대한영상의학회지 2004;50:407 - 414

뇌동맥류에서 용적묘사 기법을 이용한 3차원 전산화단층혈관조영술: 3차원 디지털감산혈관조영술과 비교[1]

신옥란[2] · 서정진 · 이은주 · 윤 웅 · 정용연 · 정태웅 · 김재규 · 박진균 · 강형근

목적: 뇌동맥류가 의심된 환자의 뇌동맥류의 평가에서 용적묘사(volume rendering, VR) 기법을 이용한 3차원 전산화단층혈관조영술(three - dimensional Computed Tomographic angiog - raphy, 3D - CTA)의 유용성을 3차원 디지털감산혈관조영시술(three dimensional subtraction angiography, 3D - DSA)과 수술 및 신경 중재적 시술소견과의 비교를 통해 평가하고자 하였다.

대상과 방법: 뇌동맥류가 의심되어 3D - CTA의 VR기법과 고식적 혈관조영술과 3D - DSA를 함께 시행하여 중재적 시술 혹은 수술소견을 통해 뇌동맥류로 확진된 50명의 환자를 대상으로 하였다. 두 명의 방사선과 의사가 각각의 영상에서 뇌동맥류를 진단하였고, 뇌동맥류를 발견한 경우 뇌동맥류의 위치, 크기, 경부, 방향을 판단하여 두 가지 기법과 수술및 신경 중재적 시술 소견과의 일치정도를 후향적으로 비교 분석하였다.

결과: 수술 혹은 중재적 시술에서 모두 65예의 뇌동맥류를 발견할 수 있었고 3D - CTA의 VR 기법상 총 61예(93.85%)의 뇌동맥류를 발견할 수 있었으며 3D - DSA에서 65예 중 63예(96.92%)를 발견할 수 있었다. 3D - CTA의 VR기법과 3D - DSA에서 발견 못했던 2개의 뇌동맥류는 후교통동맥과 중대뇌동맥의 2 mm의 뇌동맥류였다. 경부모양 확인이 가능하였던 경우는 3D - CTA의 VR기법에서 61예중 58예(95.1%), 3D - DSA상 전부(63예중 63예, 100%)로 3D - DSA가 약간 더 우수하였으며, 뇌동맥류의 방향은 3D - CTA의 VR 기법이나 3D - DSA에서 각각 발견된 경우는 의무 기록지의 수술 및 중재적 시술소견과 일치하였다.

결론: 3D - CTA의 VR기법은 뇌동맥류의 치료전 진단에 있어서 3D - DSA의 역할을 완전히 대체 할 수 없지만 비침습적인 방법으로 뇌동맥류의 발견, 크기 및 경부의 모양, 방향에 대하여 정확하게 파악할 수 있으며 뇌동맥류 주위 혈관상태를 평가할 수 있어 수술 및 중재적 혈관치료를 위한 계획 수립에 중요한 정보를 제공할 수 있는 유용한 방법이라고 생각한다.

뇌혈관 질환 중의 하나인 뇌지주막하 출혈은 약 75%가 뇌동맥류의 파열에 의한 것으로 알려져 있다(1). 뇌동맥류의 파열에 의한 뇌지주막하 출혈이 있을 경우 출혈 후 수일 내에 사망률이 높으며 특히 재출혈이 있을 경우 사망률이 급격히 증가하는 것으로 알려져 있다(2). 또한 혈관연축이나 국소 혈종 등에 의하여 심각한 합병증인 뇌경색이 동반될 수 있는데 이도 높은 사망률을 높이는 원인이 되며, 따라서 뇌동맥류는 증상발현 후 조기 진단과 치료가 원칙이 되고 있다(2). 뇌동맥류의 치료로 수술뿐만 아니라 최근 각광받고 있는 중재적 시술인 코일 색전술에 있어서도 뇌동맥류의 특성을 파악하는 것이 치료계획을 세우는데 크게 도움을 준다(3).

[1]전남대학병원 진단방사선과학교실
[2]중국연변종양병원
이 논문은 2003년 12월 24일 접수하여 2004년 3월 31일에 채택되었음.

뇌동맥류 파열에 의한 지주막하 출혈이 있는 환자를 진단하는데 있어서 현재까지는 뇌전산화단층촬영(computed tomog - raphy, CT)과 고식적 혈관조영술(conventional angiography, CA)이 기본적인 검사방법으로 되어 있다. 뇌CT에서 지주막하 출혈의 유무와 다른 질환을 배제한 후 CA를 시행하여 뇌동맥류의 정확한 위치와 특성을 파악 한 후 수술 계획을 수립하는 것이 아직도 일반적인 진단 방법으로 사용되고 있다(4). 최근에 3차원 디지털감산혈관조영술(three dimensional digital subtraction angiography, 3D - DSA)을 이용하여 아주 작은 3 mm 이하의 뇌동맥류도 진단할 수 있고, 뇌동맥류의 경부, 방향, 주위 혈관의 연축 정도를 더욱 잘 판단할 수 있게 되었다(5). 따라서 수술이나 신경 중재적 시술에서 많은 도움을 주는 것으로 알려져 있다(5, 6). 하지만 CA나 3D - DSA 모두 침습적 방법으로 검사전후 뇌혈관의 손상이나 혈관연축에 의한 뇌

경색 등 합병증, 그리고 조영제 주입에 따른 부작용이 발생할 수 있어 환자에게 많은 부담이 되는 단점이 있다.

