘러싸인 내이나 소뇌 교각, 뇌간 주위의 소혈관, 뇌신경 등의 구조물을 비교적 자세하게 보여주는 것으로 알려져 있다 (3 - 5).

중이와 내이는 복잡한 구조물로 모든 3차원 방향성을 가지고 있어 해부학 구조를 잘 보여주는 가장 적절한 하나의 스캔면을 잡기 힘들고 얻어낸 평면 영상만으로 정확한 구조를 알기가 어려워서 정확한 해부 구조를 알기위한 다양한 3차원 재구성 영상 방법이 도입되었다 (11, 12).

3차원 재구성은 평면상의 CT와 MR 영상을 가상의 3차원 영상으로 변형시키는 컴퓨터 알고리즘이다. 가장 흔하게 사용되는 3차원 재구성 기법은 shaded surface display (SSD), maximum intensity projection (MIP), volume rendering (VR) 이 있으며 각각의 영상의 차이는 복셀의 선택과 강조 방법에 따라 달라지며 복셀의 선택은 재구성하려는 2차원 영상의 픽셀 매트릭스에 부합하는 데이터를 통과하는 투시 선에 의하여 이루어진다 (13, 14).

VR은 특정 색과 불투명도를 CT와 MR 영상 정보의 감쇄와 신호강도에 적용하여 전시되는 복셀 그룹을 선택하며 이런 복셀 들의 정보들이 투시하는 선을 따라서 모아지고 각각의 복셀들의 정보는 화면상의 3차원 영상으로 표현된다. VR은 용적 정보의 손실이 없으며 깊이 정보 (depth information)를 제공하며 아주 작은 편집과 실시간 분류가 가능하며 부분 체적 평균 효과가 적고 미세한 병변의 발견이 용이하다 (13 - 16).

내이의 3차원 연출에 있어서 SSD는 CT 영상를 이용할 경우 부분 체적 평균 효과로 인하여 내이를 둘러싸는 골성 구조물의 완전한 억제가 힘들다. 하지만 MR 영상을 이용할 경우에 부분 체적 평균 효과가 적고 액체로 채워진 막성 미로와 골조직 사이의 높은 신호 대비도로 인하여 이상적인 역치를 적용하여 막성 미로의 명확하고 선명한 재구성이 가능하여 전정부와 반규관의 뛰어난 공간 묘사가 가능하다 (15). 하지만 SSD 영상은 깊이 정보가 VR보다는 떨어지며 이용 가능한 정보의 일부만을 이용하므로 데이터의 손실을 가져올 수 있어 깊이와 세밀함이 VR보다 떨어진다 (13, 18).

MIP는 깊이 정보 없이 밀도 정보 (density information)만을 가지며 밀도가 낮은 얇은 구조물들은 어둡게 표현이 되며 표면 구조물의 작은 변화를 표현하기가 힘들고 와우와 반규관 같은 곡선을 가진 구조물에서 경계부가 흐릿하게 표현되는 단점이 있다. 하지만 평면 2차원 영상에서 생기는 부분 체적 평균 효과를 해결할 수 있어 와우의 회전 정도를 정확하게 알아 낼 수 있다 (13, 17, 18).

VR은 용적의 소실 없이 SSD와 MIP보다 높은 질의 3차원 영상을 보여줄 수 있으며 특히 내이와 같은 복잡한 구조물의 영상에 적합한 방법으로 전정부와 반규관의 뛰어난 공간 묘사가 가능하다. 반면에 와우의 첨부 회전(apical widening)의 묘사는 떨어진다 (17, 18).

내이의 횡단면 MR CISS 영상은 안면 신경과 전정 와우 신경을 잘 보여주며 내이 주변의 연부조직의 병적 상태를 잘 보여 주고 전정 수관 (vestibular aqueduct)과 와우 관 (cochlea aqueduct)등의 얇고 직선의 소관 형태의 구조물을 잘 보여주지만 와우의 회전 정도나 전정부, 반규관같은 복잡한 곡선 구조물의 경우에는 관찰이 용이하지 않다 (10, 16).

