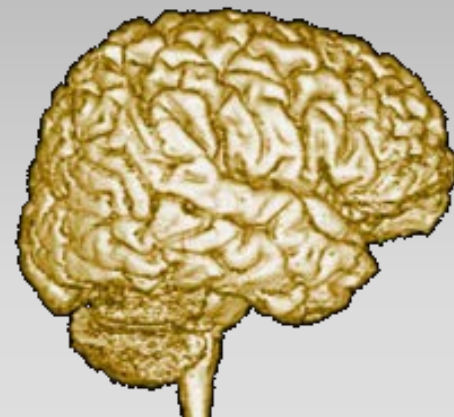


# Hur avbildar vi vävnadsklockan i praktiken? (Synpunkter från SFNR)



**Håkan Almqvist, bitr öl, specialist i neuroradiologi**  
**Funktionsenhetschef DT inom Funktionsområde**  
**Neuroradiologi**  
**Karolinska Universitetssjukhuset**

[hakan.almqvist@sll.se](mailto:hakan.almqvist@sll.se)



**SFNR**

Svensk förening för Neuroradiologi

**Great things  
never came from  
comfort zones**

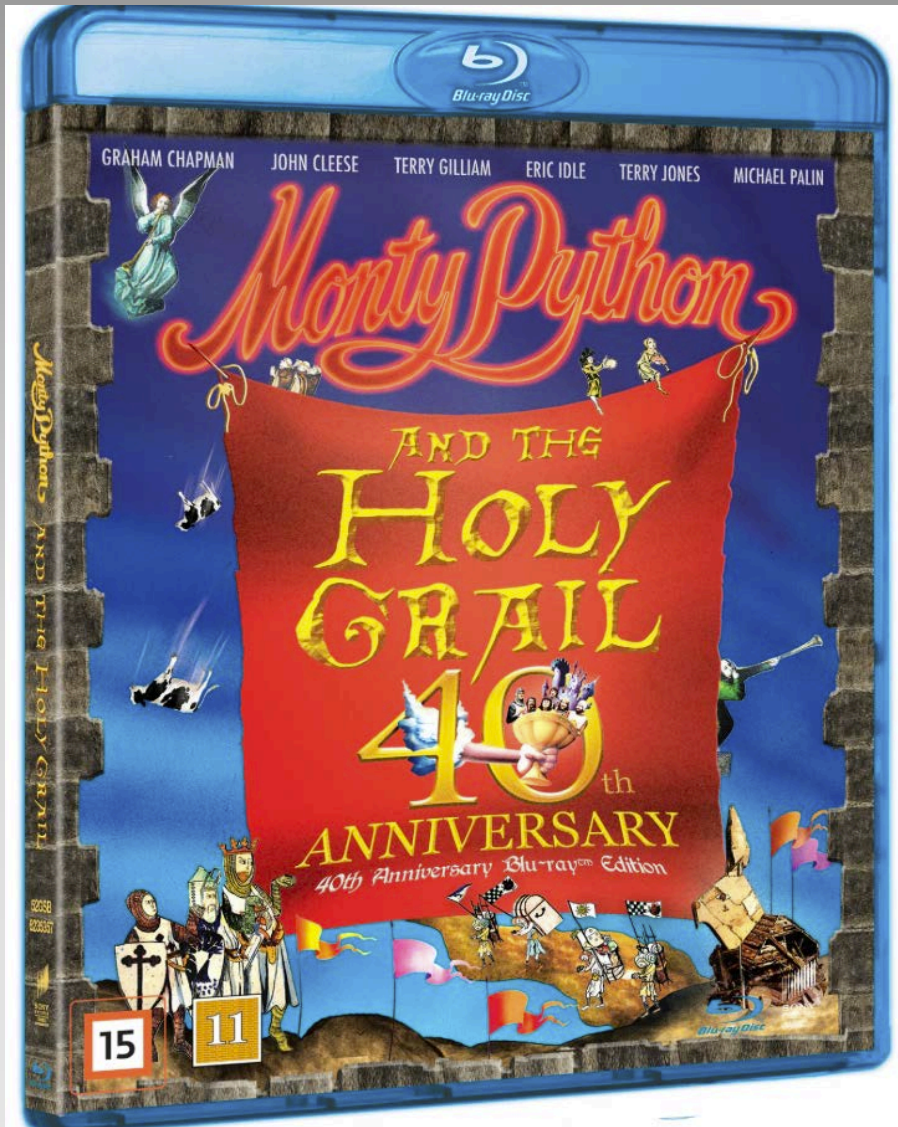
CT HJÄRNA



CT-ANGIOGRAFI

PERFUSION

MULTIFAS - CTA



Bakgrunden:

Metoder

Vad tror vi att vi vet?

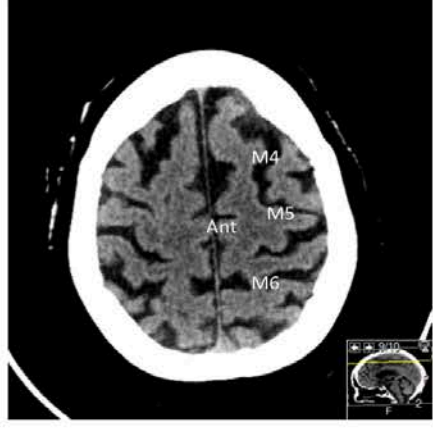
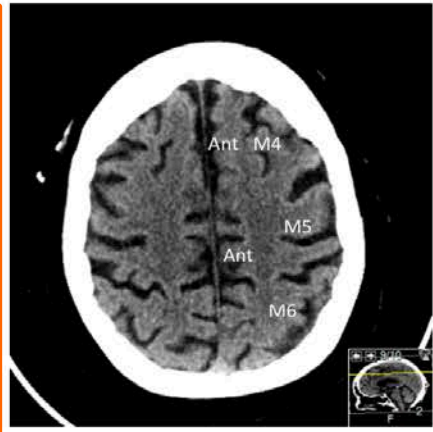
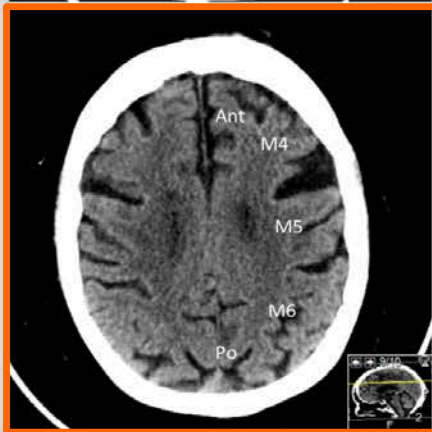
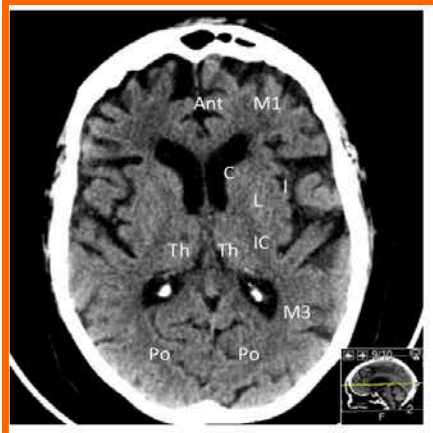
Baserat på vad?

# Vävnadsklockan - alternativen

- CT Hjärna
- CT Hjärna + CT-angiografi singelfas
- CT Hjärna + CT-angiografi multifas
- CT hjärna + CT-angiografi + CT-perfusion
- MR Hjärna – ffa diffusion (FLAIR-DWI mismatch)
- MR Hjärna + MR-angio
- MR Hjärna + MR-angio + MR-perfusion
- (PET / Xenon-CT )

# Skattningsskalor

- 1/3 av MCA eller 1/2 ACA eller PCA
- ASPECT (nativ CT hjärna – 2 snitt eller volymen)
- pc-ASPECT (nativ CT och/eller CT-angio-baserat)
- Infarktvolum (i regel pga retrospektiv forskning)
- Kollateral scoring – två olika modeller med olika skala
  - singelfas sCTA (MR CLEAN)
  - multifas mCTA (Calgary).
- Olika uppföljning – från inom 1 timme – till efter 5 dagar, olika modaliteter och teknik.



