

缺血性脑血管病的 CT、MR灌注成像

2016

- 脑灌注成像的基本概念

- 灌注（Perfusion）是血流通过毛细血管网，将携带的氧和营养物质输送给组织细胞的重要功能。灌注成像 (perfusion imaging) 是建立在流动效应基础上成像方法，与磁共振血管成像不同的是，它观察的不是血液流动的宏观流动，而是分子的微观运动。利用影像学技术进行灌注成像可测量局部组织血液灌注，了解其血液动力学及功能变化，对临床诊断及治疗均有重要参考价值。

- 灌注成像主要有两个方面的内容，一是采用对水分子微量运动敏感的序列来观察人体微循环的灌注状况，二是通过造影剂增强方法来动态的研究器官，组织或病灶区微血管灌注情况。

脑灌注成像应用种类

◆ MR “灌注”成像（ perfusion-weighted imaging, PWI或PI ）

- 1、MR动态磁敏感对比成像（ dynamic susceptibility contrast imaging , DSC）磁化敏感效应，T2*信号降低。EPI记录对比剂首过的全过程
- 2、MR动脉自旋标记成像（ arterial spin labeling imaging , ASL）不使用造影剂，但信息量少
- 3、**T1-DCE-MR**脑灌注成像研究（北医 张玉东 等，2011年）

◆ CT灌注成像（ CT Perfusion, CTP）

◆ XeCT灌注成像（氙气CT只获得CBF参数，辅助设备昂贵）

◆ SPECT或PET灌注成像（血流灌注、能量代谢、神经受体等功能），检测CBF更敏感（ 低于50ml.100g.min ）

一、CT 脑灌注成像

是在静脉注射对比剂的同时,对选定的感兴趣层面进行连续动态扫描,以获得所选层面内每一像素的时间-密度曲线(TDC),并根据此曲线通过不同的数学模型转换和计算机伪彩处理得到局部脑血流流量(CBF)、脑血流容量(CBV)、对比剂平均通过时间(MTT) 和对比剂峰值时间(TTP) 等血流动力学参数和灌注图像表现,评价脑组织的灌注状态,是一种功能成像。

- CT灌注成像的**理论基础**为核医学的放射性示踪剂稀释原理和中心容积定律(**central volume principle**): $BF = BV/MTT$ 。
- **BF**指在单位时间内流经一定量组织血管结构的血流量($ml/min/ml$);
- **BV**指存在于一定量组织血管结构内的血容量(ml/g); **MTT**指血液流经血管结构时,包括动脉、毛细血管、静脉窦、静脉,所经过的路径不同,其通过时间也不同,因此用平均通过时间表示,主要反映的是对比剂通过毛细血管的时间(**S**); **TTP**指**TDC**上从对比剂开始出现到对比剂达峰值的时间(**S**)。

二. 磁共振灌注成像 (Perfusion-weighted MR imaging, PWI)

- 磁共振灌注成像是指用来反映组织的微血管灌注分布及血流灌注情况的磁共振检查技术。目前依据其成像原理可大致分为二种类型，即对比剂首过灌注成像、动脉血质子自旋标记技术。

一、对比剂首过灌注成像（dynamic contrast enhanced MRI, DCE MRI）

- 动态增强磁共振成像技术的方法与CT增强扫描方法大致相同，所不同的是注入顺磁性造影剂如Gd-DTPA。顺磁性的钆剂一进入毛细血管床便在毛细血管内外建立起多个小的局部磁场，即形成一定的磁敏感性差别，类似于在毛细管与组织间建立了无数小梯度磁场，这样不仅使组织质子所经历的磁场均匀性降低，而且导致质子相位相干的损失，即加速了质子的失相位过程，从而使组织的T1、T2时间均缩短。这时使用T2*敏感序列进行测量，即可观察到组织信号的显著减小，即所谓的“负性增强（negative enhancement）”；如果用对T1时间敏感的序列检查，则表现为组织的正性增强。这种方法能综合评价组织灌注，血容量以及血管的渗透率。

二、流入法——动脉自旋标记法 (artery spin-labeling)

- 将血液水分子作为内在的弥散标记物，磁化标记成像层面上游的动脉血液内水分子，然后观察它弥散进入组织的效应，具体做法是在感兴趣的层面之前即用反转或预饱和技术将动脉血中的水分子标记，当其进入感兴趣区，扩散进入细胞外空间，并与未受干扰的组织自旋相作用，组织净磁化的矢量就变小，从而导致信号下降1%~2%。局部的信号强度取决于血流和T1弛豫间的相互作用，将标记后获得的图像与未标记所获得的图像比较可计算组织的灌注。目前反转技术是较为理想的灌注成像方法，反转可以得到双倍的观察效果

临床应用灌注技术的比较, ASL和PWI

	3D ASL	2D PWI
1	直接反映组织灌注	反映高浓度通过血管时的磁敏感效应, 大分子造影剂无法通过血脑屏障。
2	不需要造影剂	需要造影剂 高压注射器团注
3	操作简单易行, 重复性好	操作复杂, 随访麻烦
4	FDA	无FDA
5	半定量 CBF, 与PWI相关性好	半定量 CBF, CBV, MTT, TTP
6	可采用GRE或FSE序列, 磁敏感伪影小; 并且SPIRAL采集可减轻运动伪影。	必须使用EPI序列, 磁敏感伪影重

三维动脉自旋标记临床应用, 3D ASL

3D ASL, Pseudo-continuous Arterial Spin Labeling

临床应用:

1. 脑占全身重量的2%, 但脑血流量相当于心输出量的15% (750ml/min)。
2. 耗氧量大, 占全身耗氧量的20%
3. 氧依赖性高, 耐氧性最差, 缺乏有效的无氧代谢机制。
4. 对运动伪影敏感, 运动所导致的像素信号改变会远远大于灌注所导致的信号改变。
5. 脉冲式标记信噪比低但能减少SAR值, 连续式标记信噪比高但对于系统硬件要求高。

3DASL应用优势:

1. 使用方便, 信噪比高, 伪影小, 可以减轻运动伪影。
2. 2D FAIR或EPISTAR灌注稳定性差, 临床应用不稳定。
3. 增强灌注扫描可操作性差, 随访应用不方便。

三维动脉自旋标记临床应用, 3D ASL

3D ASL, Pseudo-continuous Arterial Spin Labeling

临床应用:

- 脑血管疾病: 儿童, 新生儿, 甚至胎儿。
- 脑血管疾病: 缺血, 梗塞, 血管畸形。
- 肿瘤性疾病, 恶性肿瘤分级。
- 慢性退行性改变: AD, Parkinson's Disease。
- 感染或炎症性疾病。
- 癫痫。
- 随访。

注意事项:

