

Cerebral Hemorrhagic Stroke

경북의대 진단방사선과학교실

김 용 선

Hemorrhagic stroke는 다양한 원인이 있으나 (Table 1) 몇몇의 경우를 제외한다면 공통적으로 순간적인 volume의 expansion이 특징이며 이로 인하여 급격히 발생한 neurological manifestation을 갖는다. Clinical 한 면으로는 hemorrhage의 위치, 크기, 양상 그리고 원인 등이 중요하겠고 이에 준한 영상진단은 치료방침 및 예후에도 영향을 미칠 것이다. MRI는 이러한 응급상황에서 routine study로 쓰이지는 않으나 hemorrhage의 각 stage와 sequence마다 unique한 소견을 보이므로 진단뿐 아니라 biologic interaction information을 제공한다.

Table 1. Major Causes of Intraparenchymal Hemorrhage

Hemorrhagic infarction (embolic and venous)
Hypertensive hemorrhage
Vascular malformations
Intratumoral hemorrhage
Vasculitis
Aneurysm
Mycotic aneurysm
Amyloid angiopathy
Bleeding dyscrasias and anticoagulation therapy

Table 2. Physiologic factors influencing MR intensities of intracranial hemorrhage

Age, site and size of hemorrhage
Local pH, oxygen tension and glucose concentration
Hematocrit and hemoglobin concentration
Temperature
Blood-brain-barrier integrity
Clot formation and retraction

각 원인별 hemorrhage의 양상이 모두 다를 것이므로 비교적 hemorrhage만을 관찰 할 수 있는 hypertensive intraparenchymal hemorrhage를 중심으로 설명하고자 한다.

MRI의 소견으로 볼 때 hemorrhage는 다양하고 복잡한 요인들이 관여하지만 (Table 2) 대체로 다음 세 가지의 event가 동시에 진행될 것으로 생각된다.

- Behavior of HEME
- Behavior of PROTEIN (globin, cell debris)
- Behavior of SURROUNDING PARENCHYMA
(vascularity, macrophages, glial cells)

1. Biodegradation of heme

Heme의 성상에 따라 hemorrhage의 MRI소견은 대단히 복잡하여 시간의 경과에 따라 heme iron의 성분이 변하며 이에 따른 MR signal composition의 변화가 심하다. 각각의 변화는 hemoglobin의 biodegradation에 따라 stage를 나누기도 한다.(Table 3)

Table 3. Iron metabolic properties by stages

Hyperacute	<24 hrs	OxyHb	Within RBC	Diamagnetism	None
Acute	1-3 days	DeoxyHb	Within RBC	Paramagnetism	Weak relaxivity on T2
Subacute					
Early	3+ days	MetHb	Within RBC	Paramagnetism	Relaxivity on T1 & T2
Late	7+ days	MetHb	Extracellular	Paramagnetism	Relaxivity on T1
Chronic					
Center	14+ days	Hemichrome	Extracellular	Paramagnetism	Weak relaxivity
Rim		Hemosiderin	Within macrophage	Superparamagnetism	Susceptibility

1) Hyperacute stage

24시간이내의 hemorrhage로서 oxyhemoglobin이 주성분이고 oxygen이 bound 되어 있어서 unpaired electron이 없다. 따라서 diamagnetism을 갖는다. 그러므로 hemoconcentration에 정도에 따라 fresh blood인 경우 water와 같은 T1WI에서 low, T2WI에서 high signal을 보이며 clot이 형성됨에 따라 T1WI에서 isosignal로 보일 때도 있다.

2) Acute stage

1-3일 사이의 deoxyhemoglobin이 주성분인 기간이다. Oxygen이 hemoglobin에서 유리되므로 네 개의 unpaired electron을 갖게 되고 이로 인한 paramagnetism을 띄게 된다. 그러나 이때의 paramagnetism은 electron spin의 relaxation time이 짧아서 local fluctuating magnetic field의 frequency가 Lamor frequency보다 대단히 높으므로 T1 shortening effect가 효과적이지 않다. 그러므로 T1WI는 hyperacute stage와 유사하여 isosignal 혹은 low signal을 갖는다.

T2는 deoxyhemoglobin의 paramagnetism에 의하여 dephasing이 빨리 일어나며 clot이 retract됨에 따라 그 효과가 더하여져 T2WI에서 low signal로 보이게 된다.