따라서 이러한 단점을 극복하려는 대체 검사방법으로 뇌동맥류의 조기진단을 위해 전산화단층혈관조영술(Computed tomographic angiography, CTA)과 자기공명혈관조영술(magnetic resonance angiography, MRA) 등 여러 가지 방법들이 연구되고 있다(5, 6). 이 중 MRA는 뇌동맥류의 진단에 유용성이 많이 보고되었으나(7, 8), 조기출혈의 인지나 촬영시간이 많이 걸리거나, 고비용등의 단점 때문에 CTA의 유용성이 점점 더 부각되고 있다.

최근 사용되어지고 있는 나선식(spiral) 전산화단층촬영 기기는 단락이 없는 체적 정보를 얻을 수 있으며, 빠른 시간 내에 촬영할 수 있어, 조영제 주입 후 적절한 시간에 스캔을 시행함으로서 혈관에 대한 비침습적 조영영상을 얻을 수 있을 뿐만 아니라 이를 다시 다양한 3차원영상으로 재구성할 수 있는 장점이 있다. 지금까지 알려진 3차원 재구성영상 기법들에는 표면적묘사(surface shaded display, SSD)기법, 최대강도 투사(maximum intensity projection, MIP)기법과 용적묘사(volume rendering, VR)기법 등이 있다(6, 9). 이중 SSD기법을 이용한 3차원 전산화단층혈관조영술(three dimensional CT angiography, 3D-CTA)에 의한 뇌동맥류의 진단의 유용성은 많이 보고 되고 있다(5, 10, 11). 그러나 VR기법은 체적 안에 포함된 모든 복셀을 사용함으로써 MIP기법이나 SSD기법에서 발생하는 많은 정보의 소실을 막을 수 있어 새로운 3차원 재구성영상기법으로 주목을 받고 있다(5). 최근에 VR 기법에 대한 소프트웨어와 CT기기 등 하드웨어가 점점 발달하여 지금까지 많이 사용되었던 SSD기법을 VR기법으로 대체하려는 연구가 진행되고 있다(5). 현재 VR기법을 이용한 3D-CTA는 복부와 흉부등 다른 혈관 질환의 진단에 응용하는데 뇌동맥류의 진단에도 유용하다는 보고가 있었다(10-12).

이에 본 저자는 뇌동맥류가 의심되어 3D-CTA의 VR기법과 3D-DSA를 함께 시행한 환자들에서 이들 소견과 수술 및 중재적 시술소견을 비교하여 뇌동맥류의 진단에 있어서 3D-CTA VR기법의 진단적 가치를 알아보고자 하였다.

대상과 방법

2002년11월부터 2003년7월까지 임상적으로 뇌동맥류가 의심되어 3D-CTA의 VR기법 및 3D-DSA를 함께 시행하고 수술 혹은 중재적 시술을 통해 뇌동맥류로 확진 되어진 50명의 환자를 대상으로 하였다. 이들 환자들의 연령 분포는 38세부터 87세까지(평균 연령 57세)이였고 이중 남자는 18명, 여자는 32명 이였다. 이중 8명의 환자는 뇌지주막하 출혈을 동반하지 않았다.

3D-CTA는 Light speed QX-i(GE Medical Systems, Milwaukee, U.S.A.)기기를 이용하여 두경부의 국소 영상(topogram)을 얻은 후 120 kVp, 240 mAs, 1.25 mm 두께, 0.5 mm 간격으로, 120-150 ml의 비이온성 조영제(Ultravist 370.76% of Iopromide, Schering, Berlin, Germany)를 전주정맥(antecubital vein)을 통하여 초당 4ml의 속도로 급속 주입하고, 조영제 주입 후 30-40초 후에 안와 외이도 선을 기준으로 터키안 부분으로부터 윌리스환(Willis circle)이 잘 포함되는 부위까지 약 5cm 정도 scan하여 150개의 영상을 획득하였다. 이를 독립영상구성장치(Independent console, GE Medical systems, Milwaukee, U.S.A.)로 옮겨 내장되어 있는 프로그램을 이용하여 VR기법으로 뇌동맥류가 잘 보이는 위치를 정하여 3차원영상을 얻었다.

3D-DSA는 Advantx LCN plus system(GE Medical Systems, Milwaukee, U.S.A.) 혈관조영기를 이용하여 모든 환자에서 대퇴동맥(femoral artery)을 천자하여 양측 내경동맥 및 일측 혹은 양측 척추동맥을 각각 선택하여 혈관조영술을 시행하였다. 각각의 내경동맥 및 척추동맥 조영시 전후면과 측면 영상을 기본으로 얻었고 또한 필요에 따라 사위면(oblique view)와 같은 추가 투사 영상을 얻었다. 여기에 사용된 조영제는 비이온성(iobitridol, Xenetix 300)으로 6-8 ml를 주입하였다. CA를 시행 후 관심영역의 혈관을 다시 선택하여 비이온성 조영제 18 ml을 6초에 200° 회전각도로 18개의 회전영상을 얻었고 회전영상을 획득한 즉시 독립된 workstation(GE Medical Systems, Milwaukee, U.S.A.)으로 옮겨 뇌동맥류가 잘 보이는 위치를 정하여 내장되어 있는 프로그램을 이용하여 SSD 기법으로 3차원영상을 얻었다. 3D-CTA를 시행한 후 3D-DSA는 최고 3일(평균 36시간) 이내에 시행하였다.