1. 增强扫描后不能做3DASL。
2. 不适用于矢状或冠状面扫描。
3. 扫描分辨率不能过高, 否则信噪比过低。
4. 假牙等金属的存在会影响动脉血流标记。

3DASL动脉自旋标记成像

MR750

- 全脑三维成像
- GE独有，FDA认证
- 基于SPIRAL采集的FSE序列，运动不敏感，伪影小
- 与增强灌注对比良好，临床应用范围广泛



脑灌注成像的目的

- 1、明确有无脑局部缺血灶（梗死前期缺血、梗死外围的半暗带）
- 2、局部脑血流异常的解剖信息（分型）
 - ※阻塞型
 - ※动力型
- 3、对治疗方法及结果的评价
- 4、了解脑血流动力学功能信息（脑微循环状态；对缺血灶分期）
 - ※局部脑血流量下降或升高？
 - ※局部脑血管扩张或收缩？
 - ※局部血流速度变化情况？
- 5、了解脑局部血管的储备能力
 - ※激发（负荷）实验（乙酰唑胺负荷试验）
- 6、其他脑血管病之外的应用，例如评价脑肿瘤等

灌注成像：是靠血液动力学的参数来评价脑组织的病理变化

灌注成像的几个名词

BF—指在单位时间内流经一定量组织血管结构的血流量 (ml/min/ml);

BV—指存在于一定量组织血管结构内的血容量 (ml/g);

MTT—指血液流经血管结构时, 的平均通过时间表示, 主要反映的是对比剂通过毛细血管的时间 (S);

TTP—指从对比剂开始出现到对比剂达峰值的时间 (Transit time to the peak (S)。

MTT对比剂平均通过时间 (mean transit time)、

CBV—每克组织中所包含血管的体积 (ml/g)

CBF—每克组织中所包含液体流量 (ml/g/s)

中心容积定律 (central volume principle): $BF = BV / MTT$ 。

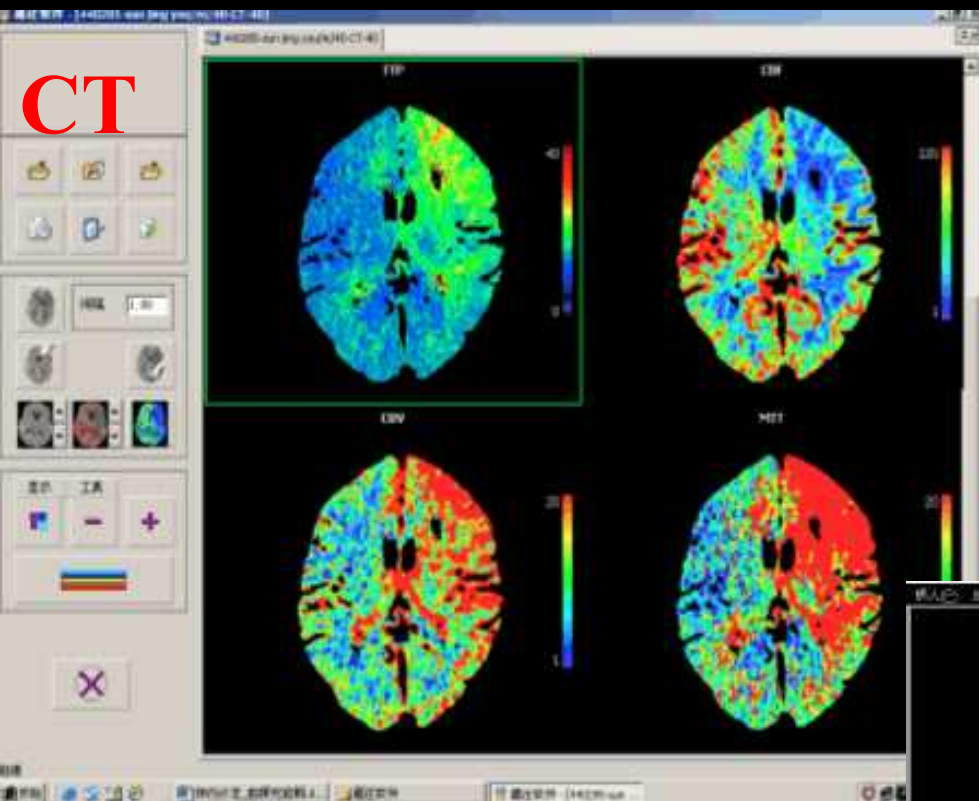
动态增强磁共振成像 (dynamic contrast enhanced MRI, DCE MRI) 磁共振

灌注成像 (Perfusion-weighted MR imaging, PWI)

CT灌注理论基础

- 放射性示踪剂稀释原理和中心容积定律.
- 1mg的碘使1ml的组织CT值增加25Hu，可以根据核医学的放射性示踪剂稀释原理，通过定量测定局部脑组织的碘聚集量，经计算得出局部脑组织的血流灌注量

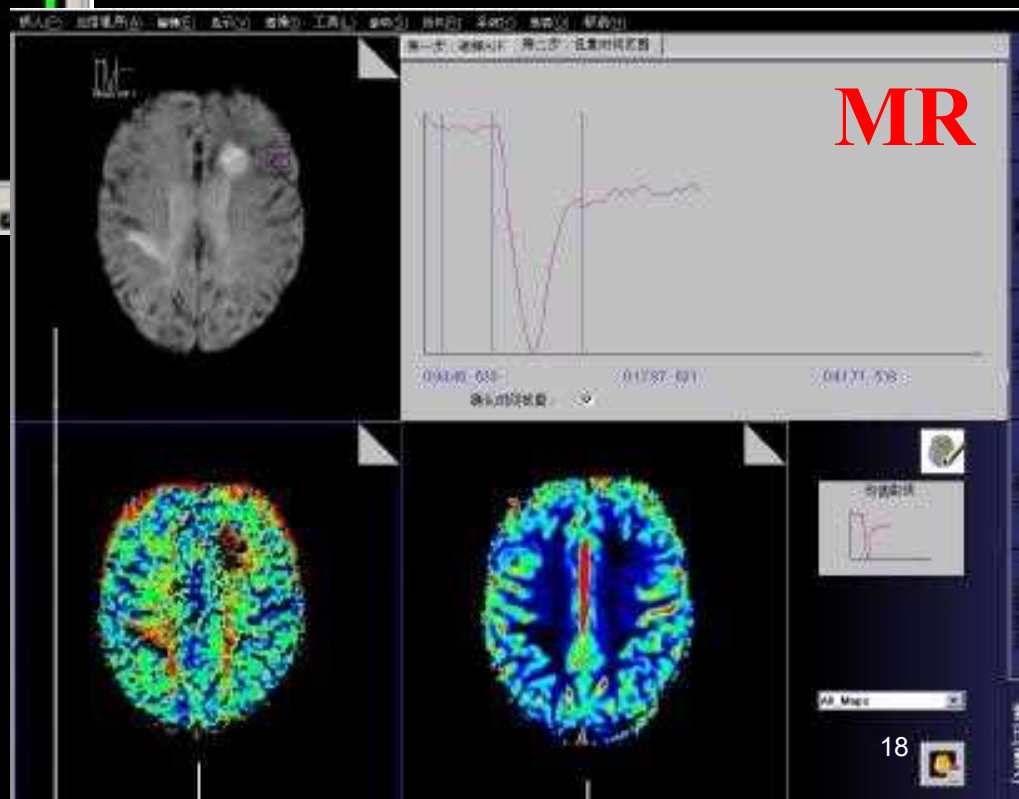
- $$CBF = \frac{CBV}{MTT}$$



CT\MR灌注成像操作

- 经静脉快速注入非离子型碘（MR为钆制剂）对比剂后，延迟5秒（MR稍长）进行动态扫描
- 在图像工作站作图像后处理，对动态CT或MR图像进行分析并计算脑血流动力学的有关参数图
- 根据色阶分别形成4种参数的彩图
- CT约40-50秒，MR约90-100秒完成

