



Neuroradiologia

Mikko Kallela, Juha Halavaara

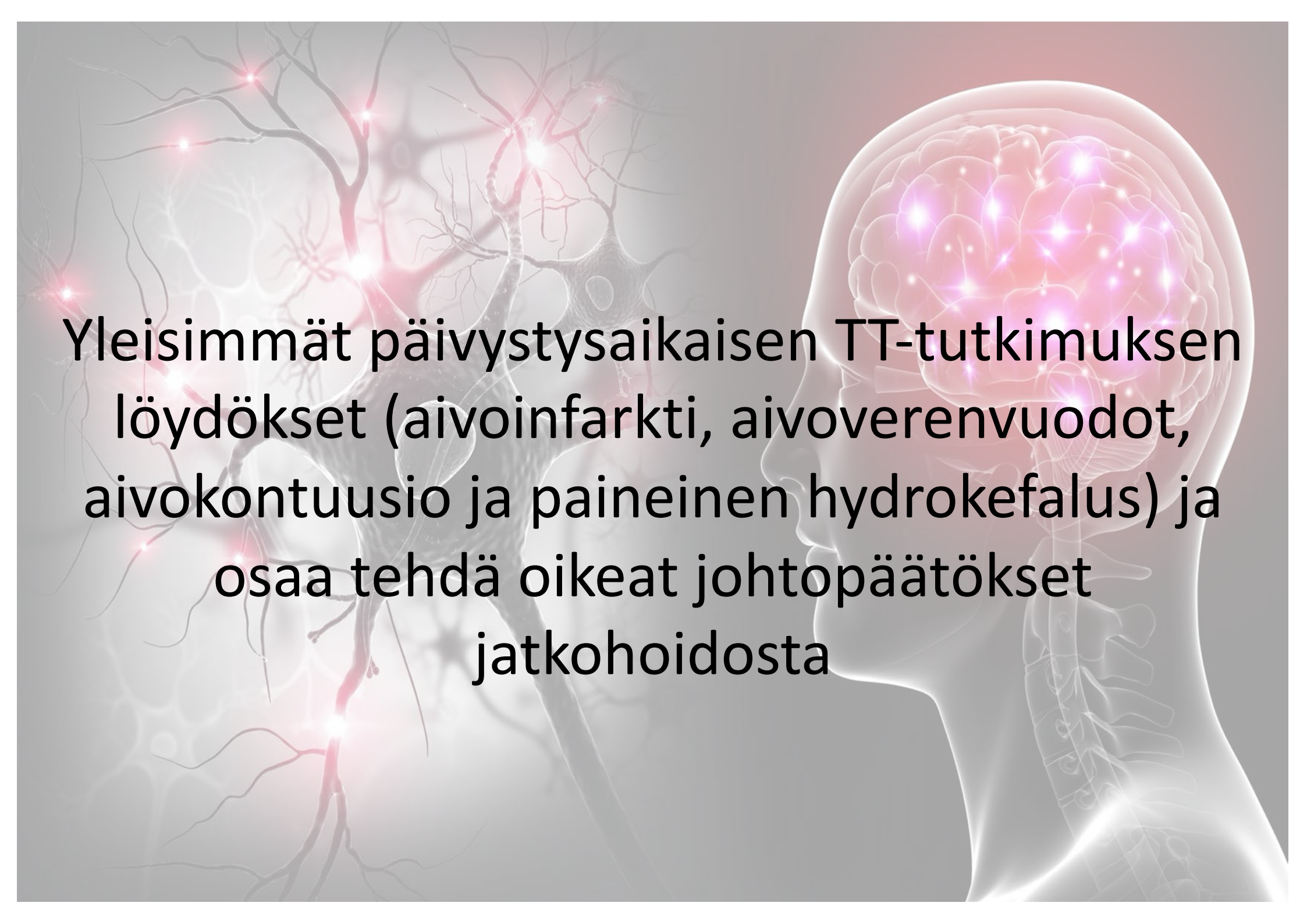
Jaksokirja - oppimistavoitteet

- Tunnistaa yleisimmät päivystysaikaisen TT-tutkimuksen tyypilliset löydökset (aivoinfarkti, aivoverenvuotojen eri tyypit, aivokontuusio ja paineinen hydrokefalus) ja osaa tehdä oikeat johtopäätökset jatkohoidosta
- Tietää tietokonetomografian (TT) ja magneettikuvauksen indikaatiot, kontraindikaatiot ja riskit
- Tietää kaulaverisuonten kuvantamistutkimuksen (UÄ) ja indikaatiot
- Tietää hermoston magneettikuvauksen indikaatiot, kontraindikaatiot ja riskit

Punainen = hallitse, osaa käyttää tai soveltaa

Sininen = tiedä, tunnista, ymmärrä

Vihreä = erityisosaamista, hyödyllistä neurologiasta kiinnostuneille



Yleisimmät päivystysaikaisen TT-tutkimuksen
löydökset (aivoinfarkti, aivoverenvuodot,
aivokontuusio ja paineinen hydrokefalus) ja
osaa tehdä oikeat johtopäätökset
jatkohoidosta

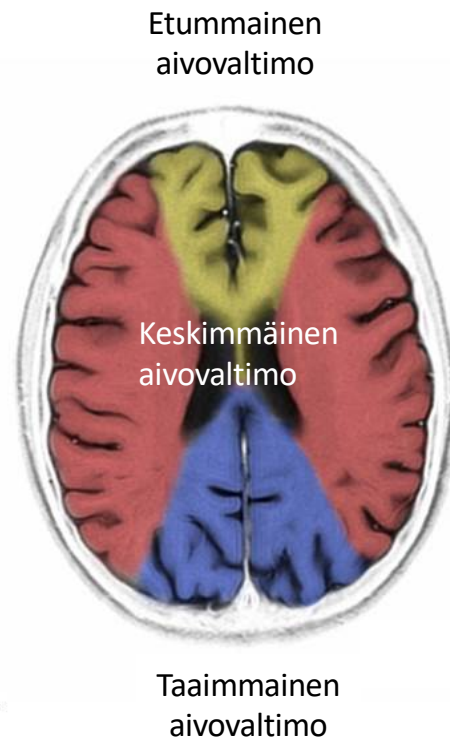
Aivoinfarkti (TT)