2명의 방사선과 의사가 각각의 검사자체를 모르는 상태에서 영상에 대한 평가를 하였고, 차이가 생길 경우 협의하여 판정하였다. 각각의 3D-CTA VR영상과 3D-DSA 혈관촬영 영상을 보며 발견된 뇌동맥류의 위치, 크기를 알아보았다. 뇌동맥류의 크기는 뇌동맥류가 가장 잘 보이는 영상에서 가장 긴 직경을 측정하였고, 컴퓨터의 내장된 측정자를 이용하였다. 위치나 크기에 따라 뇌동맥류의 인지도, 민감도, 특이도를 구하였으며, 뇌동맥류의 특성화를 위해 뇌동맥류의 경부 파악, 방향

Table 1. Comparison of Aneurysm Detection between 3-Dimensional CT Angiogram with Volume Rendering Technique and 3-Dimensional Digital Subtraction Angiogram According to Location

Location	3D-CTA VR Number (%)	3D-DSA Number (%)	Surgery or Interventional (%)
A-com	16 (100)	16 (100)	16 (100)
P-com	16 (84.2)	18 (94.7)	19 (100)
MCA	19 (95)	19 (95)	20 (100)
ACA	3 (100)	3 (100)	3 (100)
ICA	4 (100)	4 (100)	4 (100)
SCA	2 (100)	2 (100)	2 (100)
RVA	1 (100)	1 (100)	1 (100)
Total	61 (93.85)	63 (96.92)	65 (100.0)

3D-CTA VR: 3-dimensional CT angiogram with volume rendering technique, 3D-DSA: 3-dimensional digital subtraction angiogram
A-com: anterior communicating artery, P-com: posterior communicating artery, MCA: middle cerebral artery, ACA: anterior cerebral artery, SCA: superior cerebellar, ICA: internal carotid artery, RVA: right vertebral artery

을 판단하여 수술소견 혹은 중재적 시술소견과 비교하였다. 수술소견은 의무 기록지를 참조하였다.

결 과

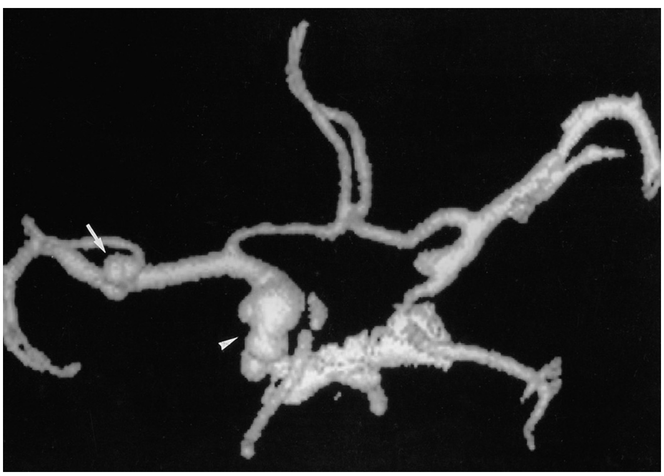
수술 혹은 중재적 시술에서 모두 65예의 뇌동맥류를 발견할 수 있었다. 뇌동맥류의 위치는 중대뇌동맥에 20예, 후교통동맥에 19예, 전교통동맥에 16예, 내경동맥에 4예, 전대뇌동맥에 3예, 상소뇌동맥에 2예, 그리고 척추동맥에 1예가 있었다. 11명의 환자에서 다발성 동맥류를 보였으며 9명의 환자에서 2개씩의 뇌동맥류를 가졌고, 나머지 2명의 환자에서 3개씩의 뇌동맥류를 보였다.

3D - CTA의 VR기법상 총 61예(93.85%)의 뇌동맥류를 발견할 수 있었는데, 후교통동맥에 19예 중 3예(84.2%), 중대뇌

Table 2. Comparison of Aneurysm Detection between 3-Dimensional CT Angiogram with Volume Rendering Technique and 3-Dimensional Digital Subtraction Angiogram According to Aneurysmal Size

Size (mm)	3D-CTA VR(%)	3D-DSA(%)	Surgery or Interventional (%)
≦3	13 (74.5)	15 (88.2)	17 (100)
3<S≦5	16 (100)	16 (100)	16 (100)
5<S≦10	26 (100)	26 (100)	26 (100)
10 <	6 (100)	6 (100)	6 (100)
Total	61 (93.85)	63 (96.92)	65 (100)

3D-CTA VR: three-dimensional computed tomographic angiogram with volume rendering technique, 3D-DSA: three-dimensional digital subtraction angiogram, S: size of aneurysm