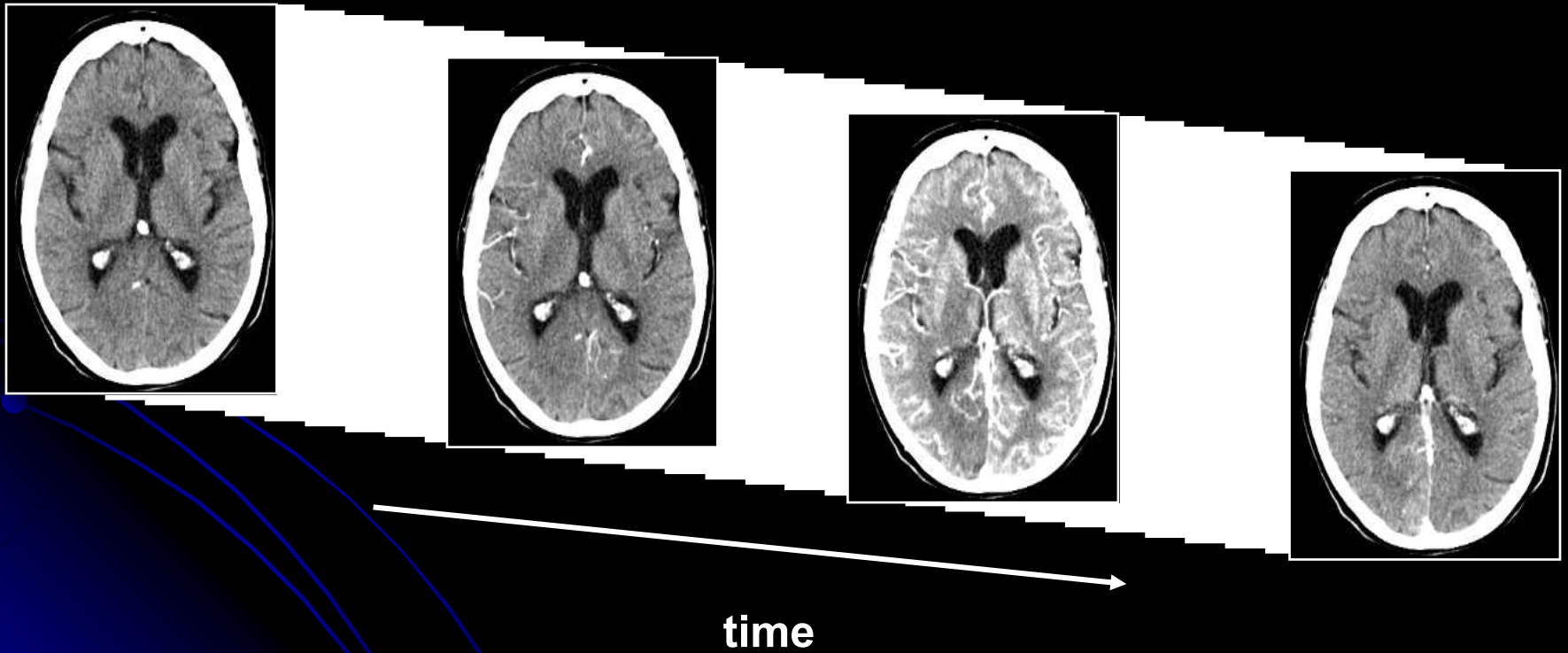
2021/5/18
扫描



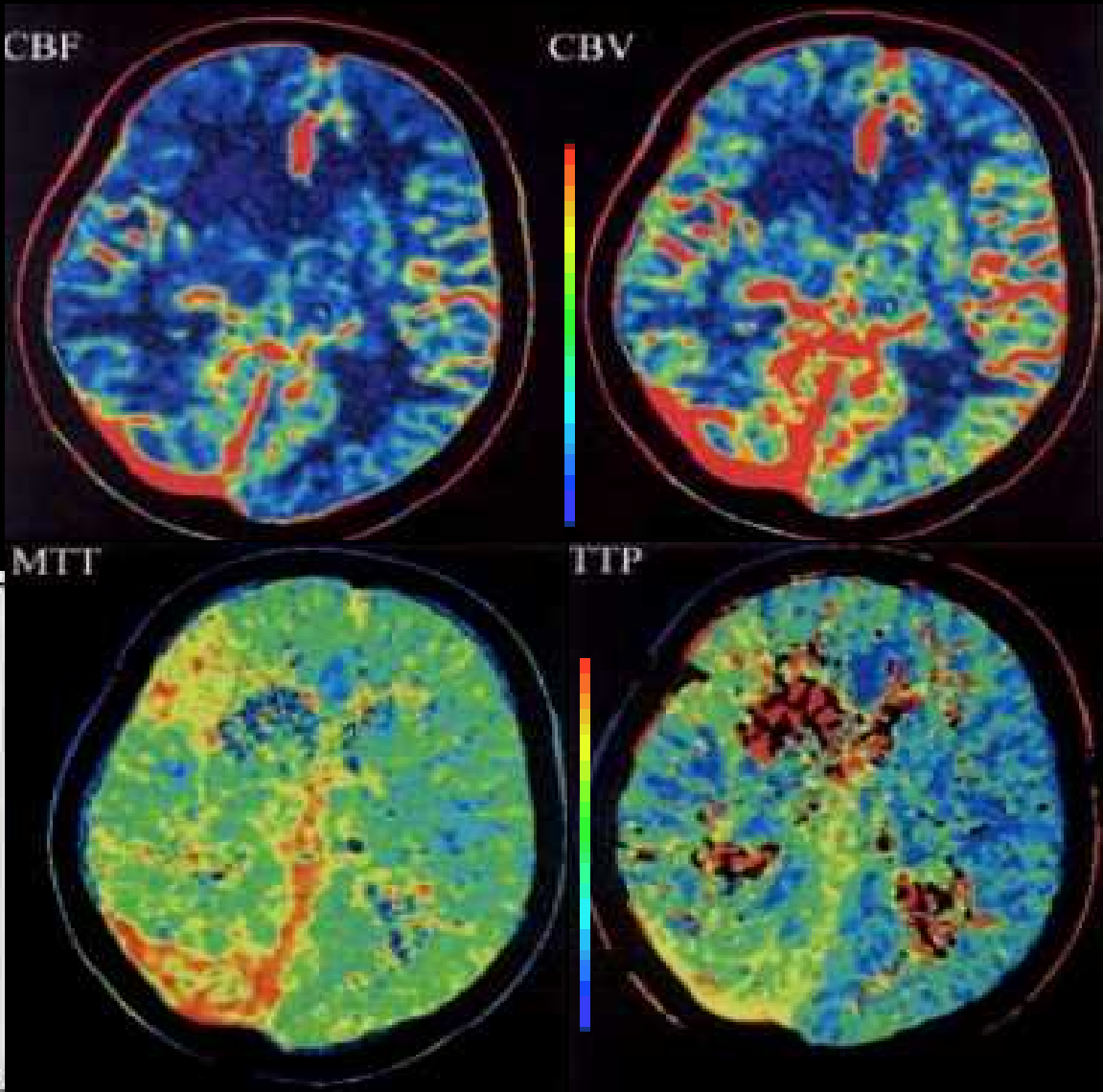
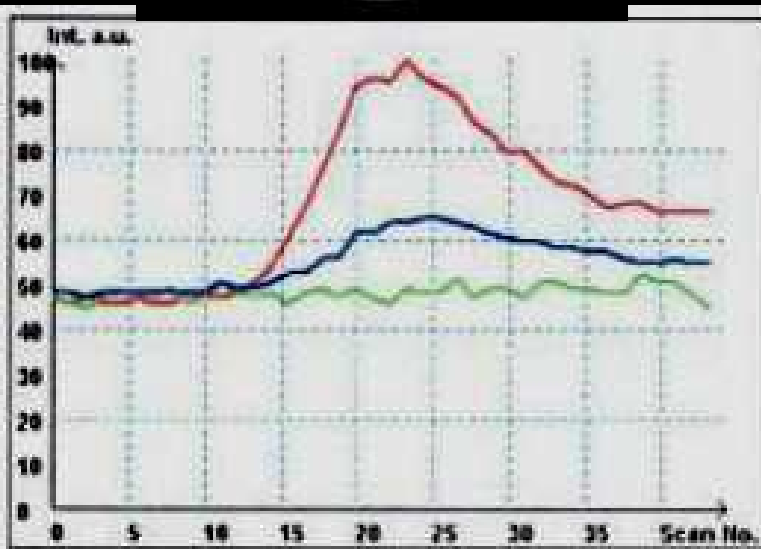
CT灌注成像—动态扫描