3) Subacute stage

Hemoglobin이 산화되어 methemoglobin으로 변화되는 phase로서 효과적인 paramagnetism을 띄게 된다. 이때의 paramagnetism은 deoxyhemoglobin의 경우와 달리 5개의 unpaired electron을 가지며 electron spin relaxation time이 매우 길어서 field의 fluctuation이 Lamor frequency와 거의 같아진다. 그러므로 T1 shortening effect가 효과적이어서 T1WI에서 High signal을 나타나게 된다.

Early subacute stage는 3-7일 사이이며 아직 RBC의 lysis가 일어나지 않았으므로 methemoglobin은 intracellular location을 가져 local high concentration을 유지하고 T1, T2모두를 shortening 시킨다. 따라서 T1WI에서 high signal을 나타내지만 T2WI에서는 여전히 low signal로 보인다.

그러나 7일 이후의 late subacute stage는 hemolysis가 일어나며 methemoglobin이 compartmentalization에서 벗어나 extracellular space로 흩어지게 된다. 이로 인해 methemoglobin의 농도가 낮아져서 T2 shortening 약화되지만 T1 shortening은 남아있게 된다. 왜냐하면 인체의 물질은 대부분 T1은 길고 이에 비해서 T2가 아주 짧아서 낮은 농도의 paramagnetic substance는 T1 shortening effect가 상대적으로 T2 shortening effect 보다 우세하기 때문이다.

더우기 RBC rupture로 인한 water content의 증가가 T2 prolongation을 유발시키게 되고 따라서 T2WI에서도 high signal을 갖게된다.

부가적으로 water가 풍부한 환경에 노출된 methemoglobin은 water exchange process가 가능하게 되어 마치 Gadolinium 조영제와 같은 효과적인 T1 shortening effect를 갖게된다.

4) Chronic stage

2-3주 이후에 시작되는 이 stage의 가장 큰 특징은 macrophage의 출현일 것이다. Extracellular space에 노출된 methemoglobin은 macrophage에 의해서 탐식되어 다시 intracellular space에 갇히게 된다. 이와 동시에 macrophage가 갖고 있는 peroxisome, lysosome등에 의하여 methemoglobin중 globin 성분이 파괴되어 heme의 iron성분만이 고농도로 축적된다. 이것을 hemosiderin이라 하고 membrane에 bound 되어 있다. 그래서 hemosiderin 자체는 10000개의 unpaired electron을 가진 paramagnetism을 갖지만

extracellular water에 영향을 줄 수 없게 된다. 따라서 농축된 iron으로만 작용하여 relaxation time을 shortening시키는 효과는 가질 수 없고 superparamagnetic susceptibility effect만을 가져 이에 의한 dark signal을 T1WI, T2WI에서 공히 나타내게 된다.

2. Behavior of proteins

Hemorrhage는 최대 hematocrit 90%까지 hemoconcentration이 일어나고 fibrin, platelet aggregation 등이 T2 shortening을 일으킬 뿐 아니라 상대적인 water hydrogen proton수가 감소한다. 따라서 T1WI 및 T2WI에서 signal이 감소하는 효과가 있다. 그러나 연구에 의하면 전 relaxivity에 대한 영향중 4%이하인 것으로 나타났다.

3. Behavior of surrounding parenchyma

주변조직은 deoxyhemoglobin이 methemoglobin으로 산화되는데 필요한 oxygen을 공급하는 주역이며 methemoglobin을 hemosiderin으로 변화시키는 macrophage가 모이는 곳이기도 한다. 그러므로 각 stage별 변화는 hematoma의 periphery부터 시작된다. 또한 hematoma의 surface area가 넓어져 surrounding parenchyma와의 접촉이 커지거나 basal ganglia hemorrhage에서와 같이 oxygen tension이 높아질 수 있는 풍부한 vascularity를 가질 때 hemorrhage의 evolution은 급속도로 진행된다. 예를 들면 petechial hemorrhagic infarction, hemorrhagic contusion 혹은 venous infarction에 의한 interstitial hemorrhage 등에서 1-2일 내에 methemoglobin, hemosiderin이 형성되는 경우 일 것이다. 따라서 hyperacute, acute, subacute, chronic stage등의 분류는 hemorrhage내에 존재하는 heme iron의 상태를 말해줄 따름이며 pathologic한 정보는 되지 못한다. 그러므로 clinical stage는 edema, contrast enhancement 및 pressure effect에 준하여야 할 것이다.