A


B

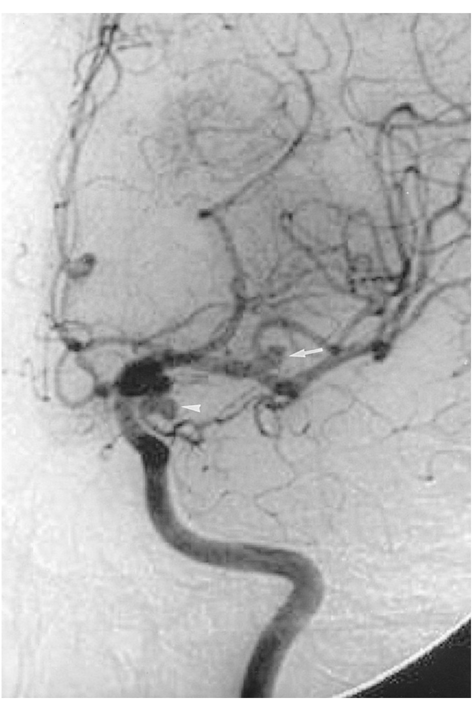

C

Fig. 1. A 38-year-old woman has two aneurysms on left posterior communicating artery and bifurcation of left middle cerebral artery.
Posteroanterior view of 3 D-CT angiogram with volume rendering technique (A), and lateral view of 3 D-digital subtraction angiogram (B), and anteroposterior view of conventional angiogram (C) shows one 8mm aneurysm on left posterior communicating artery (arrow) and the other 3mm aneurysm on left middle cerebral artery (arrowhead).

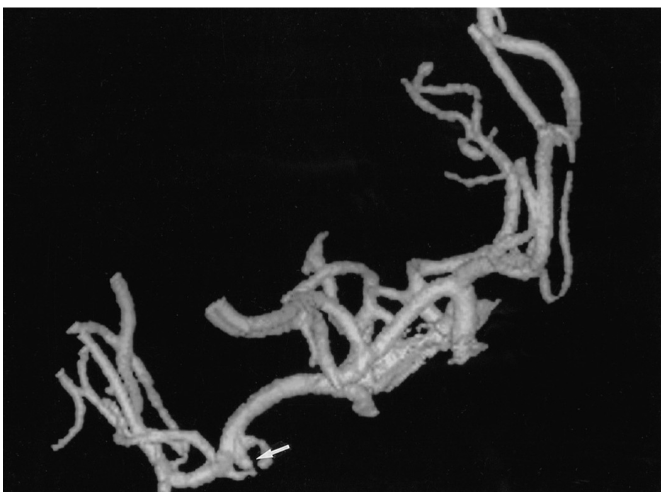
동맥에 20예 중 1예를 발견하지 못하였다(Table 1, Fig. 1). 3D-DSA에서는 65예 중 63예(96.92%)를 발견할 수 있었으며 각각 중대뇌동맥 20예 중 1예, 후교통동맥 19예 중 1예를 발견하지 못하였다. 3D-CTA의 VR기법에서 발견된 뇌동맥류는 3D-DSA에서 모두 발견할 수 있었다.

수술 혹은 중재적 시술에서 발견된 뇌동맥류의 크기는 3 mm 이하인 경우가 17예, 3 mm보다 크고 5 mm이하인 경우가 16예, 5 mm보다 크고 10 mm이하인 경우는 26예, 10 mm 보다 큰 경우가 6예였다. 3D-CTA의 VR기법에서 발견이 불가능하였던 2개의 뇌동맥류가 3D-DSA상 모두 후교통동맥에 있었으며 그 크기가 각각 3 mm, 2.5 mm으로 작았다(Table 2, Fig. 2). 3D-DSA에서 발견 못했던 2개의 뇌동맥류는 후교통동맥과 중대뇌동맥의 2 mm의 뇌동맥류였다. 뇌동맥류 크기의 측정에서 3D-CTA의 VR기법과 3D-DSA상 크기의 차이는 없었는데 측정자의 3차원 영상의 재구성 요령의 차이에 의한

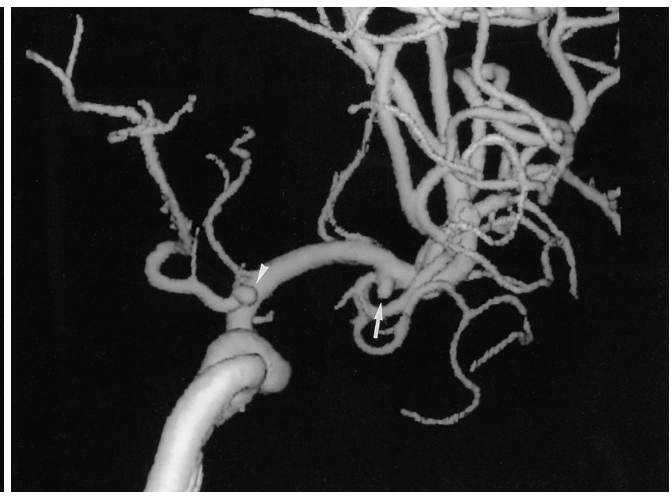
Table 3. Comparison of Sensitivity and Specificity in Aneurysm Detection between 3D-CT Angiography with Volume Rendering Technique and 3D-Digital Subtraction Angiography

	3D-CTA VR (%)	3D-DSA(%)
Sensitivity	93.85	96.92
Specificity	100	100
Positve predictive value	100	100
Negative predictive value	100	100

3D-CTA VR: three-dimensional computed tomographic angiogram with volume rendering technique, 3D-DSA: three-dimensional subtraction angiogram



A



B

C

Fig. 2. A 46-year-old man has two aneurysms in right posterior communicating artery and right middle cerebral artery.
A. Anterooblique view of 3 D-CT angiogram with volume rendering technique shows only one 3 mm aneurysm (arrow) of the middle cerebral artery. But it does not reveal the other posterior communicating artery aneurysm.
B. Posterooblique view of 3 D-digital subtraction angiogram shows one 3 mm right middle cerebral artery (arrow) aneurysm, and the other 3 mm right posterior communicating artery (arrowhead) aneurysm.
C. Laterooblique view of conventional angiogram shows right middle cerebral artery (arrow) aneurysm.