在外周静脉快速注入碘对比剂

对感兴趣区的层面进行连续扫描

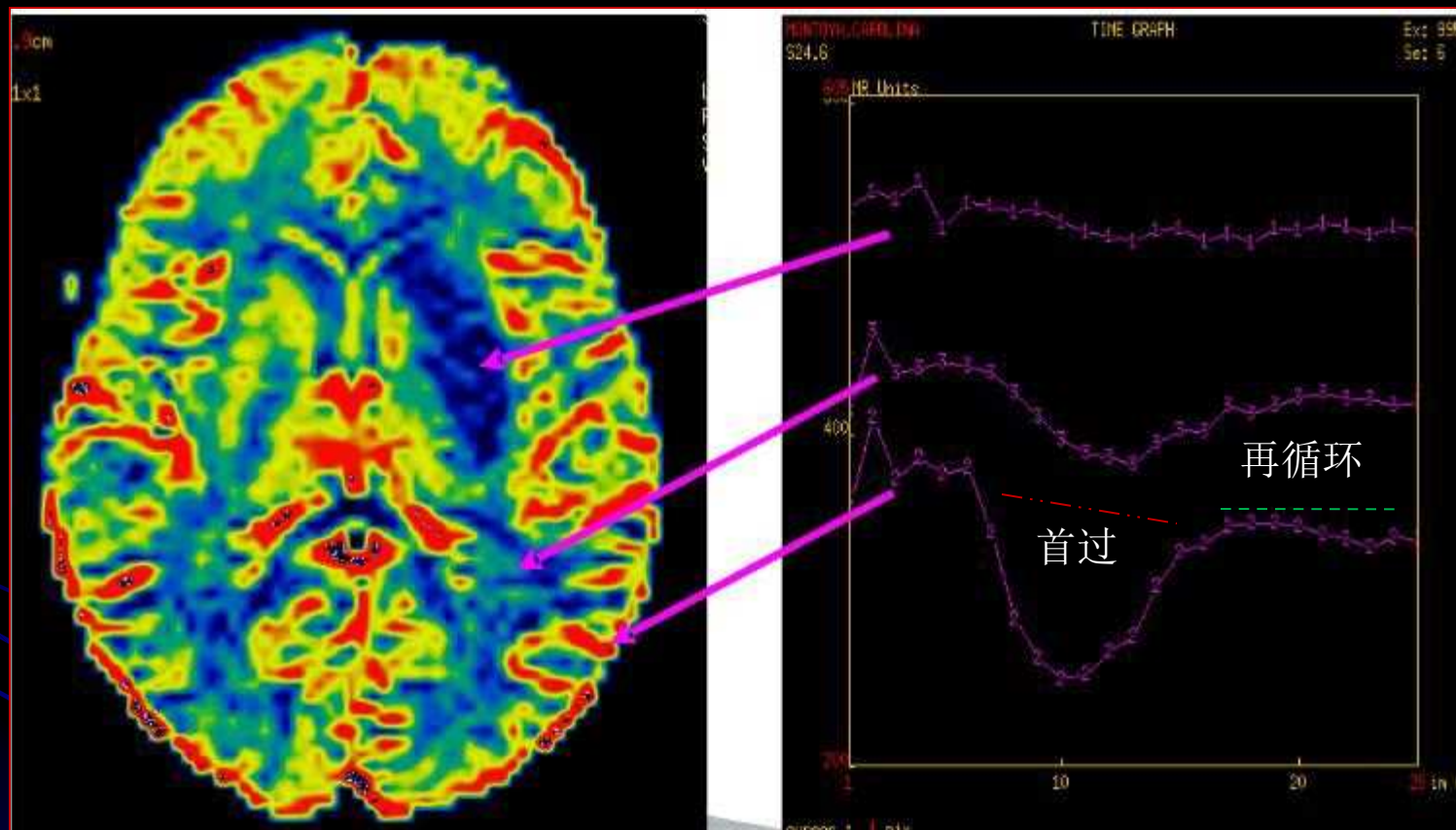


CT灌注成像后处理



右侧额叶梗死灶：绿色为其时间密度曲线
对侧为镜像对照：蓝色为其时间密度曲线
动脉输入函数（AIF）：红色曲线

获得4种参数的伪彩图²⁰



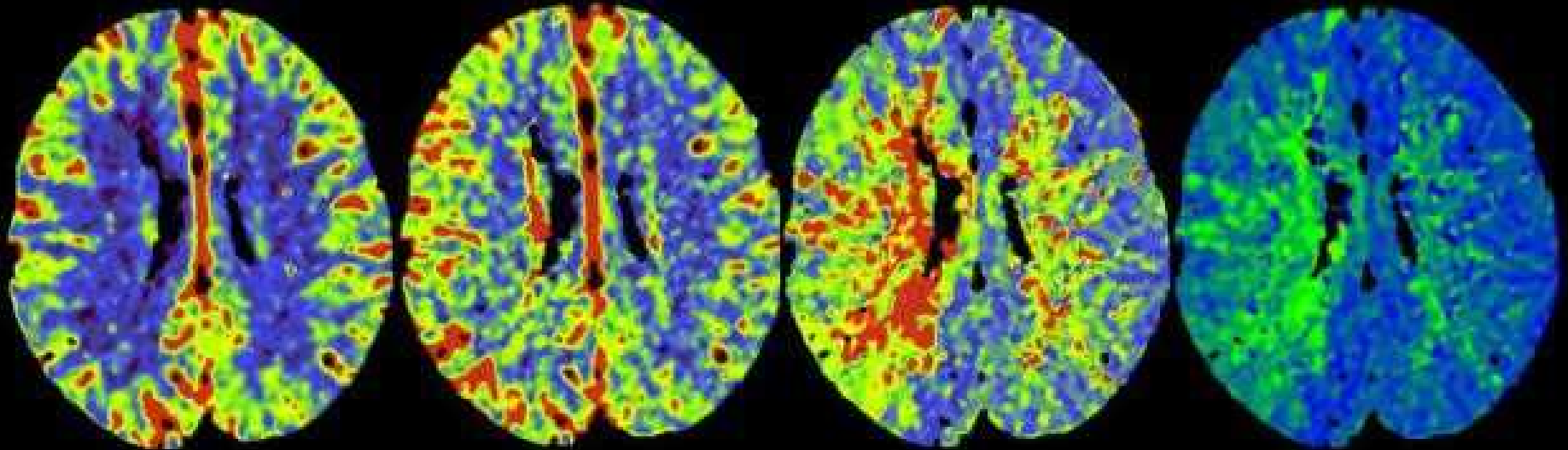
磁共振灌注参数图与对应的时间-信号曲线

CBF
脑血流量

CBV
脑血容量

MTT
平均通过时间

TTP
达峰时间



4种伪彩图，反映了4种血液动力学的参数

灌注成像，是看脑组织微循环的灌注图，更是看参数！

CT与MR灌注成像研究参数和图像

- 1、局部脑血流量（**regional cerebral blood flow, rCBF**）在单位时间内流经一定量脑组织血管结构的血容量，其值越小，脑组织血流量越低。
- 2、局部脑血容量（**regional cerebral blood volume, rCBV**）存在于一定量脑组织血管结构内的血容量。