Keskimmäisen
aivoaltimon infarkti

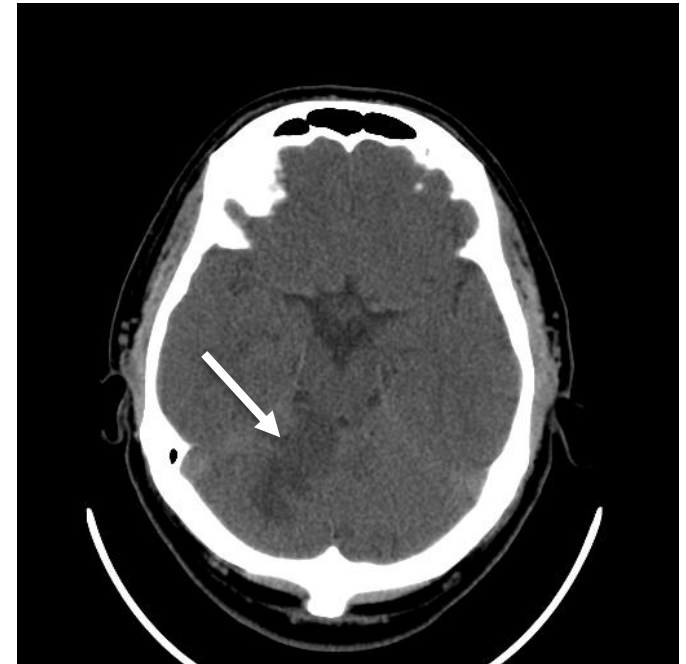


Kuva: Dr Ian Bickle

Etuverenkierron suonitsualueet



Pikkuaivoinfarkti

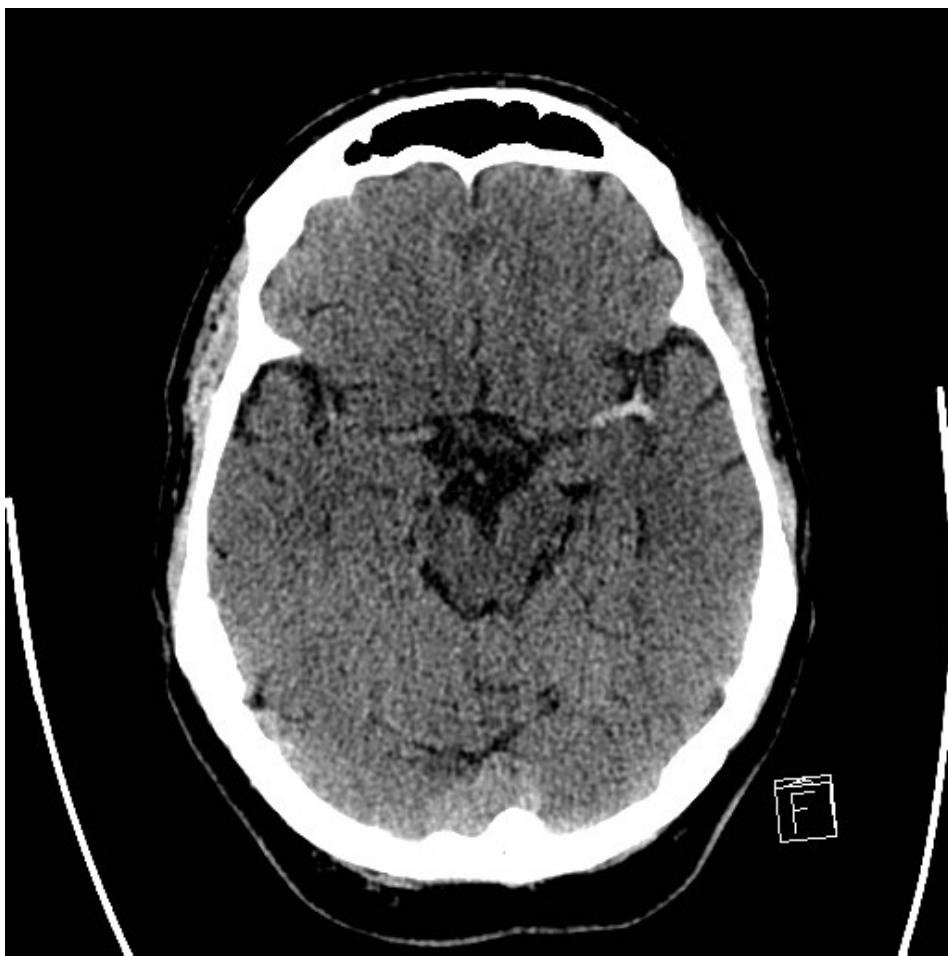


Kuva: David Puyo

Case courtesy of Dr Ian Bickle, Radiopaedia.org.
From the case rID: 49726

Case courtesy of David Puyó, Radiopaedia.org.
From the case rID: 16625

Aivoinfarktin varhaismerkit (1)