## ASPECT 10p

Nativ DT A cer media

- Internal capsule
- Lentiform
- Caudate head
- Insula
- M1 Frontal operc
- M2 Temporalt
- M3 Temporalt
- M4 Frontalt
- M5 Front/Pariet
- M6 Parietalt

## pc-ASPECT 10p

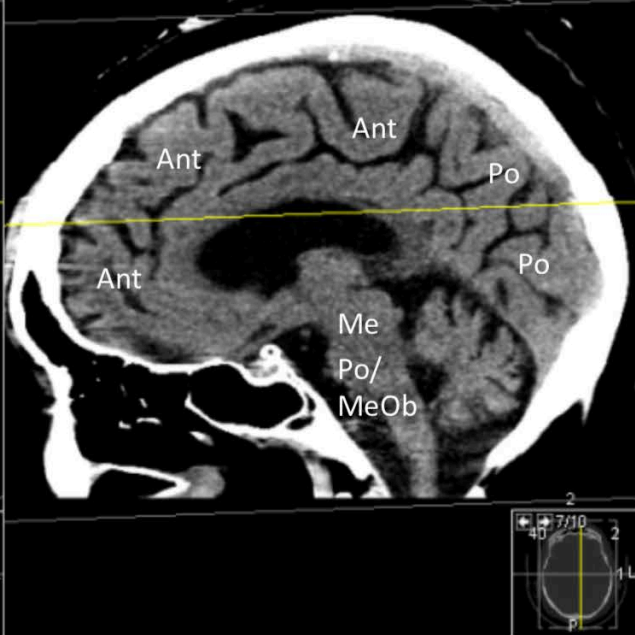
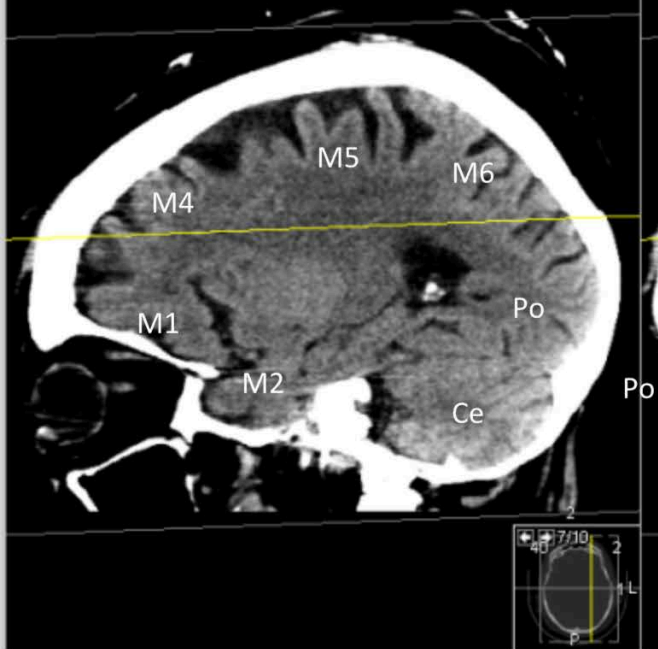
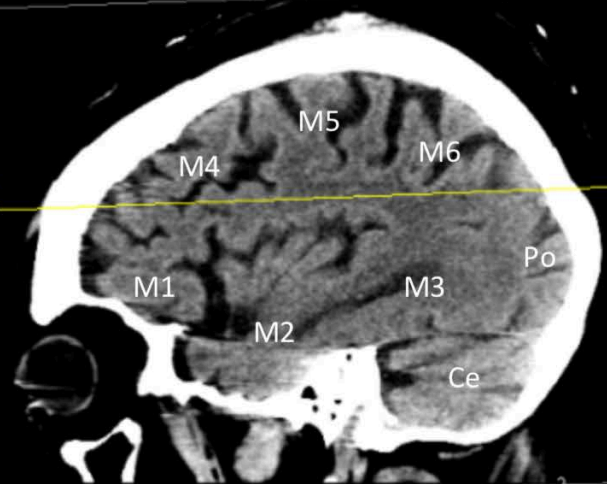
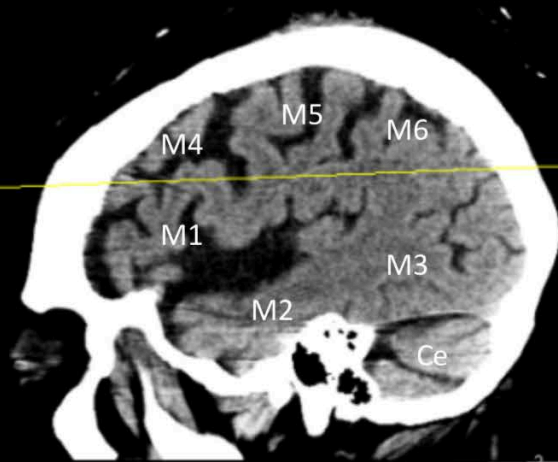
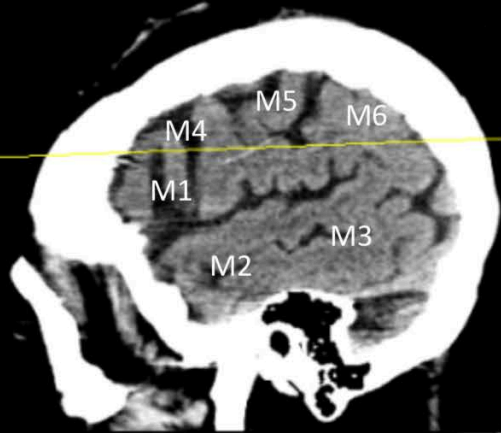
CTA-SI för bakre cirkulationen

- Cerebellum dx/sin
- Thalamus dx/sin
- Posterior dx/sin
- Mesencephalon 2p
- Pons/Med oblon 2p

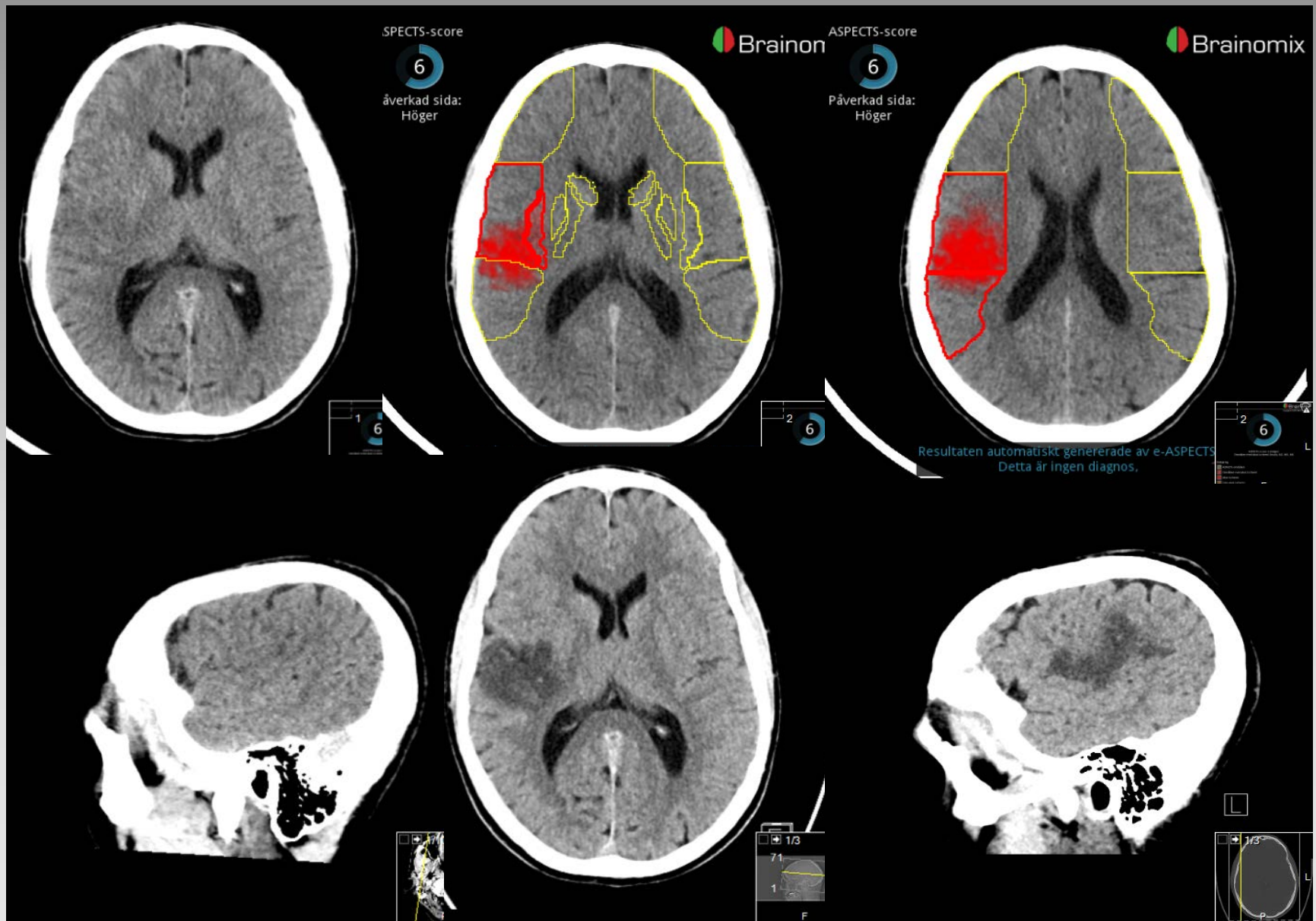
Ingen skala för

- A cer anterior.