- 3、局部平均通过时间（**regional mean transit time, rMTT**）指血液流经血管结构时,包括动脉、毛细血管、静脉，所经过的路径不同，其通过时间也不同，因此用平均通过时间表示，主要反映的是对比剂通过毛细血管的时间（血液由动脉流入至静脉流出的时间）。该值大，说明微循环不畅。
- 4、达峰时间（**time to peak, TTP**）指对比剂至脑内兴趣区达到峰值的时间。其值越大意味着对比剂团峰到达脑组织的时间越晚。

由上述4种参数而获得相应彩图

- “梗死前期”脑缺血灌注成像

急性脑缺血研究：相关概念

当脑血流灌注压在一定的范围内波动时，机体可以通过小动脉和毛细血管平滑肌的代偿性扩张或收缩来维持脑血流相对动态稳定。这种小动脉和毛细血管平滑肌的代偿性扩张或收缩又称为Bayliss效应

脑血管通过Bayliss效应维持脑血流正常稳定的能力称为脑循环储备力（cerebral circulation reserve, CCR）

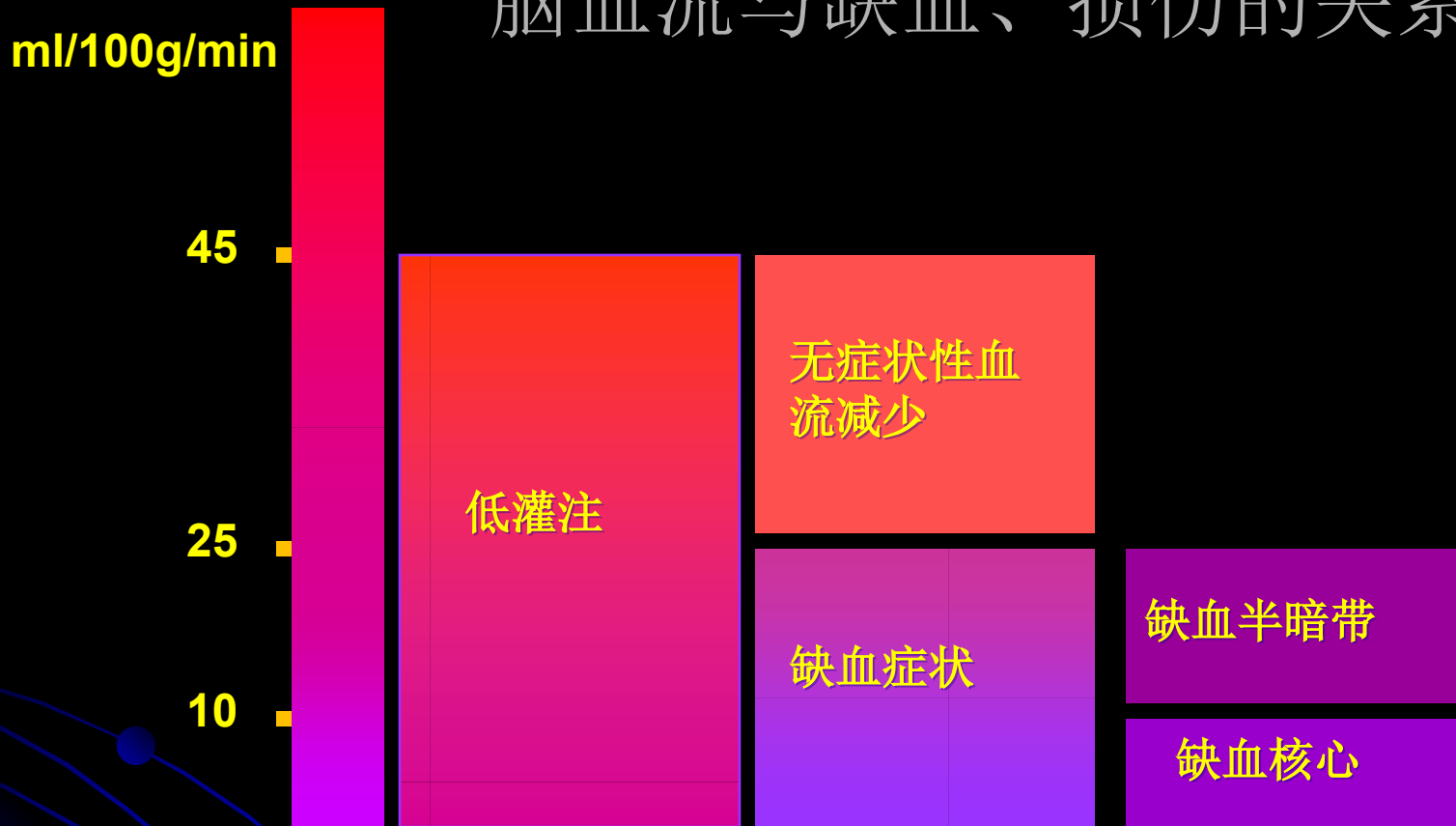
氧和葡萄糖的摄取率增加，以便维持细胞代谢的正常和稳定，这种能力称为脑代谢储备力（cerebral metabolism reserve, CMR）