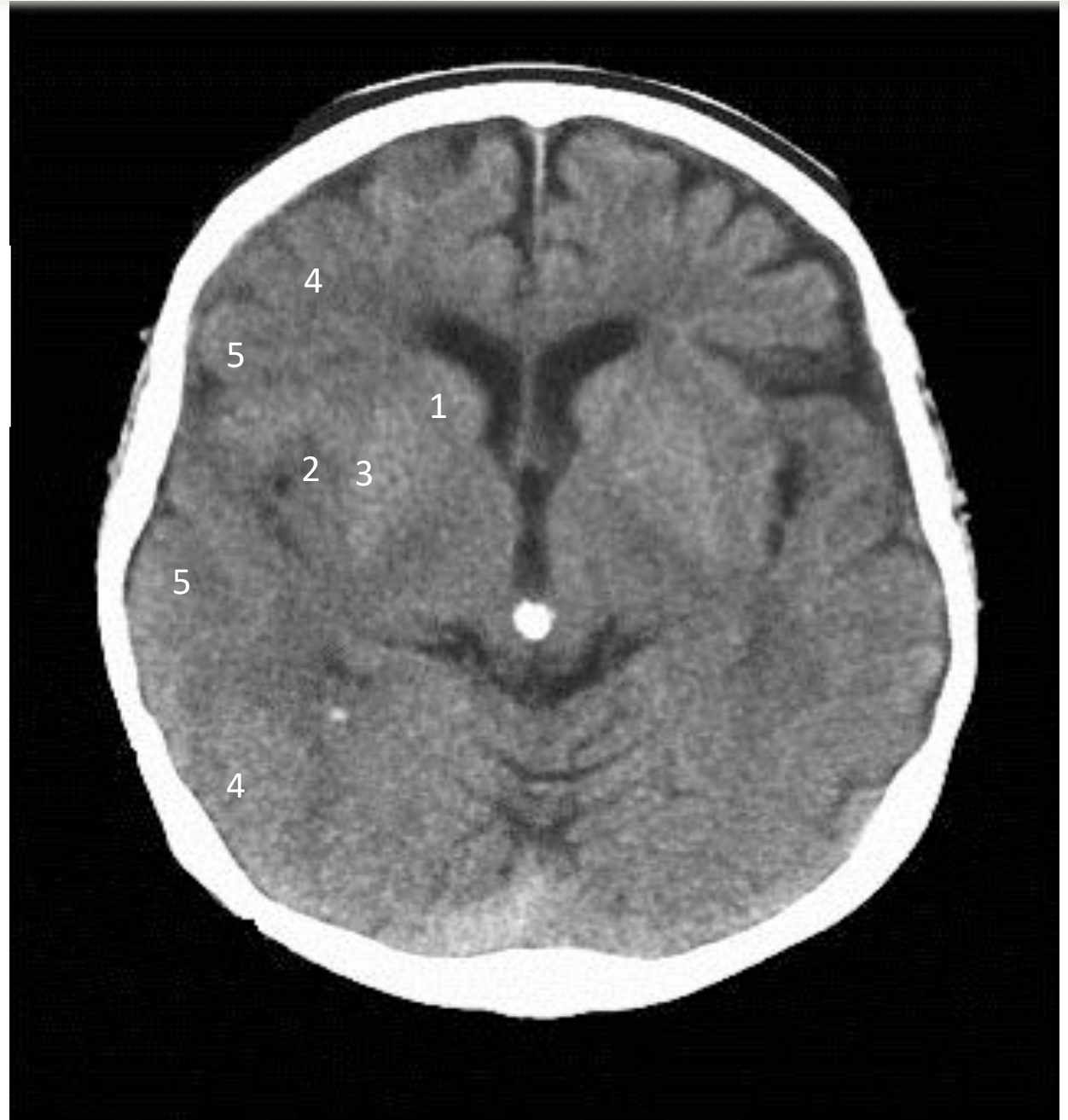
Uhkaava aivoinfarkti - Dense Media Sign
vasemmalla



Uhkaava aivoinfarkti - Dense Media Sign
oikealla

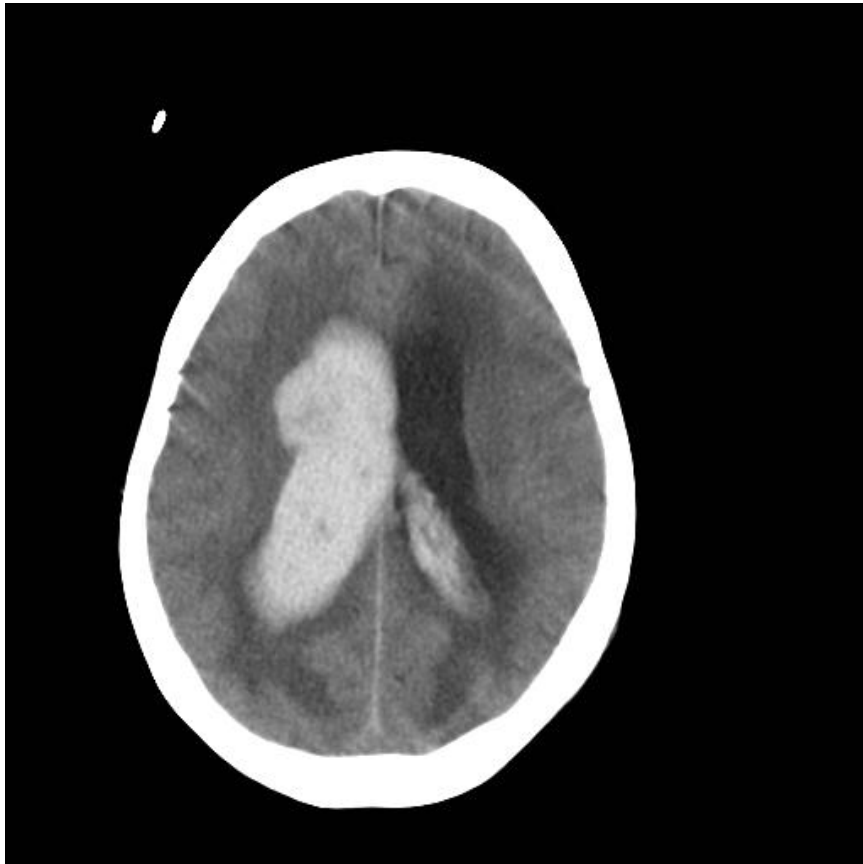
Aivoinfarktin varhaismerkit (2)

1. Häntätumakkeen pään tiheysero
2. Insulaarinen aivokuori - puoliero
3. Linssitumakkeen tiheys ja rajat - puoliero
4. Aivokuoren tiheyden puoliero
5. Aivourteiden puoliero



Aivoverenvuodot (TT)