[hakan.almqvist@sl.se](mailto:hakan.almqvist@sl.se)

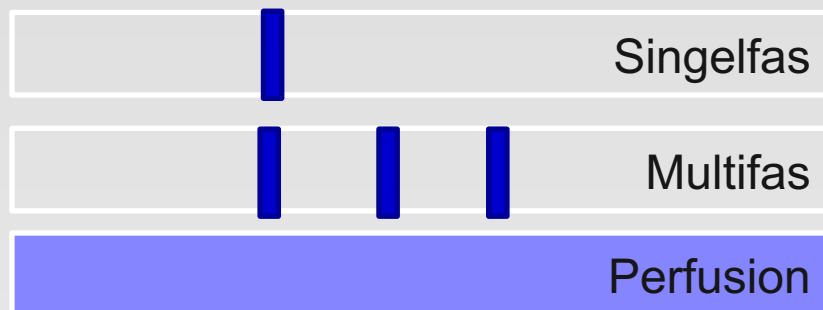
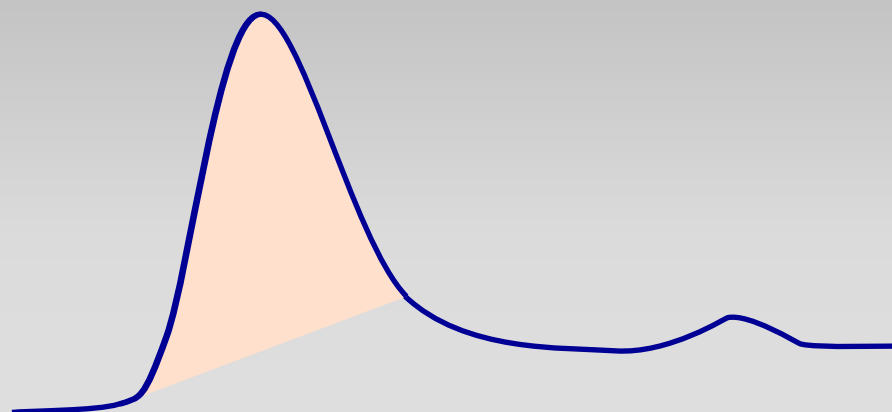




# Singelfas CT-angiografi

## Multifas CT-angiografi

### Perfusion



Låg stråldos

+ 1 DT hjärna

+ 5 -10 DT hjärna

# mCTA

CT-angiografi

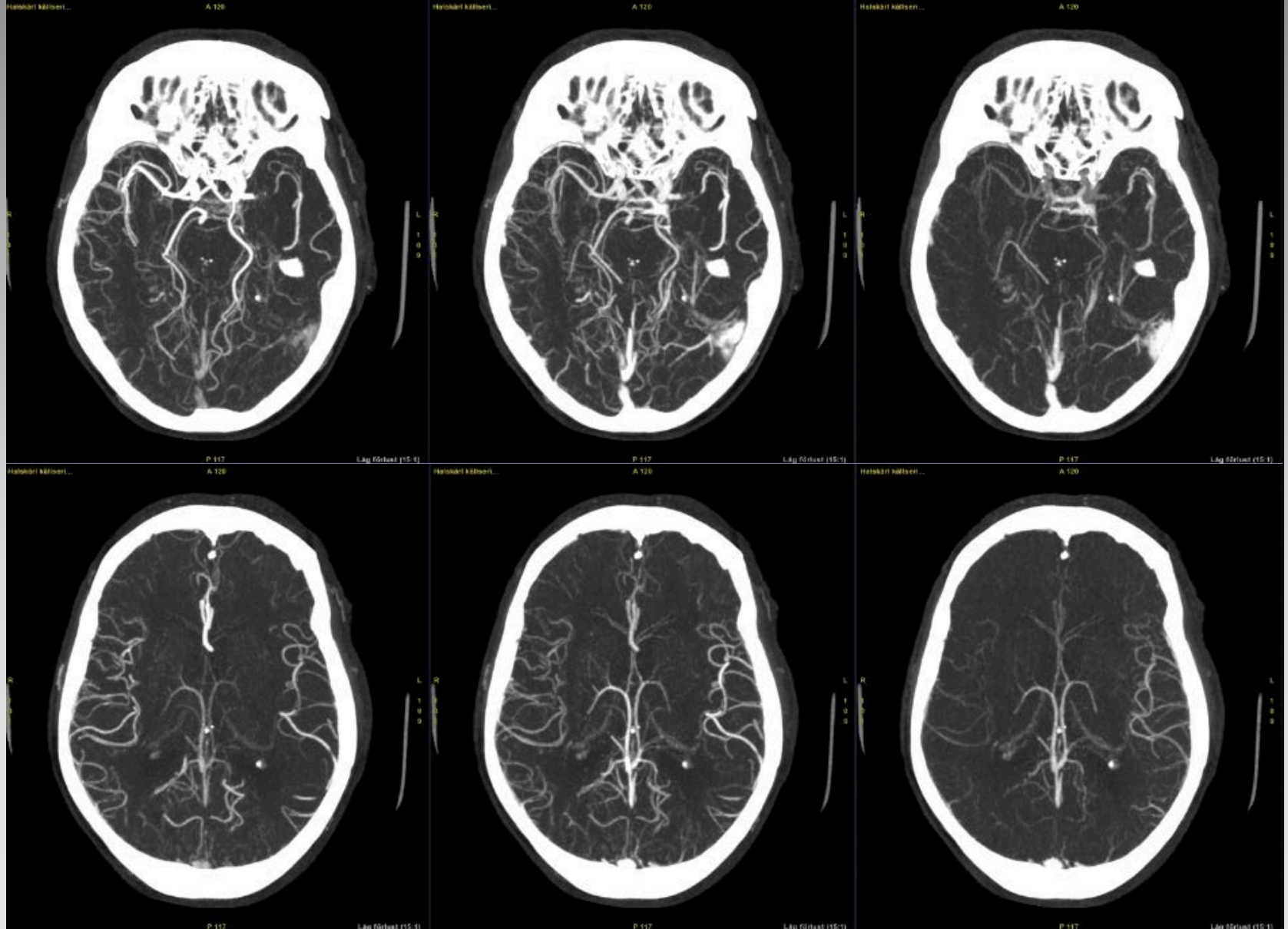
Fas 1 aorta – vertex

Fas 2 efter 8 sek- över hjärnans kärl

Fas 3 efter 8 sek- över hjärnans kärl

**Bevarade piala kollateralerna är korrelerat till bra funktion (mRS 0-2) efter trombektomi\*.**

*\*García-Tornel, A. et al. (2016). Interventional Neurology, 5(3-4), 209–217.*



# Goda kollateraler

[hakan.almqvist@sl.se](mailto:hakan.almqvist@sl.se)

# mCTA skala från Calgary gruppen

| Kollateraler i det drabbade kärlområdet | Poäng | Beskrivning:<br>Avser alltid jämfört en friska artärernas utbredningsområdet i kontralaterala hemisfären.<br>Avser hur kärlen distalt om ocklusionen fylls via kollateraler i det drabbade området. |
|-----------------------------------------|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Bra                                     | 5     | Identiskt med frisk sida – ingen skillnad i kontrastäthet i kärlen. Ingen fasförskjutning.                                                                                                          |
|                                         | 4     | Fasförskjutning med 1 fas men alla kärlen finns.                                                                                                                                                    |
| Intermediära                            | 3     | Fasförskjutning med 2 faser, alla kärlen finns.<br>Eller<br>Fasförskjutning med 1 fas men kärlen är smalare och enstaka kärl saknas inom området.                                                   |
|                                         | 2     | Fasförskjutning med 2 faser, alla kärlen finns men fyller ej ut hela området.<br>Eller<br>Fasförskjutning med 1 fas, kärl saknas inom delar av inom området.                                        |
| Dåliga                                  | 1     | Inom det drabbade området finns enstaka kärl i någon av de tre faserna.                                                                                                                             |
|                                         | 0     | Inom det drabbade området saknas helt kärl i någon av de tre faserna                                                                                                                                |

Advokerar nu för en separat bedömning av främre och bakre kollateraler = 10 p skala

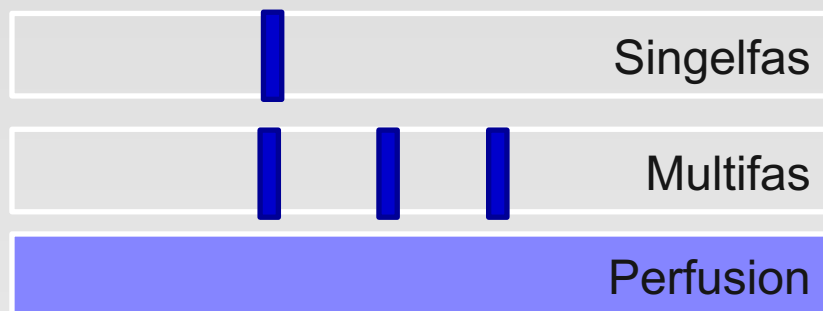
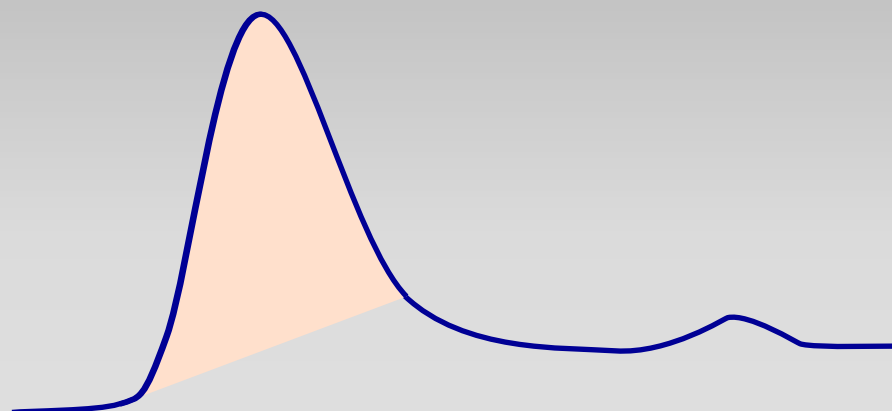
*Collateral Scoring on CT Angiogram Must Evaluate Phase and Regional Pattern;  
Colin Casault, Canadian Journal of Neurological Sciences, 2017*