본 연구에서 MR CISS 영상을 이용한 3차원 VR 영상은 와우 기저 회전의 영상 및 복잡한 곡선 구조의 반규관을 잘 보여 주었으며 난청 환자에서 와우 이식술 (cochlea implantation)의 대상자 선정에 도움을 줄 수 있다. 와우 이식술은 현재 사용되는 치료 방법으로 시술 대상의 선정을 위한 내이 및

중이의 정확한 영상 진단은 중요한 역할을 한다. 이식술 시행 시에 전극을 와우 기저 회전부의 고실계 또는 전정계에 삽입하게 되며 내 림프액이 채워진 공간을 잘 보여주는 MR CISS 영상을 이용한 3차원 VR 영상은 기저회전의 협착 정도를 보여주며 수술에 도움을 줄 수 있다. 또한 와우가 형성되어 있지 않은 경우는 와우 이식술의 적응증이 되지 못하며 이런 와우 기형을 확인하여 수술 대상자의 선정에 도움을 준다(19, 20).

본 연구에서 3차원 VR 영상을 통해 다양한 와우 및 반규관의 형태학적 이상 소견을 관찰 할 수 있었으며 반규관의 기형은 와우 보다 복잡하고 다양한 양상을 보였다. MR CISS 기법을 이용한 3차원 VR 영상은 고식적 2차원 영상이 보여줄 수 없는 복잡한 와우 및 반규관의 형태학적 이상을 잘 보여 주며 내이에 생기는 선천성 기형의 평가에 유용하다.

참 고 문 헌

1. Jackler RK, Luxford WM, House WF. Congenital malformations of the inner ear: a classification made on embryogenesis. *Laryngoscope* 1987;97:2-14
2. Phelps PD. Ear dysplasia after Mondini. *J Laryngol Otol* 1994;108: 461-465
3. Casselman JW, Kuhweide R, Deimling M, Ampe W, Dehaene I, Meeus L. Constructive interference in steady state-3DFT MR imaging of the inner ear and cerebellopontine angle. *AJNR Am J Neuroradiol* 1993;14:47-57
4. Casselman JW, Kuhweide R, Ampe W, Meeus L, Steyaert L. Pathology of the membranous labyrinth: comparison of T1- and T2- weighted and gadolinium-enhanced spin-echo and 3DFT-CISS imaging. *AJNR Am J Neuroradiol* 1993;14:59-69
5. Casselman JW, Kuhweide R, Ampe W, et al. Inner ear malformations in patients with sensorineural hearing loss: detection with gradient-echo (3DFT-CISS) MRI. *Neuroradiology* 1996;38:278-286
6. Mafee, MF. Congenital sensorineural hearing loss and enlarged endolymphatic sac and duct: role of magnetic resonance imaging and computed tomography. *Top Magn Reson Imaging* 2000;11:10-24
7. Lowe LH, Vezina LG. Sensorineural hearing loss in children *Radiographics* 1997;17:1079-1093
8. Parnes LS, Chernoff WG. Bilateral semicircular canal aplasia with near normal cochlear development. Two case reports. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1990;99(12):957-959
9. Brogan M, Chakeres DW, Schmalbrock P. High-resolution 3DFT MR imaging of the endolymphatic duct and soft tissues of the otic capsule. *AJNR Am J Neuroradiol* 1991;12:1-11
10. Westerhof JP, Rademaker J, Weber BP, Becker H. Congenital malformations of the inner ear and the vestibulocochlear nerve in children with sensorineural hearing loss: evaluation with CT and MRI. *J Comput Assist Tomogr* 2001;25:719-726
11. Schubert O, Sartor K, Forsting M, Reisser C. Three-dimensional computed display of otosurgical operation sites by spiral CT. *Neuroradiology* 1996;38:663-668
12. Seemann MD, Seemann O, Bonel H, et al. Evaluation of the middle and inner ear structures: comparison of hybrid rendering, virtual endoscopy and axial 2D source images. *Eur Radiol* 1999;9: 1851-1858
13. Calhoun PS, Kuszyk BS, Heath DG, Carley JC, Fishman EK. Three-dimensional volume rendering of spiral CT Data: theory and method. *Radiographics* 1999;19:745-764
14. Udupa JK. Three-dimensional visualization and analysis methodologies: A current perspective. *Radiographics* 1999;19:783-806
15. Tomandl BF, Hastreiter P, Rezk-Salama C, et al. Local and remote visualization techniques for interactive direct volume rendering in neuroradiology. *Radiographics* 2001;21:1561-1572
16. Neri E, Caramella D, Cosottini M, et al. High-resolution magnetic resonance and volume rendering of the labyrinth. *Eur J Radiol* 2000;10:114-118
17. Krombach GA, Schmitz-Rode T, Tacke J, Glowinski A, Nolte-Ernsting CC, Gunther RW. MRI of the inner ear: comparison of axial T2-weighted, three-dimensional turbo spin-echo images, maximum-intensity projections, and volume rendering. *Invest Radio* 2000;35:337-342
18. Miyashita H, Isono M, Murata K, Nakayama K, Tanaka H, Ishikawa M. Three-dimensional magnetic resonance imaging findings of inner ear anomaly. *Acta Otolaryngol Suppl* 2000;542:67-70
19. Marsot-Dupuch K, Meyer B. Cochlea implant assessment: imaging issues. *Eur J Radiol* 2001;40:119-132
20. Murugasu E, Hans P, Jackson A, Ramsden RT. The application of three-dimensional magnetic resonance imaging rendering of the inner ear in assessment for cochlear implantation. *Am J Otol* 1999;20:752-757