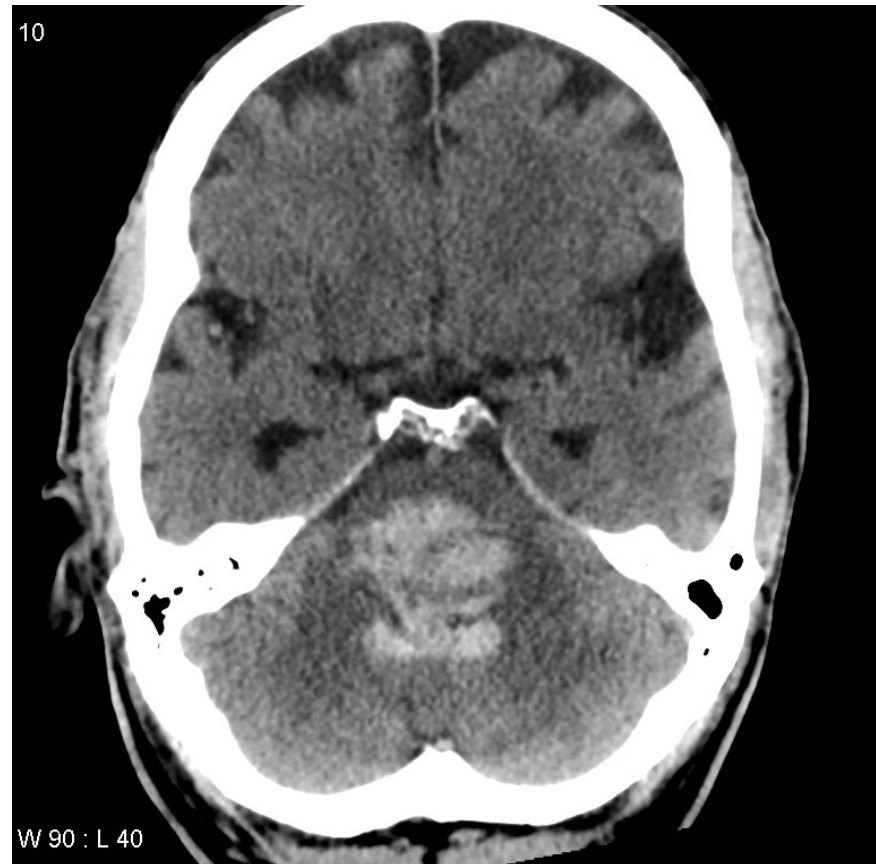
Tyvitemakevuoto



Kuva: Dr Jeremy Jones

Case courtesy of Dr Jeremy Jones, Radiopaedia.org. From the case rID: 6223

Aivosillan (pons) vuoto



Kuva: Assoc Prof Frank Gaillard

Case courtesy of Assoc Prof Frank Gaillard, Radiopaedia.org. From the case rID: 11062

Aivoverenvuodot (TT)