# Singelfas CT-angiografi

## Multifas CT-angiografi

### Perfusion



Låg stråldos

+ 1 DT hjärna

+ 2 -10 DT hjärna

# CT perfusion

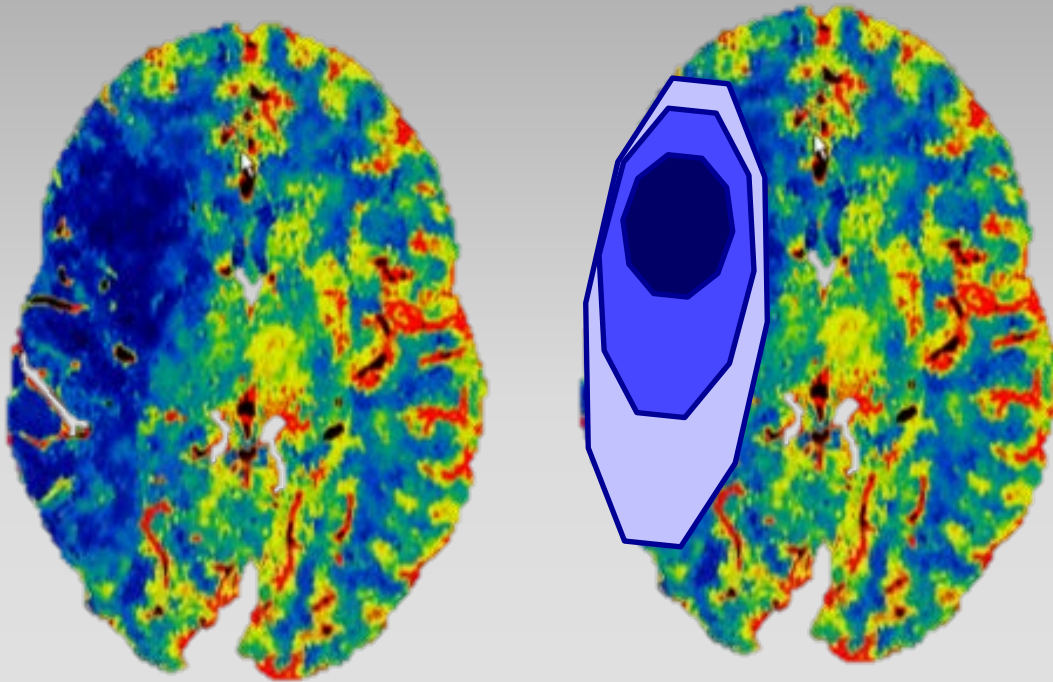
3 principiellt olika tekniker och ännu maskiner

I Region Stockholm kan de flesta CT-maskinerna utföra perfusion utan extra kostnader

*“Penumbra” / Mismatch konceptet\*\**

\*\*Albers, G. W et al, DEFUSE 3 (2018). NEJM, 378(8), 708–718.

\*\*Nogueira, R. G et al. DAWN (2018). NEJM, 378(1), 11–21.



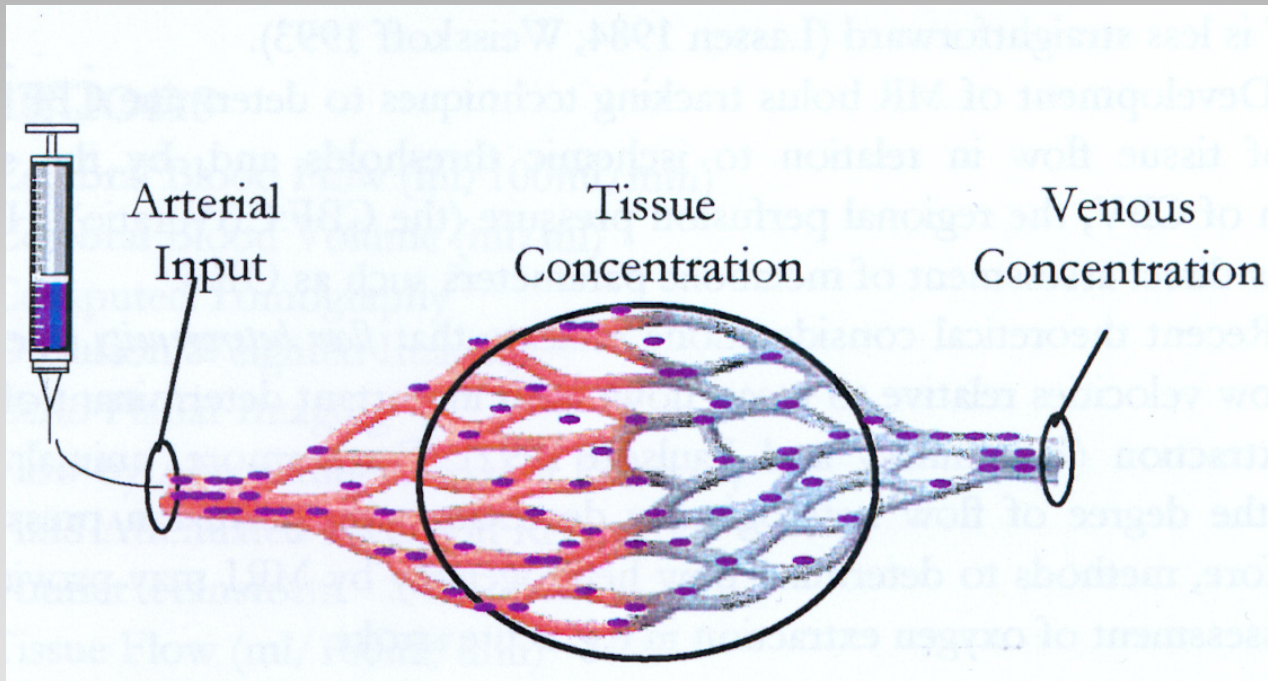
Infarkt

Penumbra

Oligemi

# Central volume principle

(Meier et Zieler, J app Physiol, 1954)

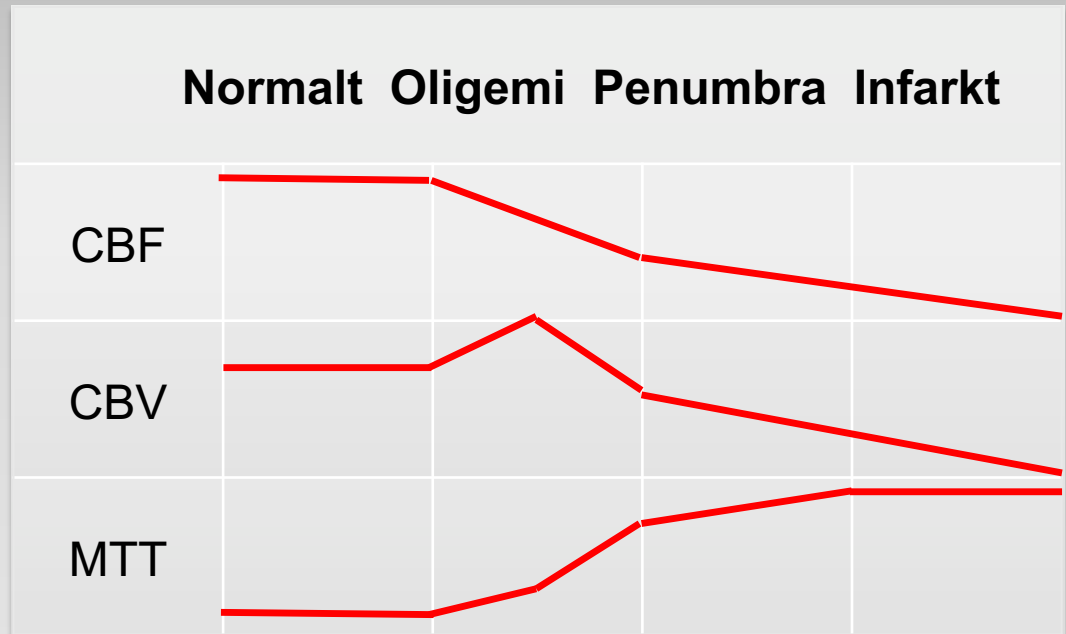


$$\text{CBF} \times \text{MTT} = \text{CBV}$$

# Hjärnans autoregulation

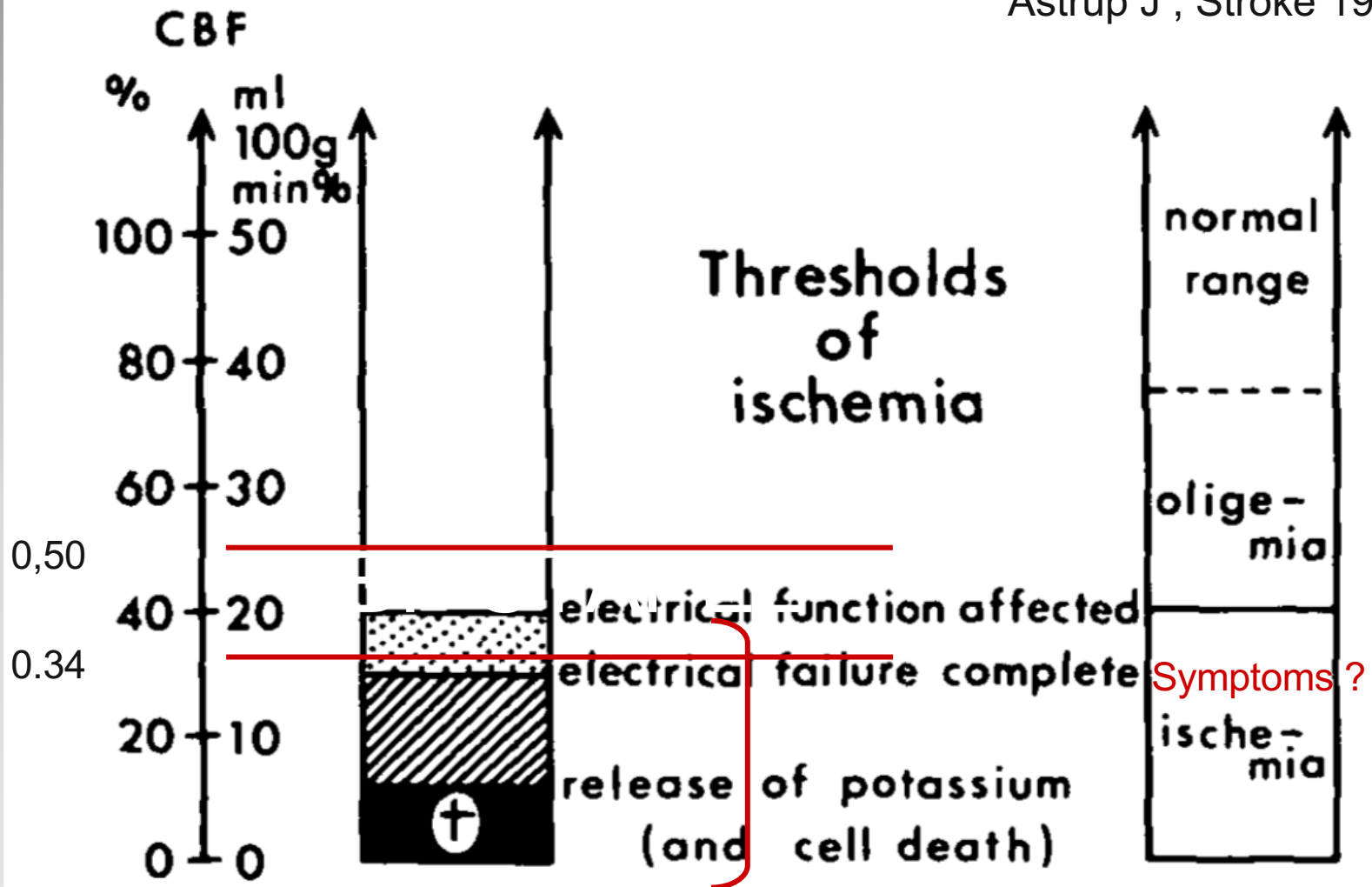
Hålla ett konstant  
perfusions-tryck / -  
flöde