객관 오차범위에 드는 것은 무시하였다. 3D - CTA의 VR기법상 민감도는 93.85%, 특이도는 100%였으며, 3D - DSA에서 민감도는 96.92%, 특이도는 100%였다(Table 3).

또한 뇌동맥류 중 경부모양 확인이 가능하였던 경우는 3D - CTA의 VR기법에서 61예중 58예(95.1%), 3D - DSA상 전부(63예중 63예, 100%)로 3D - DSA가 약간 더 우수하였으며(Table 4), 뇌동맥류의 방향은 3D - CTA의 VR 기법이나 3D - DSA에서 전 예에서 두 가지 검사상에서 발견된 소견과 같았으며, 모두 수술 시야에서 확인된 것과 같았다(Fig. 3).

고 찰

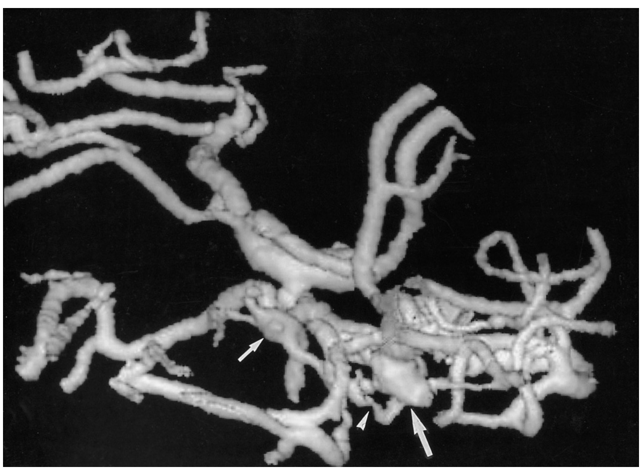
뇌지주막하 출혈의 원인은 뇌동맥류 파열이 75%로 가장 많고, 동정맥 기형이 10%, 그 외 원발성 뇌출혈이 12%정도를 차지하고 있다(2, 3, 6, 13 - 15). 따라서 지주막하 출혈을 초래하는 환자에서 뇌동맥류의 유무를 확인하는 것이 중요하다. 또한 뇌동맥류의 파열에 의한 뇌지주막하 출혈이 있을 경우 출혈 후 수일 내에 사망률이 높기 때문에 조기발견 조기치료가 가장 중요하다(3). 이러한 뇌동맥류를 진단하기 위해서는 아직도 CA가 기본적인 방법으로 되어 있으나, 이는 침습적이며 뇌혈관조영술 자체와 약물주입에 따른 합병증의 위험도 있어 비침습적 방법으로 CA를 대체하려고 하는 노력들이 진행되고 있다(5, 6, 14 - 17).

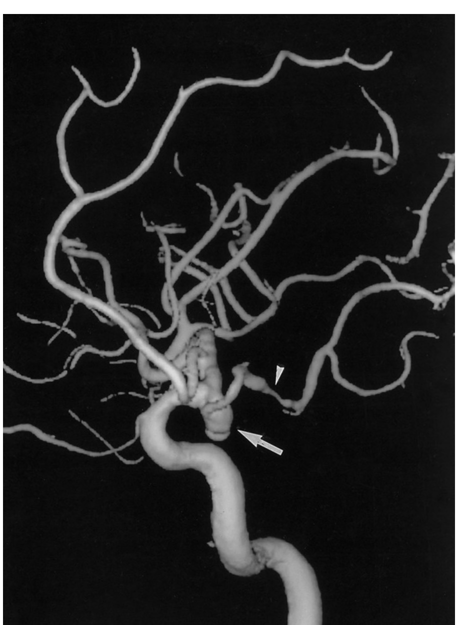
CTA는 최근 사용되기 시작한 비침습적인 혈관영상 기법이며, 나선식 CT의 개발과 3차원 재구성 기술방법의 발달로 상당한 발전을 이루었다(5, 9, 10). CTA에서 재구성기법으로 MIP기법과 SSD기법은 많이 사용되고 있지만 VR기법에 대한 연구는 그리 많지 않다(5, 13, 18 - 21). 3D - CTA의 VR기법은 스캔된 영상내의 모든 복셀을 이용하여 3차원 재구성 영상을 얻을 수 있어 원천데이터에 가장 가깝게 영상을 재구성할 수 있으므로 획기적이고 아주 좋은 3차원 구성영상을 만들 수 있는 가능성이 제기되고있다(5). 3D - CTA의 VR기법은 뇌동

Table 4. Comparison of Characterization of Aneurysms between 3-Dimensional CT Angiogram with Volume Rendering Technique and 3-Dimensional Digital Subtraction Angiogram

Characterization	3D-CTA VR (n = 61)*	3D-DSA (n = 63)†
Neck identification	58	63
Direction‡	61	63

3D-CTA VR: three-dimensional computed tomographic angiogram with volume rendering technique, 3D-DSA: three-dimensional digital subtraction angiogram
*Numbers of parenthesis are aneurysmal numbers detected on 3D-CT angiogram with volume rendering technique.
† Numbers of parenthesis are aneurysmal numbers detected on 3D-DSA.
‡Numbers of aneurysms that have same direction as shown in operative field.