Epiduraalivuoto



Kuva: Dr Sandeep Bhuta

Case courtesy of Dr Sandeep Bhuta , Radiopaedia.org. From the case rID: 4458

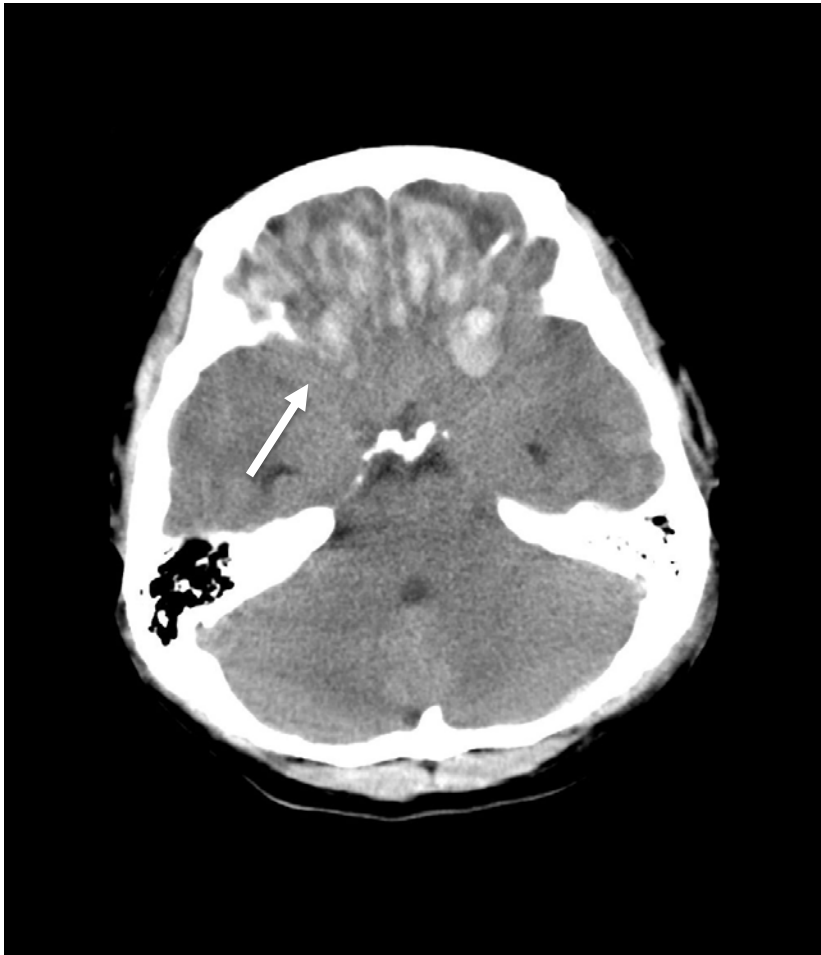
Krooninen subduraalivuoto



Kuva: Dr Jeremy Jones

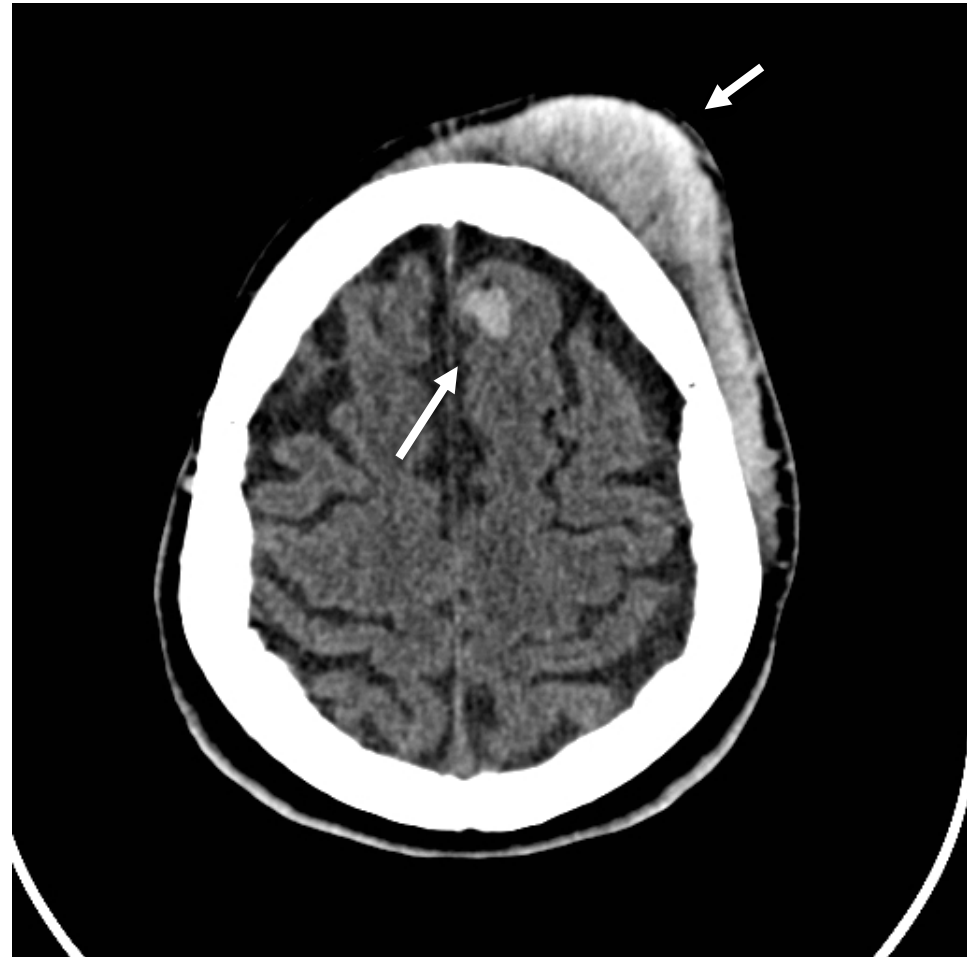
Case courtesy of Dr Jeremy Jones, Radiopaedia.org. From the case rID: 6136

Aivoruhje (kontuusio) (TT)



Kuva: Assoc Prof Frank Gaillard

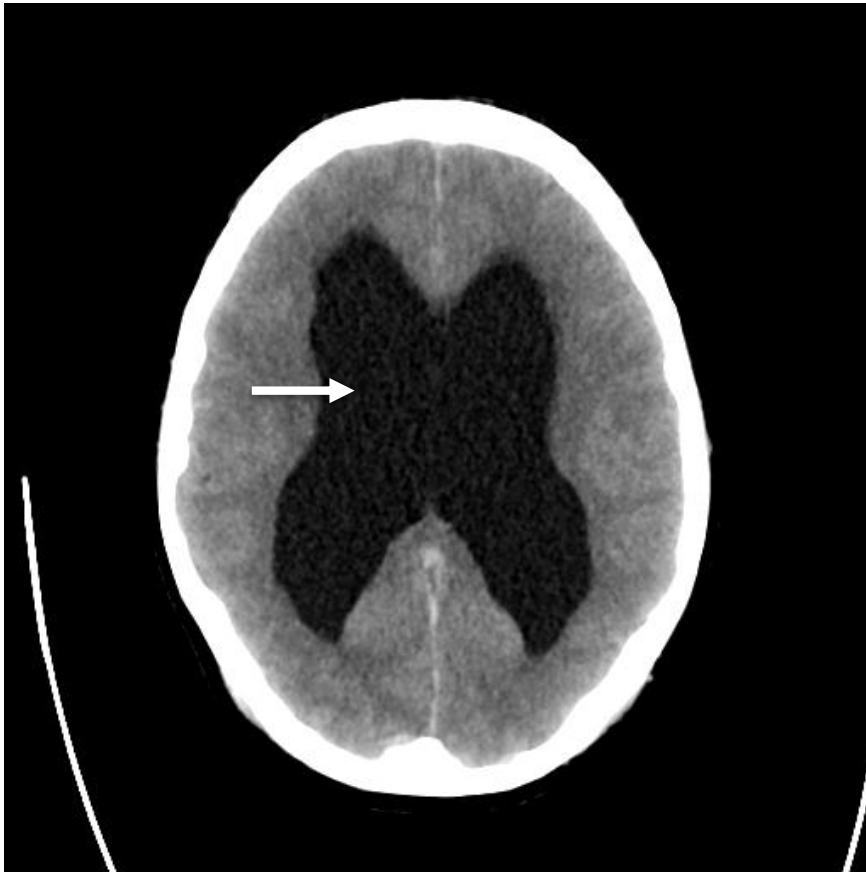
Case courtesy of Assoc Prof Frank Gaillard, Radiopaedia.org. From the case rID: 7149