Vid ischemi startar  
kompensatoriska  
mekanismer



*Syreextraktionsförmåga*



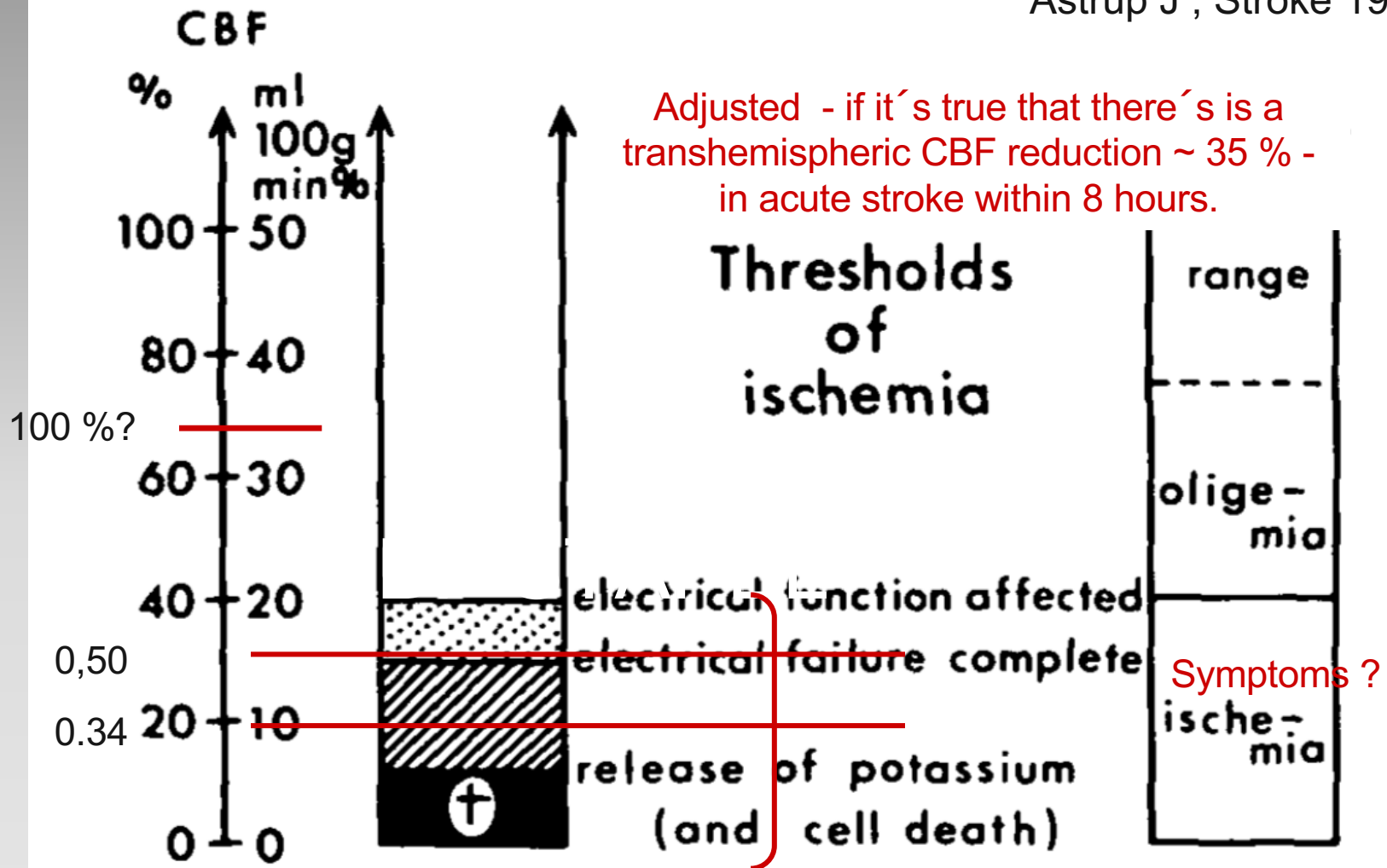


14 pat, ia therapy < 8 hours Schaefer et al, AJNR jan 2006

# Diaschisis

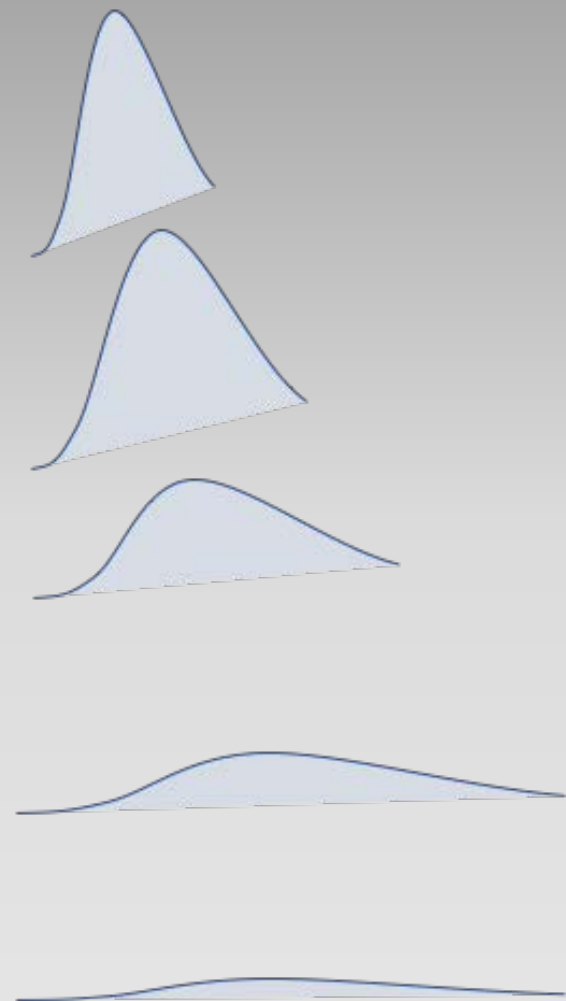
Loss of function and electrical activity due to cerebral lesions in areas remote from the lesion but neuronally connected to it.

Constantin von Monakov, *Gehirnpatologie* (1897; second edition 1905). Professor in neurology, brain pathology and anatomy in Zurich.