A


B


C

Fig. 3. A 53-year-old woman has aneurysm with vasospasm.
A. Oblique view of 3 D-CT angiogram with volume rendering technique shows one 7 mm aneurysm (long arrow) on right posterior communicating artery with vasospasm of posterior communicating artery (arrowhead), the other in basilar tip (short arrow).
B. Oblique view of 3 D-digital subtraction angiogram shows one 7mm aneurysm (long arrow) on right posterior communicating artery with vasospasm of posterior communicating artery (arrowhead).
C. Oblique (posterior communicating artery view) view of conventional angiogram shows a 7 mm aneurysm (white arrow) in right posterior communicating artery with vasospasm of right posterior communicating artery (white arrowhead).

맥류의 진단에 이용할 수 있는 이외에도 윌리스환 주위의 다른 혈관 질환, 경동맥 부위의 협착, 복부 대동맥류나 장간막 동맥의 협착과 같은 복부 혈관 질환, 그리고 신동맥 협착 등의 진단에서 유용하다는 보고도 있다(5, 12).

CTA의 뇌동맥류에 대한 발견율은 기존의 연구에서 주로 MIP기법이나 SSD기법을 이용하여 87-97%정도로 높은 민감도로 CA에 필적하는 발견율을 보이고 있다(19-21). 그러나 SSD기법이나 MIP기법이 숙련된 재구성 전문가를 필요로 하고 재구성에서 일정한 역치 값 범위 내에 속하는 픽셀만 이용하여 가상광원으로 빛을 비추어 입체감을 갖는 흑백 3차원영상이라는 단점이 제기되고 있다. 그러나 3D-CTA의 VR기법을 이용한 기존의 연구에서 원천데이터를 손실이 없이 이용하기 때문에 3 mm 보다 작은 뇌동맥류도 발견할 수 있다고 보고하고 있다(5, 12, 22). 본 연구에서 3 mm이하 전체17예 뇌동맥류 중 발견을 못한 경우는 4예이고 13예에서 발견이 가능하여 작은 크기의 뇌동맥류라도 발견 가능성이 높음을 알 수 있었다. 따라서 본 연구에서 VR기법으로 CTA를 시행한 결과 인지도와 민감도가 93.85%, 특이도가 100%로 높게 나온 것이라고 생각한다. 민감도와 특이도가 높게 나온 다른 이유는 3D-CTA를 시행하고 3D-DSA를 시행하였기 때문에 3D-CTA에서 먼저 인지가 잘된 경우만 연구의 대상에 포함되었을 가능성도 배제하지 못하였기 때문일 가능성도 있다. 비록 Crompton 등(1)에 의하면 뇌동맥류는 그 크기가 커질수록 파열의 위험이 증가하며, 부검 연구상 5 mm이하의 뇌동맥류 중 실제 파열이 일어난 경우는 3%에 불과하고 뇌동맥류 파열의 한계를 4 mm정도로 보고하였지만, 작은 크기의 뇌동맥류도 경우에 따라서는 출혈이 있을 수 있기 때문에 2 mm이하의 작은 뇌동맥류도 발견을 하여야 한다. 또한 3D-CTA의 VR기법이나 3D-DSA에서 발견이 불가능한 작은 뇌동맥류가 그 크기가 커져 파열에 이르게 되는 경우가 많으므로 추적 검사를 통하여 뇌동맥류의 성장 여부를 관찰하여야 한다. Schwartz 등(14)은 3D-CTA를 이용하여 3 mm이상의 크기의 뇌동맥류는 대부분 발견할 수 있다고 하였다. 본 연구에서도 3 mm 이상의 뇌동맥류를 발견하지 못한 경우는 없었다.