대한방사선의학회지 2003;49:237 - 243

Congenital Inner Ear Malformation: Three Dimensional Volume Rendering Image Using MR CISS Sequence[1]

Jong Woon Song, M.D., In Sook Lee, M.D., Hak Jin Kim, M,D.,
Eui Kyung Goh, M.D., Lee Suk Kim, M.D.

[1]*Department of Diagnostic Radiology, College of Medicine, Pusan National University*
[2]*Department of Otolaryngorhinology, College of Medicine, Pusan National University*
[3]*Department of Otolaryngorhinology, College of Medicine, Dong-A University*

Purpose: To evaluate three-dimensional volume-rendering of congenital inner-ear malfornations using the MR CISS (Constructive Interference in Steady State) sequence.

Materials and Methods: MR CISS images of 30 inner ears of 15 patients (M:F=10:5; mean age, 6.5years) in whom inner-ear malfornation was suspected were obtained using a superconducting Magnetom Vision System (Simens, Erlangen, Germany), with TR/TE/FA parameters of 12.25 ms/5.9 ms/70°. The images obtained were processed by means of the volume rendering technique at an advanced workstation (Voxtol 3.0.0; GE Systems, advanced workstation, volume analysis). The cochlea and three semicircular canals were morphologically evaluated.

Results: Volume-rendered images of 25 inner ears of 13 patients demonstrated cochlear anomalies in the form of incomplete partition ($n=18$), hypoplasia ($n=2$), and severe hypoplasia ($n=5$). For the superior semicircular canal, findings were normal in 15 ears, though common crus aplasia ($n=6$), hypoplasia ($n=4$), aplasia ($n=3$), and a short and broad shape ($n=2$) were also observed. The posterior semicircular canal of 13 ears was normal, but common crus aplasia ($n=6$), a short and broad shape ($n=5$), aplasia ($n=4$), hypoplasia ($n=3$) were also identified. Twelve lateral semicircular canals, were normal, but other images depicted a short and broad shape ($n=7$), a dilated crus ($n=5$), a broad shape ($n=4$), and aplasia ($n=2$). In 14 patients the anomalies were bilateral, and in seven, the same anomalies affected both ears.

Conclusion: Three-dimensional volume rendering images of the inner ear depicted various morphological abnormalities of the cochlea and semicircular canals. At that locations, anomalies were more complicated and varied than in the cochlea. Three-dimensional volume rendering imaging using the MR CISS technique provides anatomical information regarding the membranous labyrinth, and we consider this useful in the evaluation of congenital inner ear malformations.

Index words : MR CISS
Three-dimensional volume rendering
Congenital inner ear malformations

Address reprint requests to : Hak Jin Kim, M.D., Department of Diagnostic Radiology, Pusan National University Hospital
1-10, Ami-dong, Seo-ku, Busan 602-739, Korea.
Tel. 82-51-240-7371 Fax. 82-51-244-7534