“脑梗死前期”：

从CBF变化过程看，脑血流量的下降到急性脑梗死的发生,经历3个变化时期：

- 1 由于脑灌注压下降引起脑局部血流动力学异常改变
- 2 脑局部CCR失代偿性低灌注所造成的神经元功能改变
（这2个过程合称为梗死前期）
- 3 当CBF下降超过CMR才发生不可逆转的神经元形态学改变，即脑梗死

脑血流与缺血、损伤的关系



正常CBF值平均为50-55ml/min，皮、髓质血流量之比约2-3:1

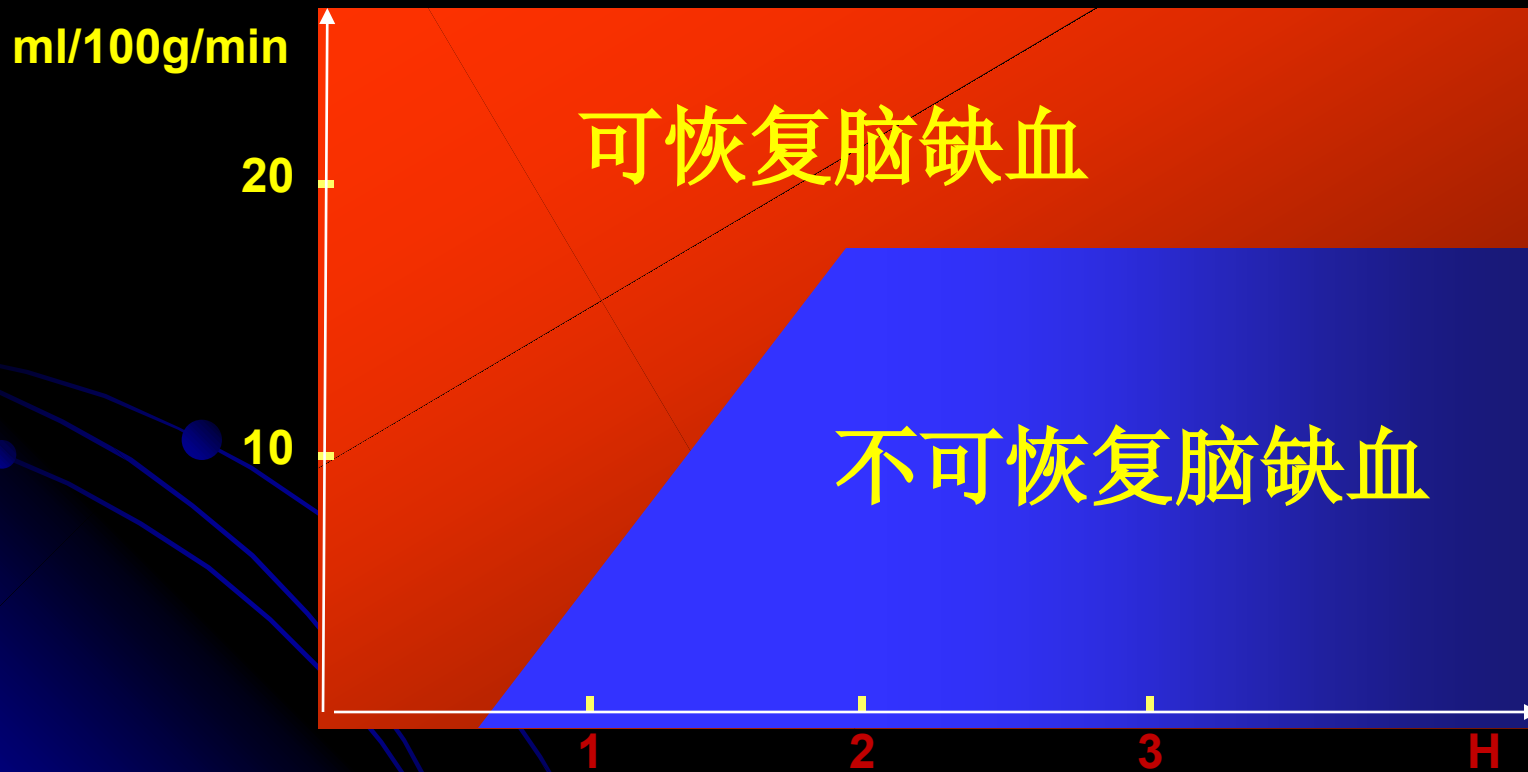
当 $CBF \leq 35\text{ml/min}$ ，N蛋白合成停止，若血量不继续降低，脑组织仍活存