최근에 신경 중재적 시술의 발달로 뇌동맥류의 코일 색전시술이 시행되고 있으며 이 시술의 시행을 하는데 있어서 뇌동맥류의 방향, 형태, 뇌동맥류 경부의 크기 및 모양등을 파악하는 것이 매우 중요한 과제로 대두됨에 따라 3D-DSA 기법이 많이 발달하였다(4-6). 3D-CTA의 VR은 다면적 영상이 가능하여 이러한 뇌동맥류와 특성을 파악하는데 도움을 줄 수 있는 기법으로 알려져 있어 3D-DSA와 비교하여 3D-CTA의 VR 기법의 유용성을 평가하고자 하였다. 본 연구의 경우 뇌동맥류의 위치 확인에서 3D-DSA기법이 3D-CTA VR기법보다 3 mm이하의 2개의 뇌동맥류를 더 발견 할 수 있어 약간 더 우수한 결과를 보였다. 그러나 3D-CTA의 VR의 다면적 영상을 여러 각도로 3차원영상을 재구성하는 방법은 실제 수술 시의 방향과 투사 각도를 같게 할 수 있어 수술 및 중재적 혈관조영 시술계획을 세우는데 도움을 주었다. 3D-CTA의 VR기법은 비침습적으로 짧은 시간 내에 뇌동맥류 등 뇌혈관의 영상정보를 얻을 수 있었고 3D-CTA의 SSD영상에 반해 역치와 무관하고 CT감쇄 정도를 표현해 낼 수 있었으며 큰 뇌동맥류에서 조영제와 내부의 혈전의 구별, 경부와 내강과의 구분 및 둘 사이의 연관 관계, 석회화 등을 평가하는데 좀 더 유용하였다. 뇌동맥류의 경부 및 양상관찰에서 3D-CTA의 VR기법이 95.08%(58/61), 3D-DSA에서 전부 관찰되어 그 양상 파악에서 조금은 차이가 났지만 이는 3차원 영상의 재구성 요령, 그리고 관찰자의 수준에 의해 발생한 간접적인 객관 오차도 작용했을 것으로 생각하며 또한 뇌기저부 두개골의 불완전한 제거와 병변 범위가 재구성 영상 내에 포함되지 않거나 재구성의 중복기법을 사용함으로서 생긴 오차도 요인의 일부라고 생각한다.

3D-CTA의 VR의 제한점이라면 재구성 영상에서 두개골이 완전히 제거되지 못하였기 때문에 일부 투사각에서는 두개골과 뇌혈관과의 구별이 어려웠고, 작은 혈관은 조영되지 않은 경우가 많았으며, 역동적 스캔을 시행할 수 있는 범위의 제한으로 인하여 척추기저동맥이나 말단동맥까지 완전히 포함할 수 없어 이 부위에 발생한 뇌동맥류의 진단이 어려운 것으로 알려져 있다(8, 15). 그리고 환자의 상태 및 스캔 기술, 영상처리 중 자료의 왜곡 가능성이 3D-CTA의 VR기법의 단점이라고 생각한다.

이 연구의 제한점은 3D-DSA나 3D-CTA에서 3차원 재구성 영상법으로 모두 VR기법을 이용하지 못하여 직접적인 비교가 되지 못하였다는 점이다. 따라서 각 기법에 따른 제약점이나 장점등이 충분히 반영되지 못하였을 경우를 배제할 수 없겠다.

그렇지만 앞으로 16체널의 다중검출 CT(multi-detector CT)의 보급과 함께 촬영에서부터 단락이 없어 원천 데이터의 손실이 없이 얻어질 수 있어 VR기법의 3차원 재구성영상기법이 더욱 사실적으로 표현할 수 있어 발전가능성이 많다고 할 수 있겠다.

결론적으로, 3D-CTA의 VR기법은 뇌동맥류의 치료전 진단에 있어서 3D-DSA의 역할을 완전히 대체 할 수 없지만 비침습적인 방법으로 뇌동맥류의 발견, 경부, 크기에 대하여 정확하게 파악할 수 있으며 뇌동맥류 주위 혈관상태를 평가할 수 있어 수술 및 중재적 혈관치료를 위한 계획 수립에 중요한 정보를 제공할 수 있는 유용한 방법이라고 생각한다.

참 고 문 헌

1. Crompton MR. Mechanism of growth and rupture in cerebral berry aneurysm. *Br Med J* 1966;5496:1138-1142
2. Inagawa T, Kamiya K, Ogasawara H, Yano T. Rebleeding of ruptured intracranial aneurysm in the acute stage. *Surg Neurol* 1987;28:93-99
3. Suzuki J, Yoshimoto T. Early operation for the ruptured intracranial aneurysms-especially the cases operated within 48 hours after the last subarachnoid hemorrhage. *No Shinkei Geka* 1976;4:135-141
4. Sluzewski M, van Rooij WJ, Rinkel GJ, Wijnalda D. Endovascular treatment of ruptured intracranial aneurysms with detachable

