원 저

대한뇌졸중학회지 제6권 제1 호 2004년 5월
VOLUME 6, NUMBER 1, May, 2004

자기공명 혈관조영 소견을 이용한 윌리스 환 후부위의 형태학적 변이 조사

연세대학교 의과대학 신경과학교실

최혜연 · 양재훈 · 한상원 · 김서현 · 허지회

Morphologic Variation of Posterior Part of the Circle of Willis Based on Studies Using Magnetic Resonance Angiography

Department of Neurology, Yonsei University College of Medicine, Seoul, Korea.

Hye-Yeon Choi, M.D., Jae Hoon Yang, M.D., Sang Won Han, M.D., Seo Hyun Kim, M.D., Ji Hoe Heo, M.D., Ph.D.

Background: The arterial circle of Willis at the base of the brain serves as a potential collateral pathway, which enables to maintain adequate cerebral perfusion in case of diminished afferent blood supply through the internal carotid artery (ICA) or the basilar artery. While its function depends on the continuity of its circular configuration, it is known to vary. The anatomic variants of circle of Willis have been studied based on conventional angiographic or autopsy studies. With the advent of magnetic resonance angiography (MRA), the anatomic variation of the posterior part of circle of Willis can be easily demonstrated in a physiologic state. **Methods**: Among the subjects who underwent both brain magnetic resonance imaging and MRA in the Yonsei Medical Center from 2000 to 2003, those without a brain parenchymal lesion and without abnormalities of intracranial and neck vessels were included in the present study. The anatomic variants of the posterior part of the circle were determined by the presence of the posterior communicating artery (PcomA) or the precommunicating segment of the posterior cerebral artery (PCA). The variants were categorized into six groups: type A, bilateral PcomA; type B, unilateral PcomA and fetal type PCA; type C, unilateral PcomA; type D, unilateral fetal type PCA; type E, bilateral fetal type PCA; and type F, no continuity between the ICA and PCA. **Results**: Of 1884 subjects, 324 who met the inclusion criteria, were finally included for analyses. They were 152 males and 172 females, and the mean age was 54.2 years (range, 3/12~87 years). Type F was most common (171 subjects, 54.8 %), followed by type C (51, 15.6 %), type D (40, 12.4 %), type A (22, 6.8 %), type B (22, 6.8 %), and type E (5.6 %). In summary, while about a half of the subjects had no continuity between anterior and posterior circulations, the PCA was supplied only from the anterior circulation through the fetal-type PCA in a significant portion of subjects. **Conclusion**: We investigated normal reference values for morphologic variants of the posterior part of the circle of Willis based on MRA in Korean. These results would be helpful for consideration of the mechanism and pathogenesis in stroke patients.

(Korean Journal of Stroke 2004;6(1): 46~49)

Key Words: Circle of Willis, Variation, Magnetic resonance angiography

책임저자 : 허 지 회
서울시 서대문구 신촌동 134
연세대학교 의과대학 신경과학교실
TEL : 82-2-361-5467
FAX : 82-2-393-0705
E-mail : jhheo@yumc.yonsei.ac.kr

서 론

윌리스 환(circle of Willis)은 뇌 기저부에서 좌우 두 개의 내경동맥(internal carotid artery, ICA)과 척추기저순환계(vertebrobasilar circulation)를 연결하는

고리형의 혈관 구조이며 내경동맥이나 기저동맥의 폐쇄나 협착이 있을 경우 대뇌로의 적절한 혈액공급에 중요한 역할을 한다. 측부 순환의 정도는 윌리스 환의 연속성에 의하며 이는 이미 알려진 바와 같이 다양한 해부학적 변이를 보인다. 윌리스 환의 후부위는 후교통동맥(posterior communicating artery)과 후대뇌동맥(posterior cerebral artery)으로 이루어지며 후교통동맥은 전방순환과 후방순환을 이어주는 역할을 하므로 뇌경색의 발생기전에 중요한 의미를 갖는다. 지금까지 부검과 고식적 뇌혈관조영술을 이용한 한국인의 윌리스 환의 변이에 대한 연구가 보고되었지만[1] 자기공명 혈관조영술을 이용한 연구는 없다. 자기공명 혈관조영술의 경우 윌리스 환의 생리학적 측면을 반영할 수 있다는 점에서 임상적으로 의의가 있다. 본 연구에서 저자들은 자기공명 혈관조영술을 이용한 윌리스 환의 후부위의 해부학적 변이를 알아보고자 한다.