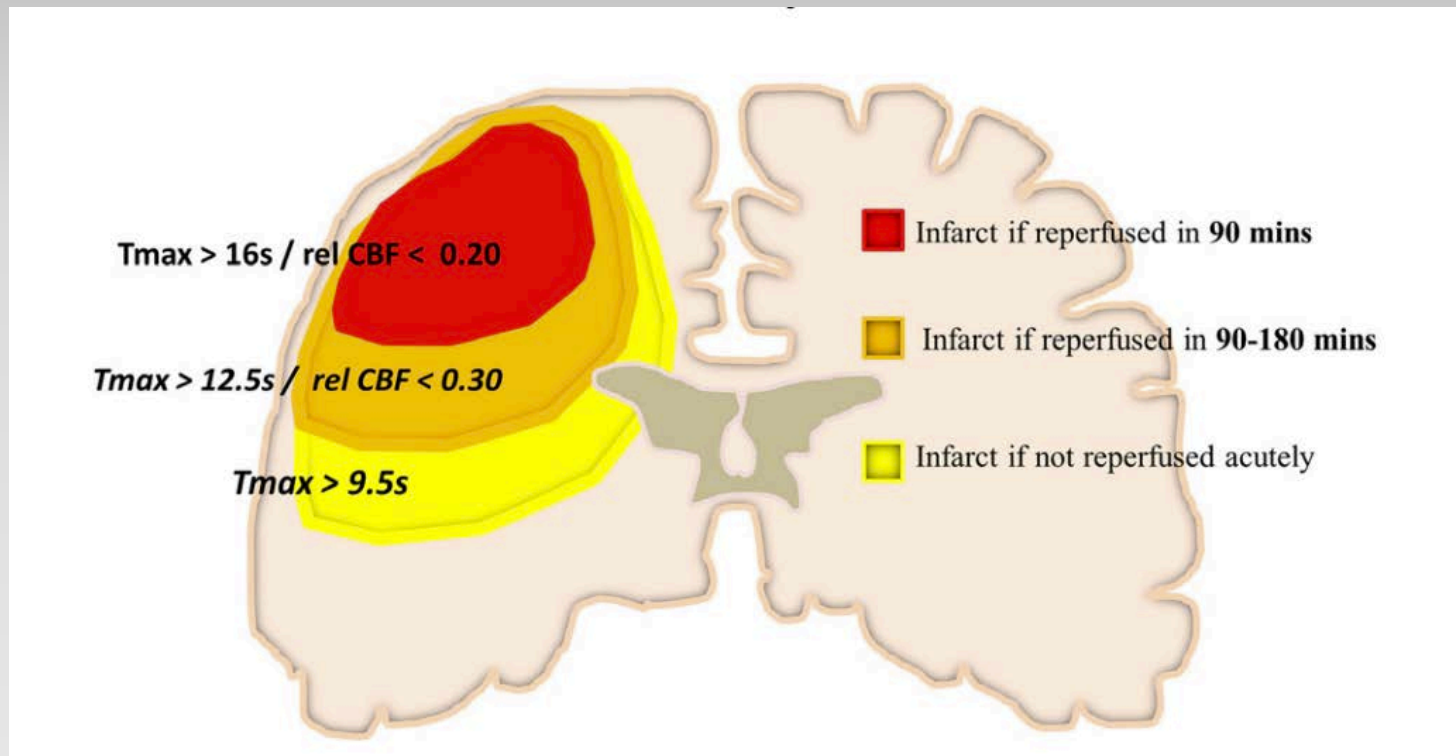
Remote Effects of Acute Ischemic Stroke: A Xenon CT Cerebral Blood Flow Study  
 Giorgio Rubin et al, Cerebrovasc Dis 2000;10:221-228

|          | TTP/Tmax   | MTT   | CBF          | CBV        |
|----------|------------|-------|--------------|------------|
| Normalt  |            |       |              |            |
| Oligemi  | +          | +     | -            | +          |
| Oligemi  | ++         | ++    | --           | -          |
| Penumbra | +++<br>> 6 | +++   | ---<br>10-18 | --         |
| Infarkt  | +++++      | +++++ | ----<br>< 10 | ---<br>< 1 |



# Time-Dependent Computed Tomographic Perfusion Thresholds for Patients With Acute Ischemic Stroke

*(Christopher D. d'Esterre, Stroke 2015)*



# Capillary transit time heterogeneity

## REVIEW ARTICLE

### The role of the cerebral capillaries in acute ischemic stroke: the extended penumbra model

Leif Østergaard<sup>1,2</sup>, Sune Nørhøj Jespersen<sup>2,3</sup>, Kim Mouridsen<sup>2</sup>, Irene Klærke Mikkelsen<sup>2</sup>, Kristjana Ýr Jonsdottír<sup>2,4</sup>, Anna Tietze<sup>1,2</sup>, Jakob Udby Blicher<sup>2,5</sup>, Rasmus Aamand<sup>2</sup>, Niels Hjort<sup>2,6</sup>, Nina Kerting Iversen<sup>2</sup>, Changsi Cai<sup>2</sup>, Kristina Dupont Hougaard<sup>2,6</sup>, Claus Z Simonsen<sup>2,6</sup>, Paul Von Weitzel-Mudersbach<sup>6</sup>, Boris Modrau<sup>7</sup>, Kartheeban Nagenthiraja<sup>2</sup>, Lars Riisgaard Ribe<sup>2</sup>, Mikkel Bo Hansen<sup>2</sup>, Susanne Lise Bekke<sup>2</sup>, Martin Gervais Dahlman<sup>2</sup>, Josep Puig<sup>8</sup>, Salvador Pedraza<sup>8</sup>, Joaquín Serena<sup>9</sup>, Tae-Hee Cho<sup>10</sup>, Susanne Siemonsen<sup>11</sup>, Götz Thomalla<sup>12</sup>, Jens Fiehler<sup>11</sup>, Norbert Nighoghossian<sup>10</sup> and Grethe Andersen<sup>6</sup>

The pathophysiology of cerebral ischemia is traditionally understood in relation to reductions in cerebral blood flow (CBF). However, a recent reanalysis of the flow-diffusion equation shows that increased capillary transit time heterogeneity (CTTH) can reduce the oxygen extraction efficacy in brain tissue for a given CBF. Changes in capillary morphology are typical of conditions predisposing to stroke and of experimental ischemia. Changes in capillary flow patterns have been observed by direct microscopy in animal models of ischemia and by indirect methods in humans stroke, but their metabolic significance remain unclear. We modeled the effects of progressive increases in CTTH on the way in which brain tissue can secure sufficient oxygen to meet its metabolic needs. Our analysis predicts that as CTTH increases, CBF responses to functional activation and to vasodilators must be suppressed to maintain sufficient tissue oxygenation. Reductions in CBF, increases in CTTH, and combinations thereof can seemingly trigger a critical lack of oxygen in brain tissue, and the restoration of capillary perfusion patterns therefore appears to be crucial for the restoration of the tissue oxygenation after ischemic episodes. In this review, we discuss the possible implications of these findings for the prevention, diagnosis, and treatment of acute stroke.

*Journal of Cerebral Blood Flow & Metabolism* (2013) **33**, 635–648; doi:10.1038/jcbfm.2013.18; published online 27 February 2013

**Keywords:** acute ischemic stroke; capillary transit time heterogeneity (CTTH); cerebrovascular reserve capacity (CVRC); penumbra; reperfusion injury; stroke risk factors



# 4D- MR angio atlas av hjärnan

”Beroende på hur anatomin ser ut, och därmed hur bra den kollaterala cirkulationen fungerar, kan en likadan kärlförträngning ge väldigt olika påverkan på blodförsörjningen till hjärnvävnaden.”

*Dunås T. Blood flow assessment in cerebral arteries with 4D flow magnetic resonance imaging - An automatic atlas-based approach. Umeå University; 2018.*

# Perfusionsmjukvaror

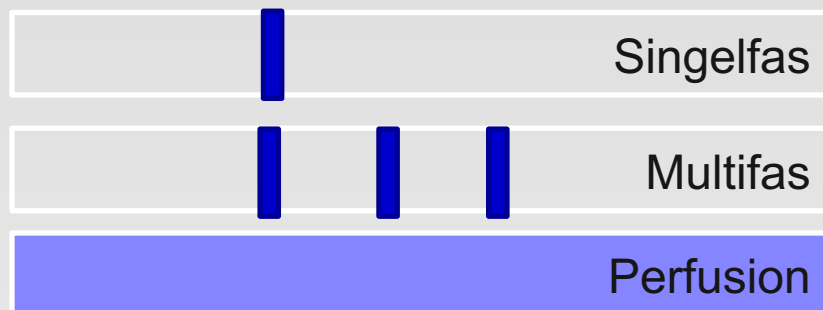
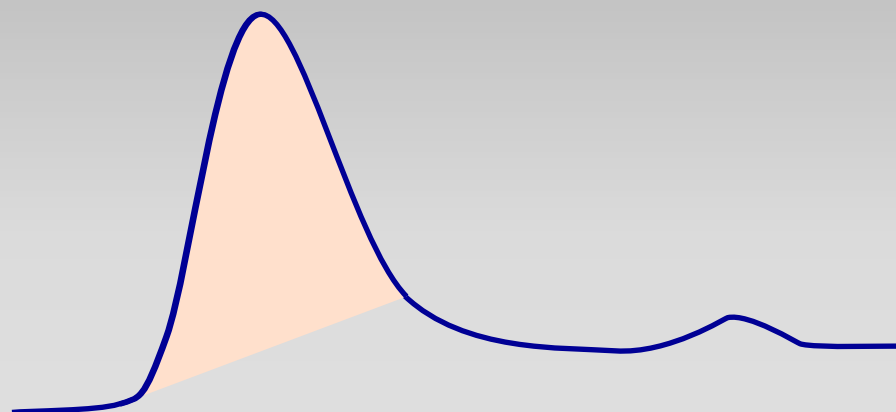
|                                               |       |
|-----------------------------------------------|-------|
| Kan påvisa mis-match                          | Alla  |
| Samma gränsvärden                             | Ingen |
| Samma färgskala                               | Ingen |
| Samma kvantitativa värden<br>för färgskalorna | Ingen |
| CTTH / syrgasextraktionsförmåga               | ?     |

De teoretiska kvoterna kan visa på vetenskapliga samband för en grupp patienter för den specifika studien. (inkl-, exkl-kriterier, hård- och mjukvara).

# Singelfas CT-angiografi

## Multifas CT-angiografi

### Perfusion



Låg stråldos

+ 1 DT hjärna

+ 5 -10 DT hjärna

# Minienkät SFNR del1

## Strokeprotokollet

|           | Stockholm | Lund | Göteborg | Uppsala | Linköping | St Elsewhere |
|-----------|-----------|------|----------|---------|-----------|--------------|
| DT hjärna | X         | X    | X        | X       | X         | X            |
| sCTA      |           |      | X        | X       | X         | X*           |
| mCTA      | X         | X    |          |         |           |              |
| CTP       | X         |      | X        | X       |           |              |

\* Vid tydlig indikation?

# Minienkät SFNR del2

I första hand används CT med sk stroke-protokoll.

NIHSS gräns – Göteborg 6 p - undantag afasi.