coils: long-term clinical and serial angiographic results. *Radiology* 2003;227:720-724
5. Korogi Y, Takahashi M, Katada K, et al. Intracranial aneurysms: detection with three-dimensional CT angiography with volume rendering-comparison with conventional angiographic and surgical findings. *Radiology* 1999;211:497-506
6. Anxionnat R, Bracard S, Ducrocq X, et al. Intracranial aneurysms: clinical value of 3D digital subtraction angiography in the therapeutic decision and endovascular treatment. *Radiology* 2001;218:799-808
7. Ronkainen A, Puranen MI, Hernesniemi JA, et al. Intracranial aneurysm : MR angiographic screening in 400 asymptomatic individuals with increased familial risk. *Radiology* 1995;195:35-40
8. Schwartz RB, Tice HM, Hooten SM, Hsu L, Stieg PE. Evaluation of cerebral aneurysms with helical CT: correlation with conventional angiography and MR angiography. *Radiology* 1994;192:717-722
9. Hieken JP, Brink JA, Vannier MW. Spiral(helical) CT. *Radiology* 1993;189:647-656
10. Dillon EH, van Leeuwen MS, Fernandez MA, Mali WP. Spiral CT angiography. *AJR Am J Roentgenol* 1993;160:1273-1278
11. Vieco PT, Shuman WS, Alsofrom GF, Gross CE. Detection of circle of Willis aneurysms in patients with acute subarachnoid hemorrhage: a comparison of CT angiography and digital subtraction angiography. *AJR Am J Roentgenol* 1995;165:425-430
12. Rubin HD, Dake MD, Napel S, et al. Spiral CT of renal artery stenosis: comparison of three-dimensional rendering techniques. *Radiology* 1994;190:181-189
13. Aoki S, Sasaki Y, Machida T, Ohkubo T, Minami M, Sasaki Y. Cerebral aneurysms: detection and delineation using 3-D-CT angiography. *AJNR Am J Neuroradiol* 1992;13:1115-1120
14. Hope JK, Wilson JL, Thomson FJ. Three-dimensional CT angiography in the detection and characterization of intracranial berry aneurysms. *AJNR Am J Neuroradiol* 1996;17:439-445
15. 서정진, 강형근, 이영철, 등. 뇌동맥류의 진단에 있어서 전산화단층 뇌혈관조영술과 고식적 뇌혈관조영술의 비교. *대한방사선의학회지* 1999;41:643-649
16. Anderson GB, Ashforth R, Steinke DE, Findlay JM. CT angiography for detection of cerebral vasospasm in patients with acute subarachnoid hemorrhage. *AJNR Am J Neuroradiol* 2000;21:1011-1015
17. 김유경, 백승국, 신미정, 최한용. 뇌동맥류 경부의 평가에서 CTA와 DSA의 비교. *대한방사선의학회지* 2001;44:665-670
18. Ogawa T, Okudera T, Noguchi K, et al. Cerebral aneurysms: evaluation with three-dimensional CT angiography. *AJNR Am J Neuroradiol* 1996;17:447-454
19. Vieco PT, Shuman WP, Alsofrom GF, Gross CE. Detection of circle of Willis aneurysms in patients with acute subarachonoid hemorrhage: a comparison of CT angiography and digital subtraction angiography. *AJR Am J Roentgenol* 1995;165:425-430
20. Liang EY, Chan M, Hsiang JH, et al. Detection and assessment of intracranial aneurysms: value of CT angiography with shaded-surface display. *AJR Am J Roentgenol* 1995;165:1497-1502
21. Karz DA, Marks MP, Napel S, Bracci PM, Roberts SL. Circle of Willis evaluation with spiral CT angiography, MR angiography, and conventional angiography. *Radiology* 1995;195:445-449
22. Korogi Y, Takahashi M, Katada K, et al. Intracranial aneurysms: detection with three-dimensional CT angiography with volume rendering-comparison with conventional angiographic and surgical findings. *Radiology* 1999;211:497-506

J Korean Radiol Soc 2004;50:407 - 414

Three-Dimensional Computed Tomographic Angiography with Volume Rendering Technique in the Evaluation of Intracranial Aneurysms:

Comparison with Three-Dimensional Digital Subtraction Angiography[1]

Yu Lan Shen, M.D.[2], Jeong Jin Seo, M.D., Eun Ju Lee, M.D., Woong Yoon, M.D., Yong Yeon Jeong, M.D., Tae Woong Chung, M.D., Jea Kyu Kim, M.D., Jin Gyoon Park, M.D., Heoung Keun Kang, M.D.

[1]*Department of Diagnostic Radiology, Chonnam National University Medical School*

[2]*Department of Diagnostic Radiology, Yanbian National Cancer Hospital, China*

Purpose: The author compared three-dimensional computed tomographic angiography with combined volume rendering technique (3D-CTA VR) with three-dimensional digital subtraction angiography (3D-DSA) in the detection and characterization of intracranial aneurysms, in order to assess the diagnostic capability of 3D-CTA VR.

Materials and Methods: This study included 50 patients with suspected intracranial aneurysm who underwent both 3D-CTA VR and 3D-DSA, and who were subsequently confirmed as having aneurysms by intracranial operation or other neurointerventional procedures. The detectability and the characteristics of the aneurysms, such as their aneurysmal neck, direction, and vasospasm of the adjacent vessels, were evaluated retrospectively.

Results: Sixty-five intracranial aneurysms were detected through surgery or other interventional procedures. 3D-DSA was more sensitive (96.92%) than 3D-CTA VR in the detection of the aneurysms. All of the aneurysms that were more than 3mm in size were detected with both techniques. 3D-DSA failed to reveal one posterior communicating artery aneurysm, while 3D-CTA VR missed three aneurysms. The aneurysmal necks were clearly visualized in 58 of 61 aneurysms (95.1%) on 3D-CTA VR, but all of the aneurysmal necks(100%) were clearly identified on 3D-DSA.

Conclusion: 3D-CTA combined with VR technique showed good sensitivity for the depiction of intracranial aneurysms greater than 3 mm in size, and its usefulness in characterizing the aneurysms for surgical or endovascular treatment planning was equal to or less than that of 3D-DSA.

Index words : Aneurysm, CT
Computed tomography(CT), angiography
Angiography, preoperative
Digital subtraction angiography

Address reprint requests to : Jeong Jin Seo, M.D., Department of Diagnostic Radiology, Chonnam University Hospital,
8 Hak-dong, Dong-ku, Gwangju, 501-757, Korea.
Tel. 82-61-379-7113 Fax. 82-62-226-4380