대상과 방법

1. 대상

2000년 1월부터 2003년 5월까지 연세대학교 의과대학 부속 세브란스병원에 내원하여 뇌자기공명영상과 자기공명혈관조영술을 시행한 환자 중 뇌 실질 내의 병변이 없고 뇌 내혈관과 경동맥의 병변이 없는 환자를 대상으로 하였다. 촬영소견 상의 이상유무는 신경방사선과 의사의 판독지를 근거로 하였다.

2. 방법

자기공명 영상촬영은 두종류의 1.5 Tesla(GE medical system, Philips medical system)의 기기를 무작위로 이용하였고, Fast-Spin-Echo기법을 통해 확산강조영상(반복시간 3500~6000 msecs, 에코시간 60~100 msecs), T1강조영상(반복시간 400 msecs. 에코시간 8~10 msecs), T2강조영상(반복시간 4000 msecs, 에코시간 100 msecs), 유체감쇄반전회복영상(fluid attenuated inversion recovery, FLAIR, 반복시간 6000~10000 msec, 에코시간 120~125 msec)을 얻었다. 자기공명 혈관조영은 같은 기기로 시간흐름 삼차원(time-of-flight 3D)기법을 이용하여 영상을 얻었다(반복시간 23~25 msecs, 에코시간 2.5~6.9 msecs, 자극횟수 2, 회전각도 20°, 절편두께 115.5 mm, 스캔 매트릭스 512×192).

뇌내 혈관의 축 방향(axial) 영상에서 후교통동맥의 유무와 조영 강도, 후대뇌동맥과 후대뇌동맥의 P1분절(후교통동맥을 만나기 전까지의 후대뇌동맥의 분절)의 조영강도의 정도를 기준으로 해부학적 변이를 분류하였다. 후교통동맥이 관찰되며 P1분절과 후대뇌동맥의 원위부가 같은 조영 강도를 가질 때 후교통동맥이 존재한다고 정의하였으며 P1 분절이 없거나 거의 보이지 않고 후교통동맥과 후대뇌동맥의 원위부가 같은 조영 강도를 가질 때 태아형(fetal type) 후대뇌동맥으로 정의하였다. 후교통동맥의 존재유무와 종류에 따라 총 여섯 가지로 분류하였다(fig. 1). 두개의 후교통동맥이 있는 경우를 A, 하나의 후교통동맥과 반대편의 태아형 후대뇌동맥으로 이루어진 경우는 B, 하나의 후교통동맥이 있고 반대편은 내경동맥과 후대뇌동맥의 연결이 없는 경우를 C로 나누었다. 한쪽은 태아형 후대뇌동맥이고 반대편은 연결되지 않은 경우를 D, 양측 모두 태아형 후대뇌동맥으로 이루어진 경우를 E, 내경동맥과 척추기저순환계의 연결이 전혀 없는 경우를 F로 하였다.

Table 1. Age and sex distribution of subjects

Age, yr	Male, n	Female, n
<10	3	3
10-19	3	2
20-29	5	8
30-39	11	9
40-49	32	30
50-59	35	49
60-69	39	46
70-79	17	21
>80	6	2
Total	152	172

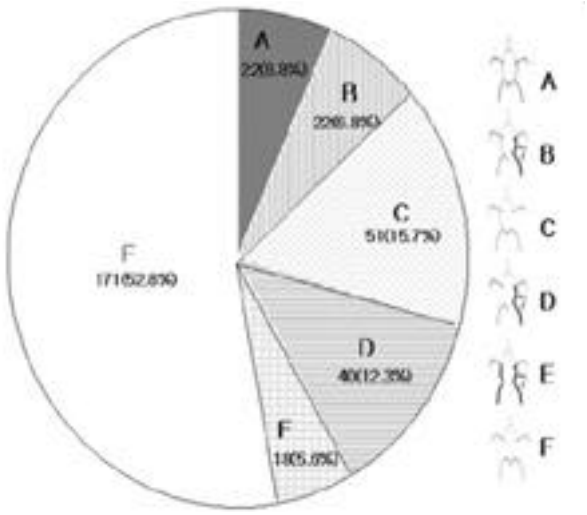

Figure 1. Type and frequency of variations of the posterior part of the cirle of Willis. There was no continuity between anterior and posterior circulations in about a half. Type A, complete circle; B, fetal type posterior cerebral artery (PCA) in one side and posterior communicating artery (P-com) in the other side; C, P-com in one side; D, fetal type PCA in one side; E, bilateral fetal type PCA; F, no continuity.