Vanligt med avrop av strokeprotokoll men vid låga NIHSS önskas enbart DT Hjärna.

Ingen använder 1/3-begreppet strikt. Multifaktoriell bedömning.

Ingen använder DWI-FLAIR mis-match för wake-up stroke

# Minienkät SFNR del3

Drip-and-ship pat – Oftast ny utredning inkl CT-perfusion. Ibland direkt till angiolog. Olika policy på olika sjukhus och mellan olika utövare.

CTP på första sjukhus? Några önskar det – med eller utan automatisk software.

CTP utvärdering – ”eye-balling” – inga distinkta kvoter eller gränser används.

Alla trombektomerar LVO – några även M2.



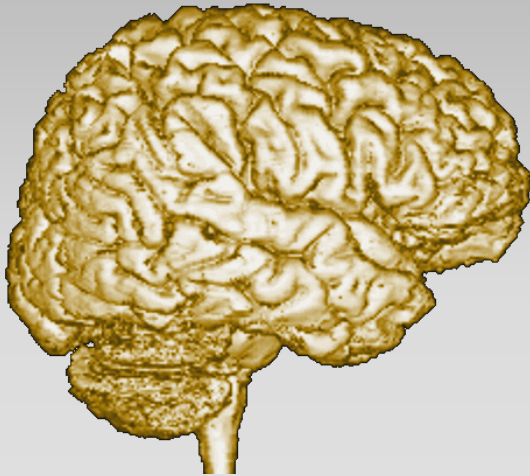
# MRT?

## I akut strokeutredning?

De flesta förefaller använda det för att bedöma ev hjärnstamsskador inför ställningstagande till behandling av basilaristrombos.

# Vad gör vi? Beslut på ca 5-10 minuter!

Använder hjärnan!



Kunskap

Sunt förnuft

Eye-balling

Empiri – kännedom om egen mjukvara

Lättare att göra rätt med CT hjärna och multifas CTA!

# Framtid?

Artificiell intelligens baserat på stora datamängder så att det blir en individuell bedömning för den enskilda patienten.

CT hjärna        automatisk "ASPECT" och/eller volym

CT-angiografi    automatiskt upptäcka kärlockklusion

CT angiografi    automatisk mCTA eller sCTA scoring

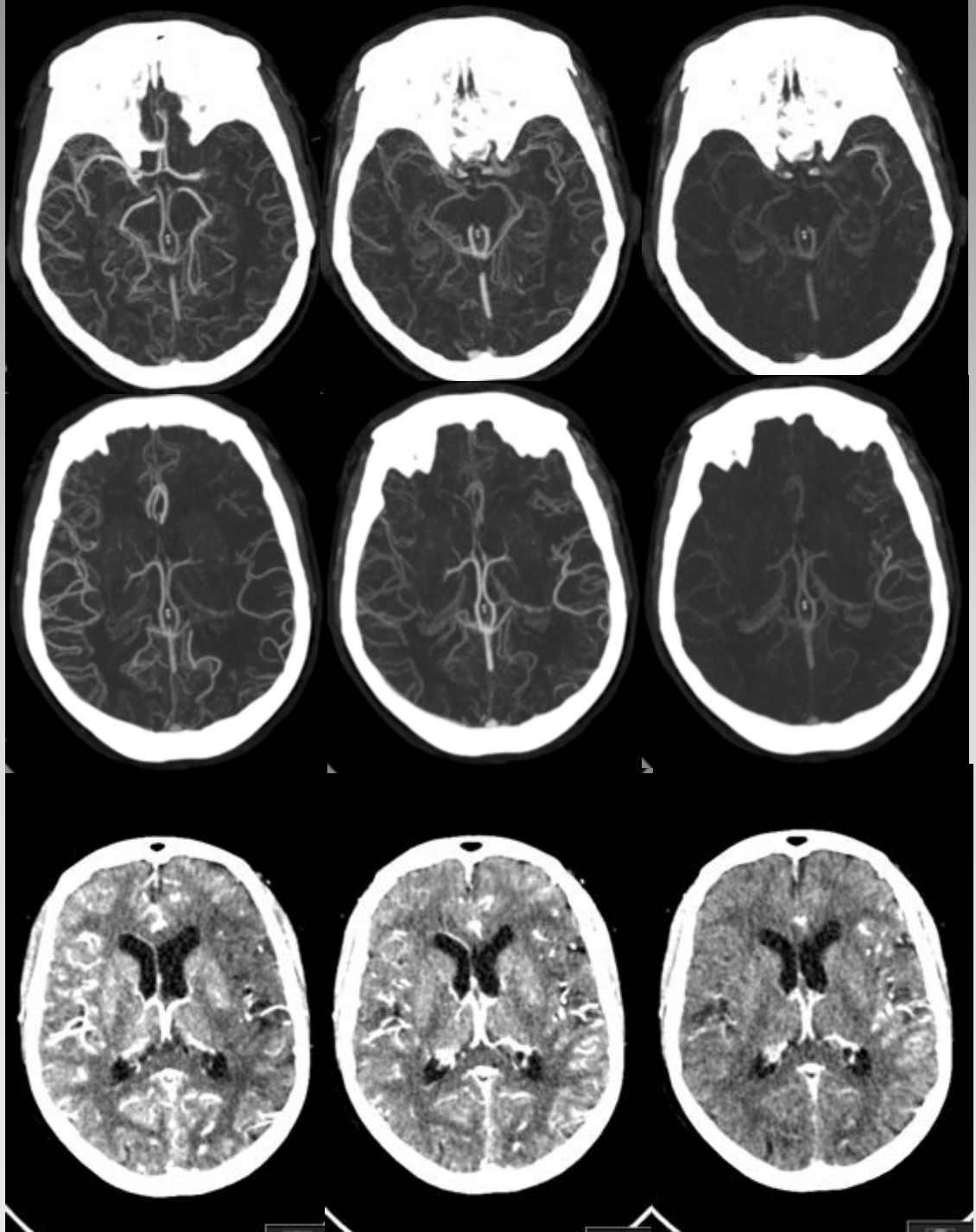
CT-perfusion    automatiska skattning av mis-match

CT-perfusion    automatisk skattning av prognos

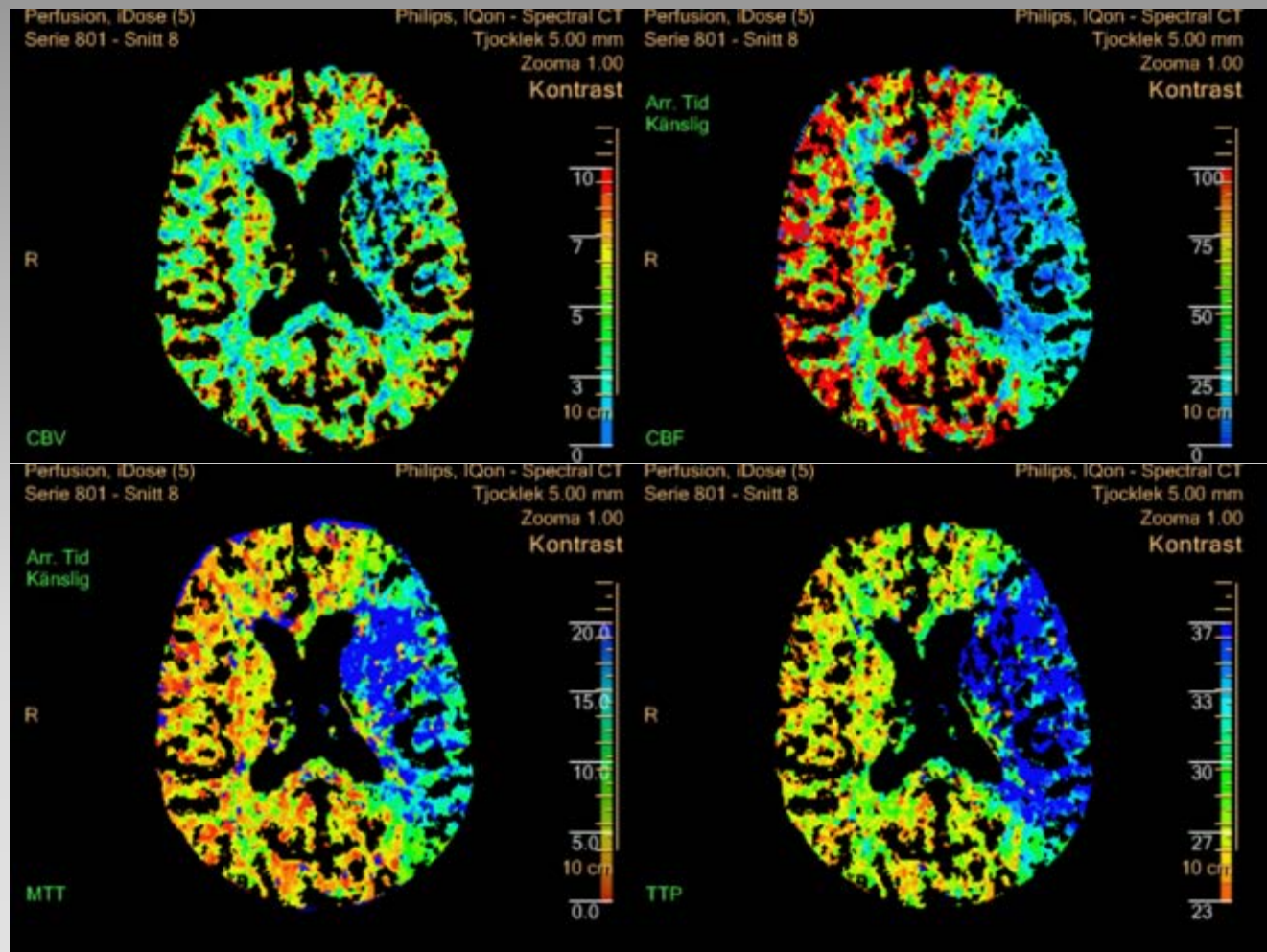
# Fall 1

85 årig man,  
svag höger sida,  
dysfasi.