Kuva: Dr Bruno Di Muzio

Case courtesy of Dr Bruno Di Muzio, Radiopaedia.org. From the case rID: 32115

Paineinen hydrokefalia



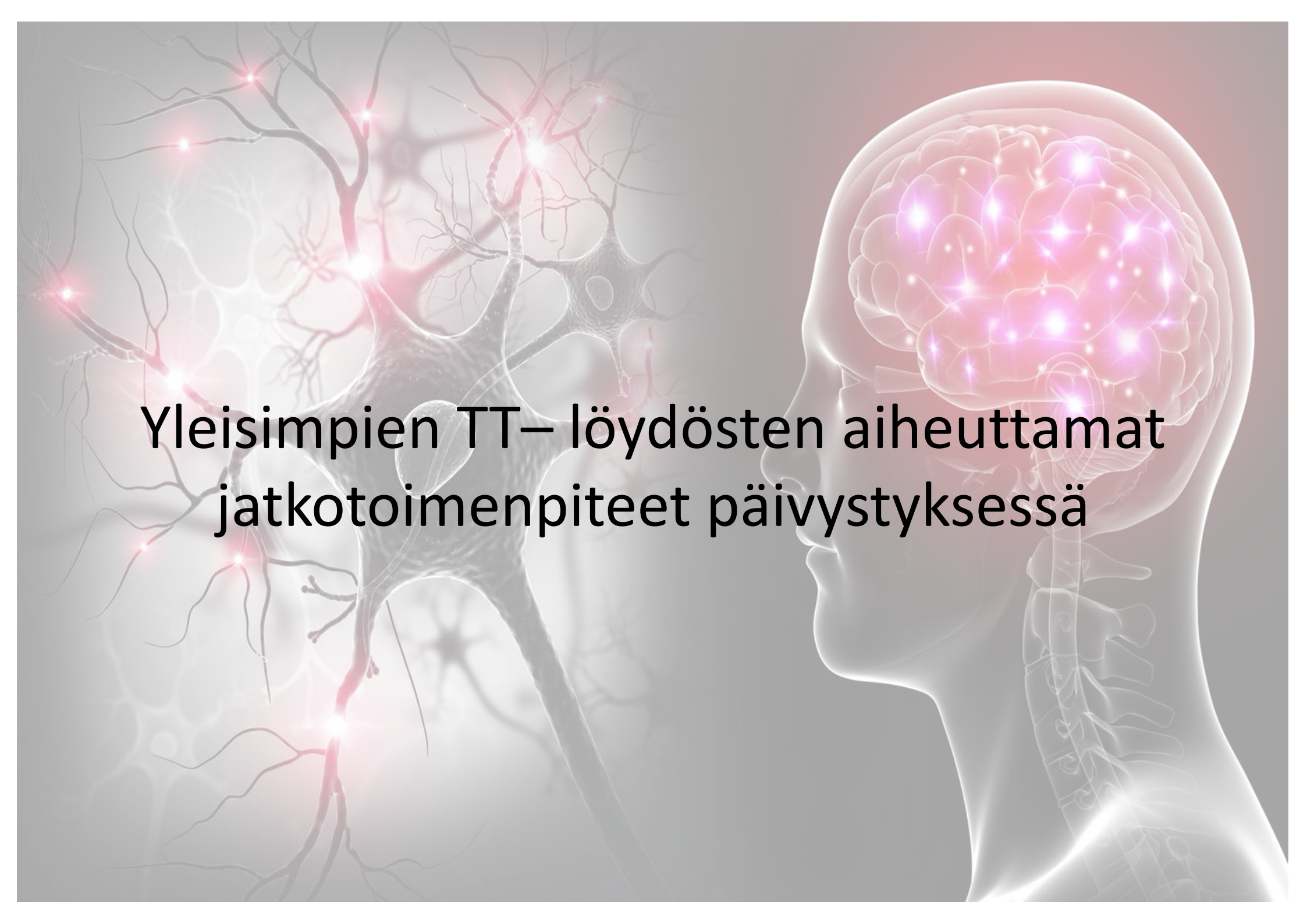
Kuva: Dr Paul Simkin

Case courtesy of Dr Paul Simkin, Radiopaedia.org. From the case rID: 30453



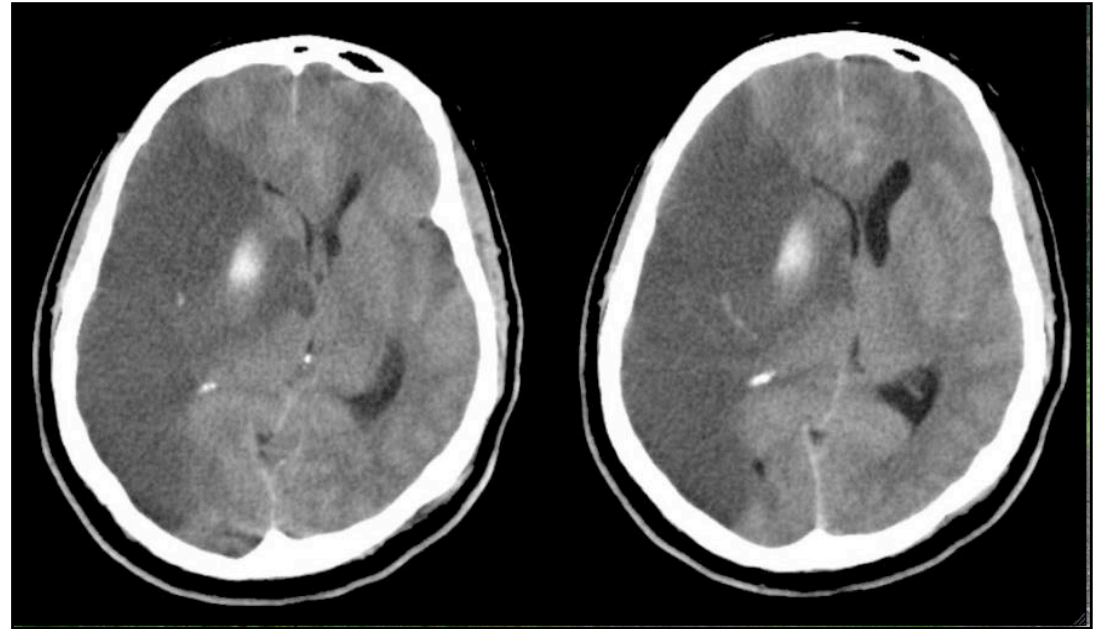
Kuva: Prof Frank Gaillard

Case courtesy of Assoc Prof Frank Gaillard, Radiopaedia.org. From the case rID: 5050