当 $CBF \leq 20\text{ml/min}$ ，存活的神经元丧失功能；脑组织处于缺血态，存在可挽救区，称IP

当 $CBF \leq 10\text{ml/min}$ ，不可逆的脑死亡

脑缺血的可/不可恢复性

缺血时间、缺血程度的相关性



脑缺血的影像检查

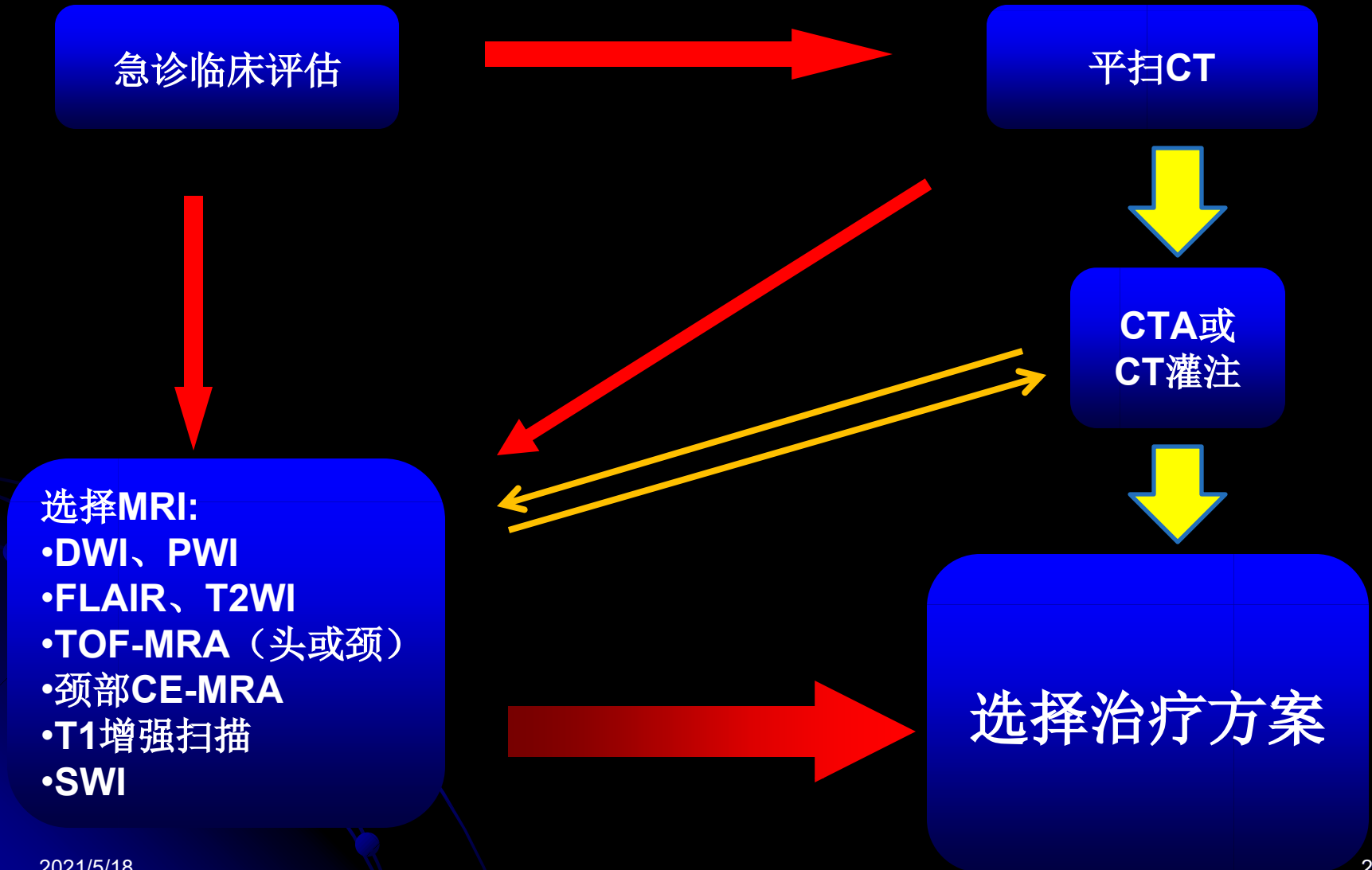
脑缺血的三个阶段



影像检查对应的病理阶段

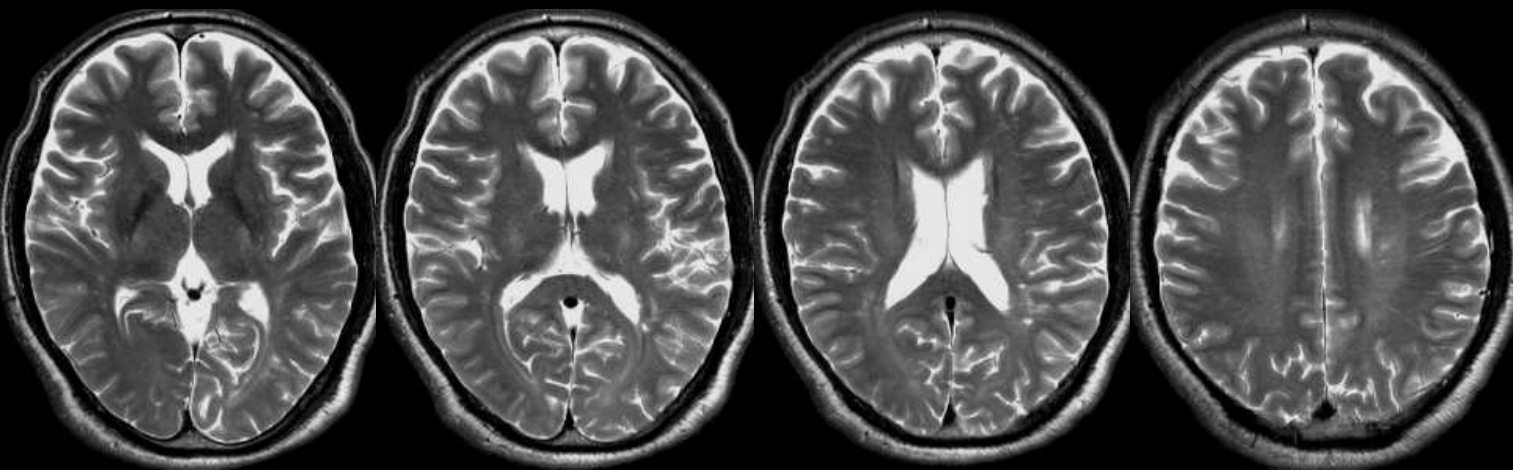
- ▶ **脑血流** —— 主要较大血管: **MRA; CTA; DSA**
微循环情况: **CT \ MR灌注成像; PET; ECT**
- ▶ **细胞功能** —— 脑扩散**MR (DWI)**: 细胞膜钠钾泵功能异常
MRS: 细胞代谢异常
- ▶ **组织结构** —— **Flair; T2; CT**