ASPECT 8  
(Insula och  
frontala  
operculum).

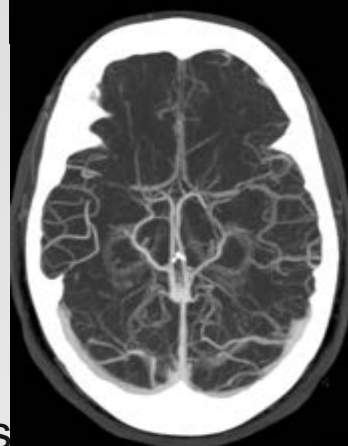
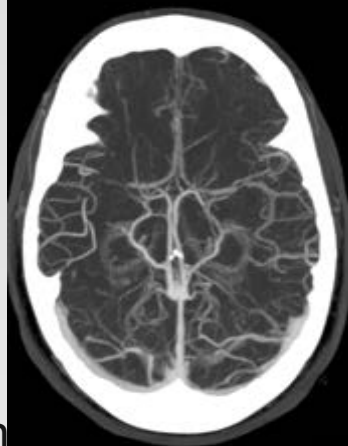
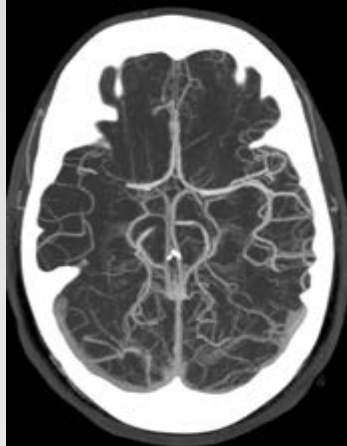
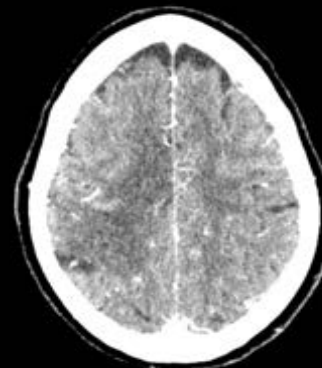
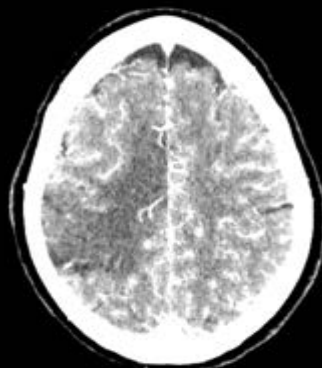
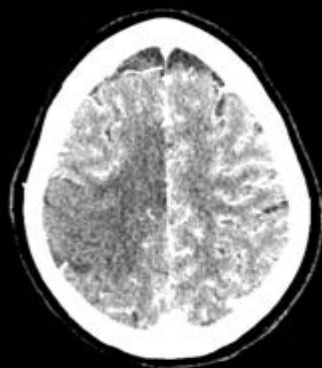


85 årig man,  
svag höger sida,  
dysfasi.  
ASPECT 8  
(Insula och  
frontala  
operculum).



# Fall 2

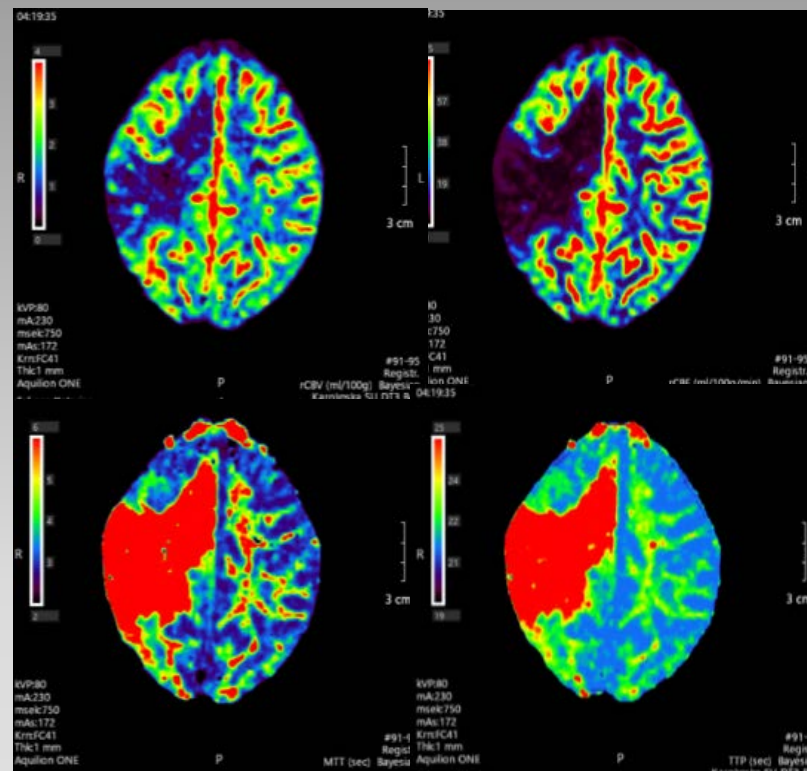
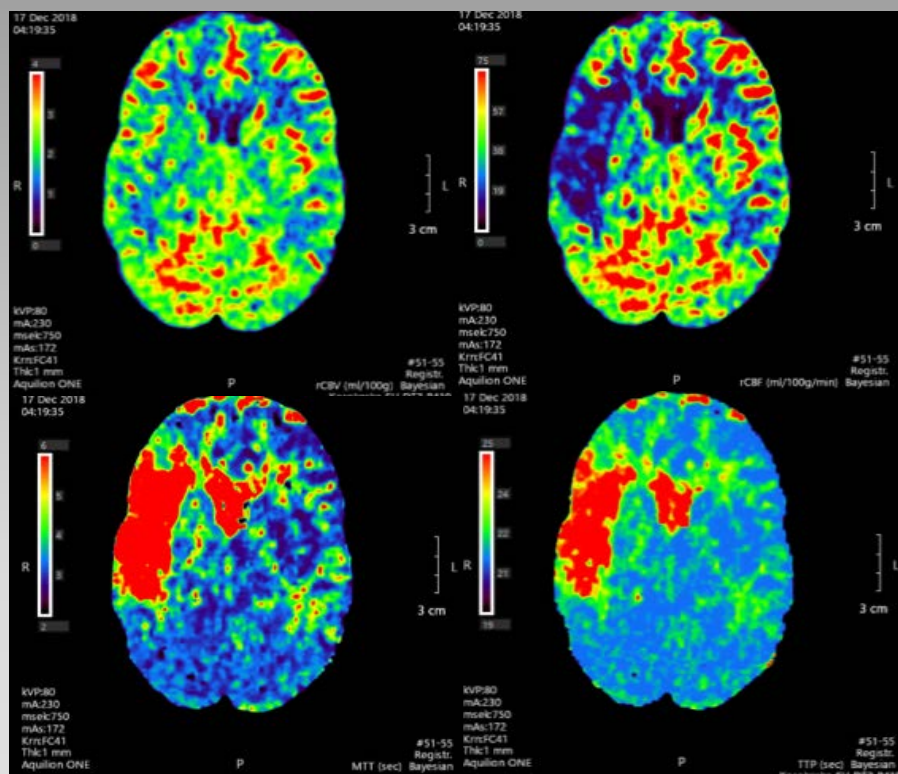
45 årig man med känt öppetstående foramen ovale (PFO).  
Nu embolier- bla i distalt i höger a cer ant samt distalt i  
höger M2/M3 grenar. Även en M1-ocklusion.



h

l.s





Caudalt: Uttalad mis-match.

Cranialt: Uttalad perfusionsstörning på alla parametrar – sannolikt manifest infarkt.

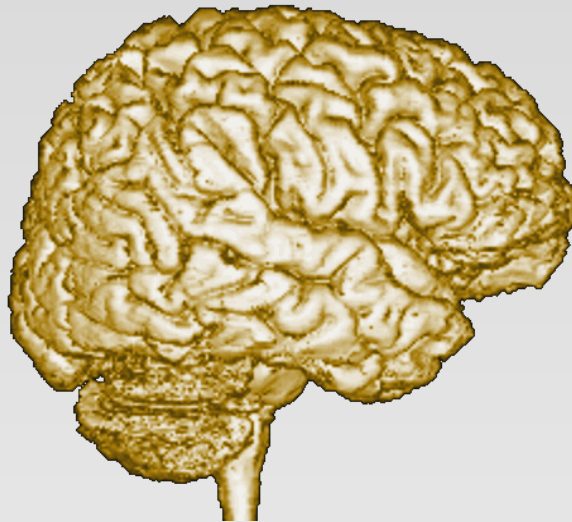
# Fall 2

45 årig man med känt öppetstående foramen ovale (PFO).  
Nu embolier- bla i distalt i höger a cer ant samt distalt i  
höger M2/M3 grenar. Även en M1-ocklusion. Etablerade  
infarkter men mis-match med utbredd perfusionsstörning  
utöver infarktområdena.

## **Neurointervention.**

# Använd hjärnan - rädda hjärnan!

## Minst CT hjärna och multifas CTA



[hakan.almqvist@sll.se](mailto:hakan.almqvist@sll.se)