Yleisimpien TT– löydösten aiheuttamat
jatkotoimenpiteet päivystyksessä

Iskeeminen aivoinfarkti

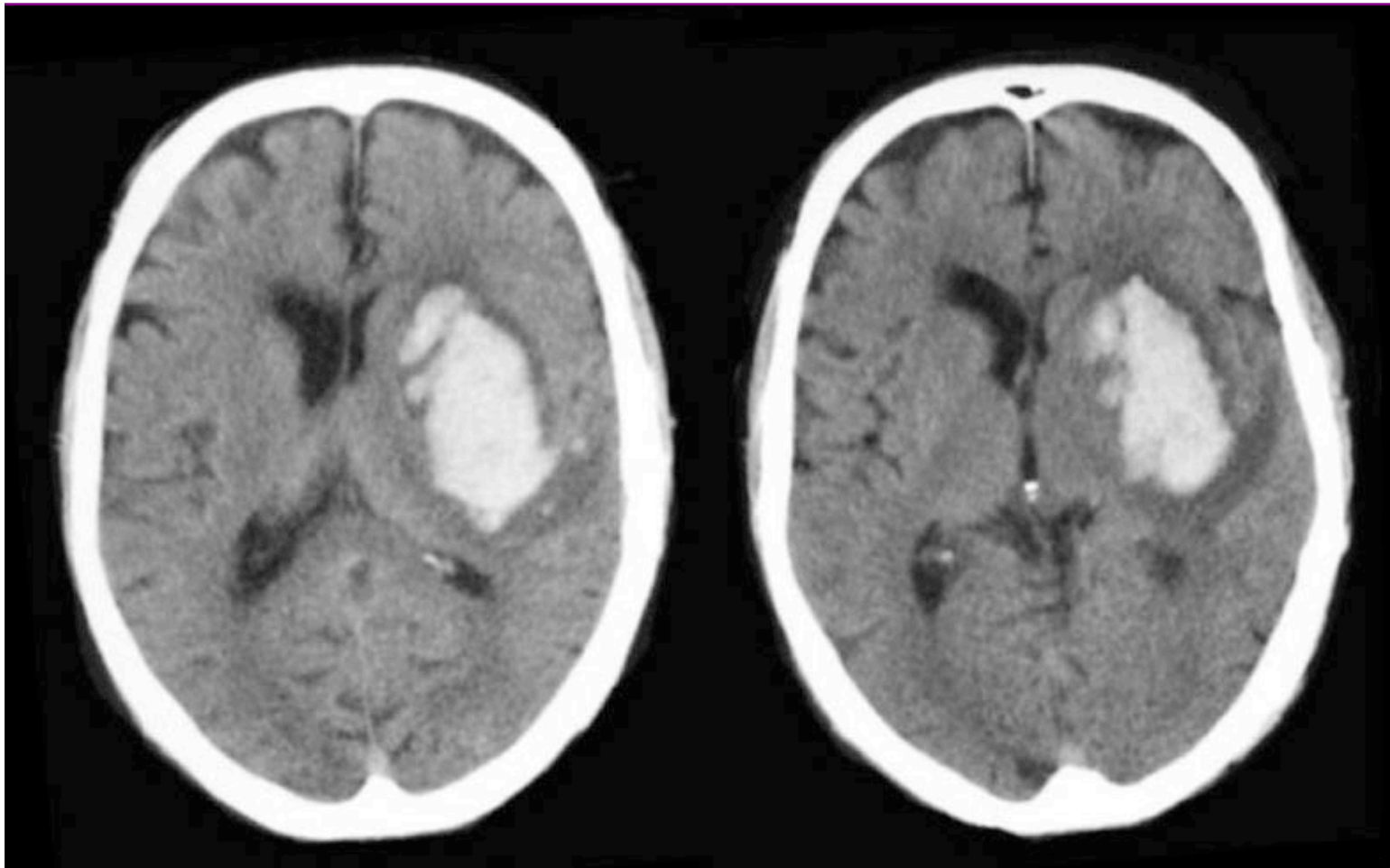


Tukoksen avaaminen – **liuotushoito laskimoon** tai suonen sisäisen tukoksen avaaminen (**trombektomia**)

Akuuttivaiheen hoito: aspiraation esto, aivopaineen, verenpaineen, hyperglykemian, kuumeen hoito, laskimotukosten estohoito (**tromboosiprofylaksi**)

Verenkiertosairauksien **sekundaariprofylaksian** aloitus (elämäntapaohjeet, tupakoinnin lopetus, tilanteen mukaan **trombosyyttilääkkeet** (ASA, dipyramdoli, klopidoogreeli) tai **antikoagulaatio** (uudet oraaliset antikoagulantit tai varfariini), **verenpaineen hoito** (usein ACE-estäjä tai angiotensiinireseptorin salpaaja), **kolesterolilääkitys** (statiini)