결 과

연구기간 중 내원한 환자 총 1884명 중에서, 391례가 기준을 만족했으며 이 중 영상을 직접 확인할 수 있었던 324례를 대상으로 분석하였다. 이들 중 남자가 152, 여자가 172명이었고 평균연령은 54.2세였다(연령분포, 3/12-87세)(table 1). 전방순환과 후방순환의 연결이 없었던 F형이 54.8%로 가장 많았으며, 나머지에서는 어떤 방식으로든 전방순환과 후반순환의 연결이 존재하였다. F형 다음으로 많은 유형은 C형이었고 E형이 가장 적었다(fig. 1). 6.8%에서 양쪽의 후교통동맥이 존재하여 윌리스 환의 후부가 완전하게 연결되어 있었고 24.8%에서 적어도 하나의 태아형 후대뇌동맥이 관찰되었으며 5.6%에서는 양측 후대뇌동맥 모두 태아형으로 나타났다.

고 찰

뇌혈관내의 병변이 있는 환자에서 윌리스 환의 형태학적 다양성이 뇌 혈류에 끼치는 영향을 규명하려면, 정상인에서의 형태학적 변이의 정도를 알아보는 게 우선이다. 정상인에서 윌리스 환의 변이를 조사하는 방법으로는 부검을 이용하는 방법과 고식적 뇌혈관조영술의 방법이 많이 사용되어왔다. 그러나 사후 혈관의 형태만을 분류한 부검 결과나 인위적인 조영제의 투여를 이용한 고식적 뇌혈관조영술의 경우는 실제 생리학적인 측면을 반영한다고 보기 어렵다는 단점이 있다. 그에 반해 자기공명 혈관조영술은 혈류가 느리거나 와류일 경우 혈관을 관찰하기 어려워 혈관이 존재해도 없는 것처럼 보일 수 있으나 그런 원리로 인해 형태 자체보다는 실제 뇌 혈류를 반영할 수 있다는 장점이 있다. 또한 비침습적으로 간편히 검사할 수 있어 최근 뇌혈관 질환의 검사방법으로 고식적 뇌혈관조영술보다 자기공명 혈관조영술이 더 빈번하게 이용되기 때문에, 이를 이용한 정상인에서의 형태 변화를 알아보는 것은 의의가 있다.

외국에서 보고된 부검을 이용한 연구 결과를 보면 연령, 성별, 유전적 차이에 따라 혈관의 내경이 달랐는데 이는 윌리스 환의 형태에 영향을 줄 수 있다[5,6]. 본 연구에서는 대상의 연령 폭이 넓어 연령별 차이를 알기는 어려웠으며 성별에 따른 차이는 없었다. 지금까지의 윌리스 환의 형태학적 변이에 대한 연구를 보면 그 결과가 매우 다양한데 윌리스 환의 후부위의 연속성이 완전한 경우가 국내 해부학 보고로는 57.3%[3], 고식적 뇌혈관조영술을 이용한 연구의 경우 18%[1]였으며, 이러한 빈도는 외국에서의 보고와 비슷하였다(외국에서의 해부학 보고; 52%[7]). 본 연구에서는 완전한 윌리스 환의 후부를 이룬 경우가 6.8%로 부검이나 고식적 뇌혈관조영술에서의 결과보다는 비율이 적었는데, 혈관에 병변이 없는 경우에는 양측, 전후의 혈류가 대칭적이기 때문에 후교통동맥의 혈류의 방향성이 떨어져 자기공명 혈관조영술에서 후교통동맥이 관찰되지 않을 수 있다는 것이 그 원인이 될 수 있다. 또한. 형성부전 P1의 경우 혈관 내경이 작고 혈류가 적어 실제 혈류의 방향성을 이용한 자기공명 혈관조영술의 촬영방법으로는 형성부전P1의 존재유무를 가리기가 어렵다는 것도 이러한 결과의 원인으로 볼 수 있다.

태아형 후대뇌동맥은 후대뇌동맥이 내경동맥으로부터 혈류공급을 받으므로 전방, 후방 순환에 중요한 의미를 갖는데 이번 연구에서는 24.8%에서 하나 이상의 태아형 후대뇌동맥을 가지는 것으로 나타났으며, 이러한 빈도는 국내의 부검과 고식적 혈관조영술에서의 10.9%, 11%라는 보고 보다는 많으나 외국에서의 자기공명 혈관촬영술에서의 13%~32 %라는 결과[2, 5]와 유사하다.