脑缺血的影像检查



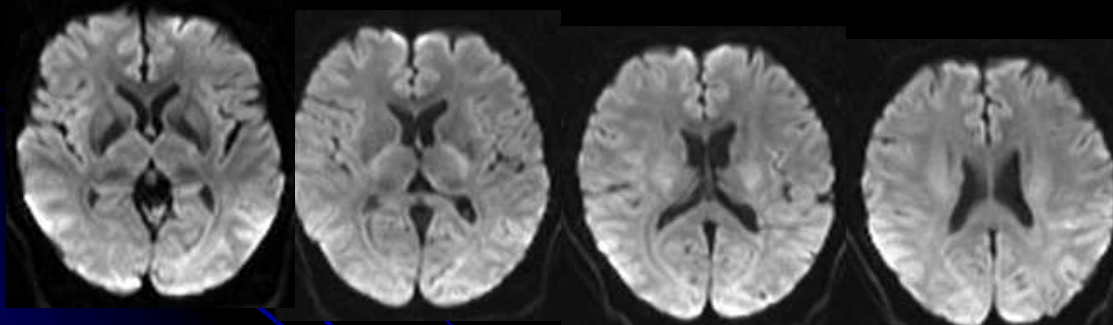
早期病变检查方法的选择非常重要

男，52岁。发作性右侧肢体无力1个月，神经系统查体阴性。



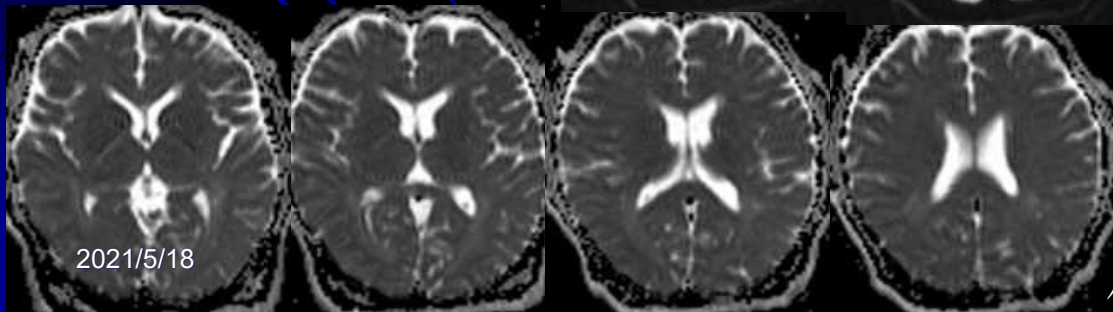
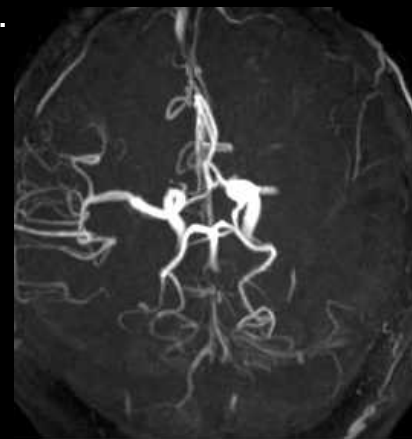
T2WI阴性，
接下来看：

DWI，或者同时、之前就已做了DWI检查



DWI也没有异常。
诊断：脑缺血发作，或TIA？

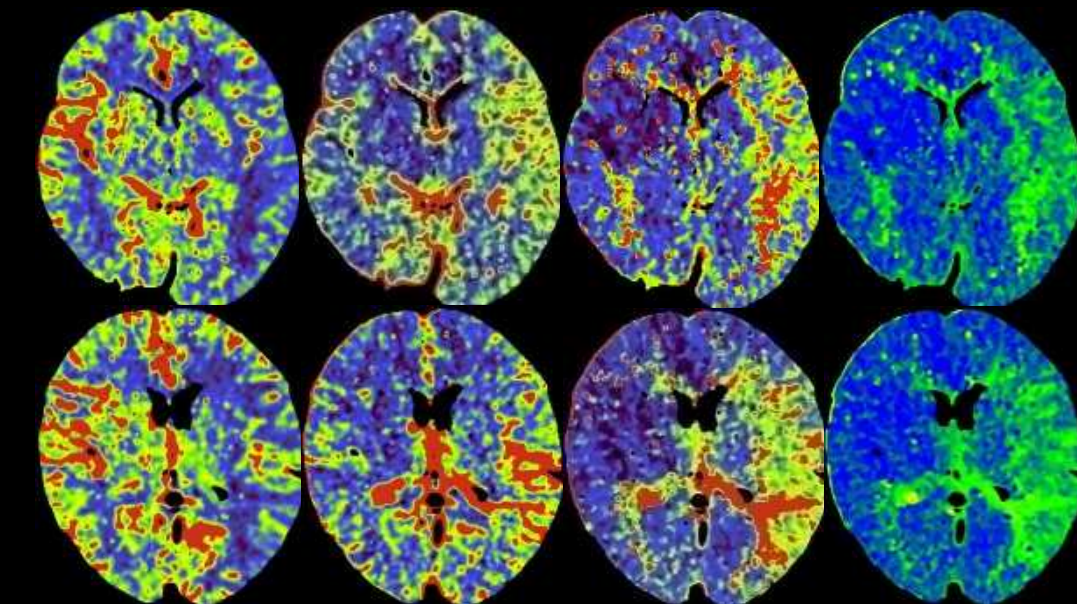
再彻底一下，
看看血管：做
头部MRA



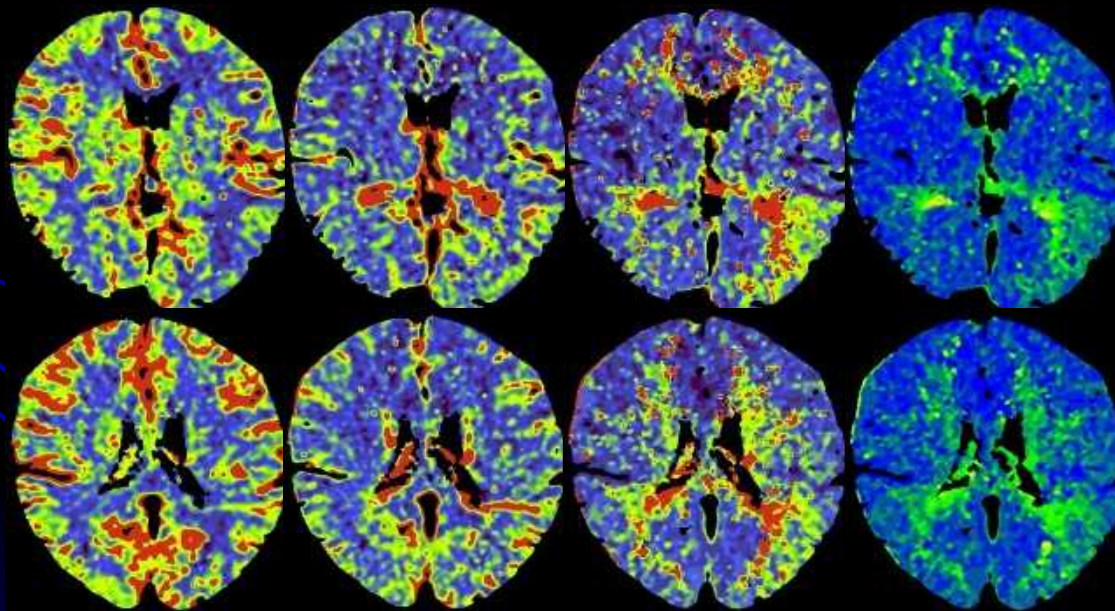
再做颈部血管看一下颈内动脉？

你认为该例病人，检查有缺陷吗？

pre



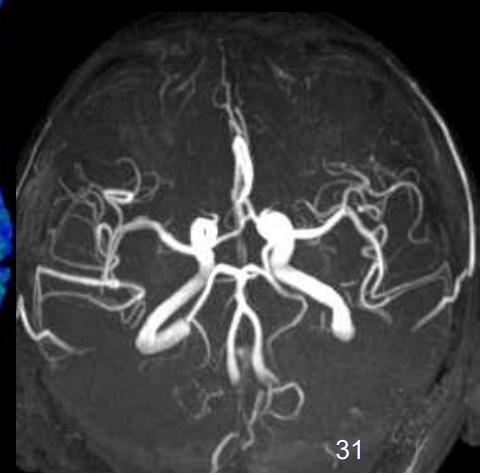
pots



灌注成像:

确诊、治疗的依据

治疗后的评价依据



以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/438042023072006024>