본 연구에서는 정상인에서의 윌리스 환의 형태 변이를 조사하였지만, 뇌혈관의 병적 상태에서는 형태가 변할 수 있다. 한 연구에 따르면 부검에서 정상인의 경우 완전한 윌리스 환을 이룬 경우가 52%라고 한 반면, 뇌 실질 내 병변이 있거나 동맥류가 있었던 경우 완전한 환을 이룬 경우가 37%로 더 적었다고 하였다[7,8]. 신경학적 이상을 나타냈던 환자의 부검 연구에서는 완전한 환을 가지고 있던 예가 각기 11%, 21%라고 보고된 바 있으며[9,10], 경동맥 폐쇄가 있는 환자에서는 이보다 훨씬 많아 60%가 완전한 윌리스 환을 가졌다고 했고 후부위는 74%에서 완전한 연속성을 가졌다고 보고된 바 있다[11]. 또한 고식적 혈관조영술을 이용하여 뇌동맥경화증과 정상군의 윌리스환의 변이유형을 비교한 한 국내보고에서는 뇌동맥경화증에서 정상군보다 완전한 환을 가지고 있는 경우가 적다고 하였다(뇌동맥경화증 38%, 정상군 63%)[12]. 이와 같이 혈관 또는 뇌 실질의 병이 있느냐에 따른 차이는, 특정 환경이 혈류에 영향을 주고 그 적응과정에서 혈관 자체도 퇴화하거나 변화하게 되기 때문에 나타나는 것으로 볼 수 있다.

결론적으로 자기공명 혈관조영술을 이용하여 윌리스 환 후부위의 형태학적 변이를 조사한 결과, 54.8%에서 전방순환과 후방순환의 연결이 없었으며 6.8%에서 양쪽의 후교통동맥이 존재하여 윌리스 환의 후부가 완전하게 연결되어 있었고 24.8%에서 적어도 하나의 태아형 후대뇌동맥이 관찰되었다. 이러한 연구 결과는 임상적으로 신경학적 질환, 특히 뇌혈관질환의 진단 및 뇌경색의 발생 기전 등의 유추 및 해석에 도움을 줄 수 있으리라 생각된다. 또한 뇌 내 혈관 병변이나 뇌 실질 내 병변이 있는 경우의 윌리스 환 형태의 변화 연구를 위한 기초자료로 사용될 수 있을 것이며, 혈류 역학의 변화에 따른 증상 발현의 차이 등의 추후 연구에도 도움이 되리라 생각된다. 그렇지만 뇌혈관의 만성 협착으로 인해 뇌 혈류변화가 있을 것으로 예상되는 환자에서는 윌리스 환 형태의 변화 가능성을 예상할 수 있기 때문에, 이들에서의 직접적인 해석에는 주의가 필요하다.

REFERENCES

1. Lee O, Chung GS, Kim SS, Huh JD, Kim HJ, Joh YD. Variation and anomalies of the circle of Willis in Korean. *J Kor Radiol Soc* 1989;25:353-361.
2. Hartkamp K, Van der Grond J, De Leeuw FE, De Groot JC, Algra A, Hillen B, Breteler M, Mali W. Circle of Willis: morphologic variation on three dementional time-of-flight MR angiogram. *Radiology* 1998;207:103-111.
3. 정인혁. 사람해부학. 2nd. ***아카데미서적***;1996:196
4. Symonds C. The circle of Willis. *Br Med J* 1955;1: 119-124.
5. Van Overbeeke JJ, Hillen B, Tulleken CA. A comparative study of the circle of Willis in fetal and adult life. The configuration of the posterior bifurcation of the posterior communicating artery. *J Anat* 1991;176:45-54.
6. Hillen B, Hoogstraten HW, Van Overbeeke JJ, Van der Zwan A. Functional anatomy of the circulus arteriosus cerebri. *Bull Asso Anat* 1991;75:123-126.
7. Alpers BJ, Berry RG, Paddison RM. Anatomical studies of the circle of Willis in normal brain. *Arch Neurol Psychiatr* 1959;81:409-418.
8. Alpers BJ, Berry RG. Circle of Willis in cerebral vascular disorders. *Arch Neurol* 1963;8:398-402.
9. Riggs HE, Rupp C. Variation in form of circle of Willis. *Arch Neurol* 1963;8:8-14.
10. Brunereau L, Levy C, Arrive L. Anatomie du polygone de Willis en ARM 3D temps de vol avec analyse des partitions. *J Radiol* 1995;76:573-577.
11. Miralles M, Dolz JL, Cotillas J. The role of the circle of Willis in carotid occlusion: assessment with phase contrast MR angiopraphy and transcranial duplex. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 1995;10:424-430.
12. Lee EH, Suh DC, Choi CG, Lee HK, Lim TH, Auh YH. Angiographic analysis of the circle of Willis: comparison between atherosclerosis and normal group. *J Korean Radiol Soc* 1999;41:651-656.