Korkean verenpaineen aiheuttama aivoverenvuoto



ABC = airway,
breathing, circulation

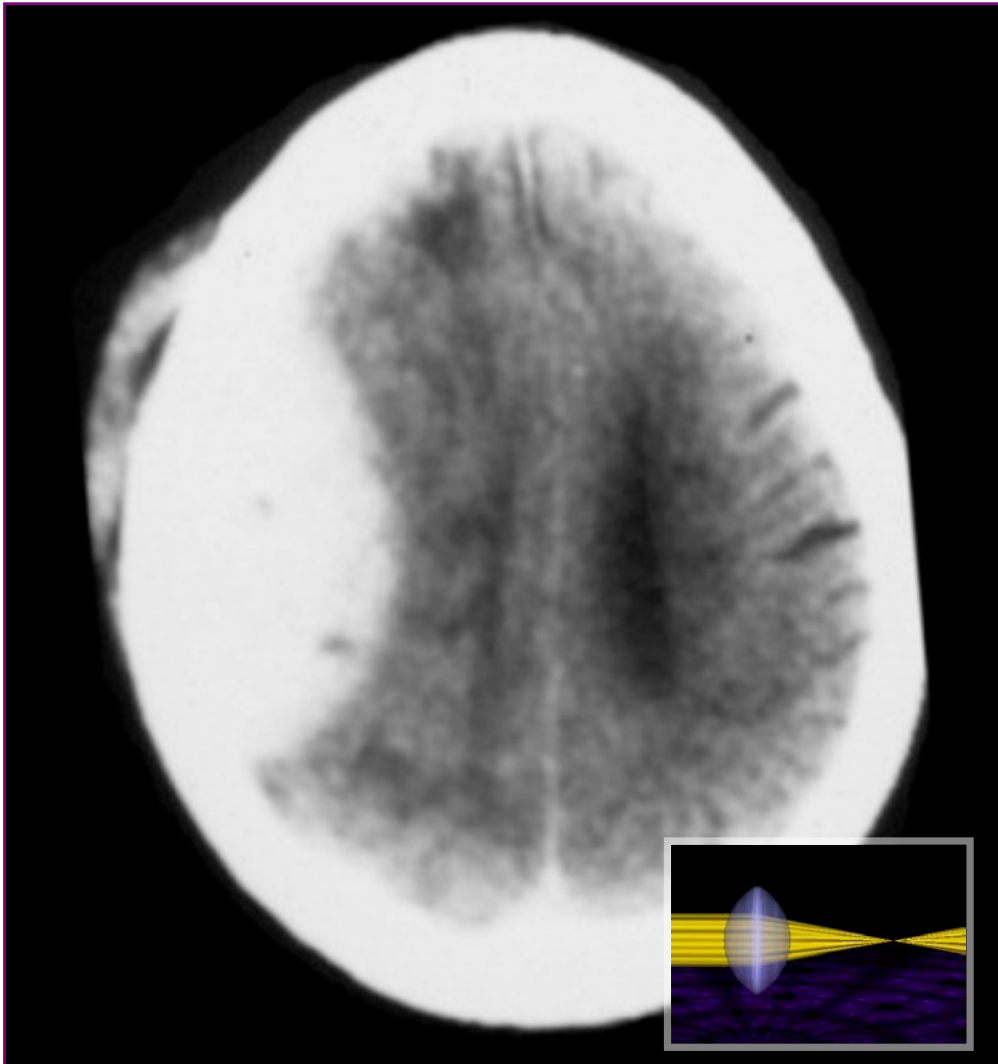
Aspiraation esto

Aivopaineen,
verenpaineen,
hyperglykemian,
kuumeen hoito

Tromboosiprofylaksia

Harvoin
Neurokirurginen
hoito

Epiduraalivuoto



Linssimäinen vuoto

ABC = airway,
breathing,
circulation

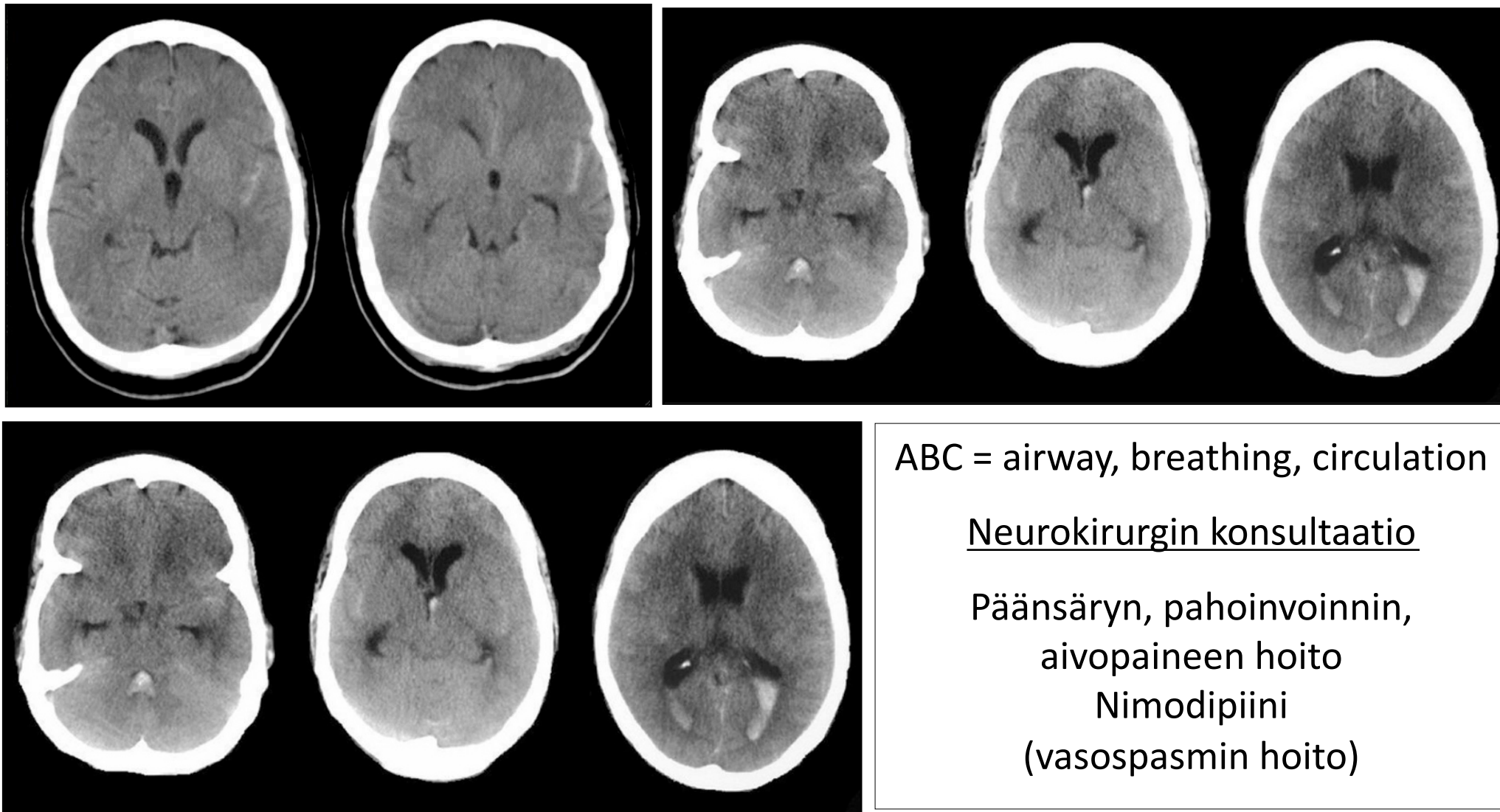
Välitön
neurokirurgin
konsultaatio

Subduraalivuoto



ABC = airway, breathing, circulation
Neurokirurgin konsultaatio

Subaraknoidaalivuoto



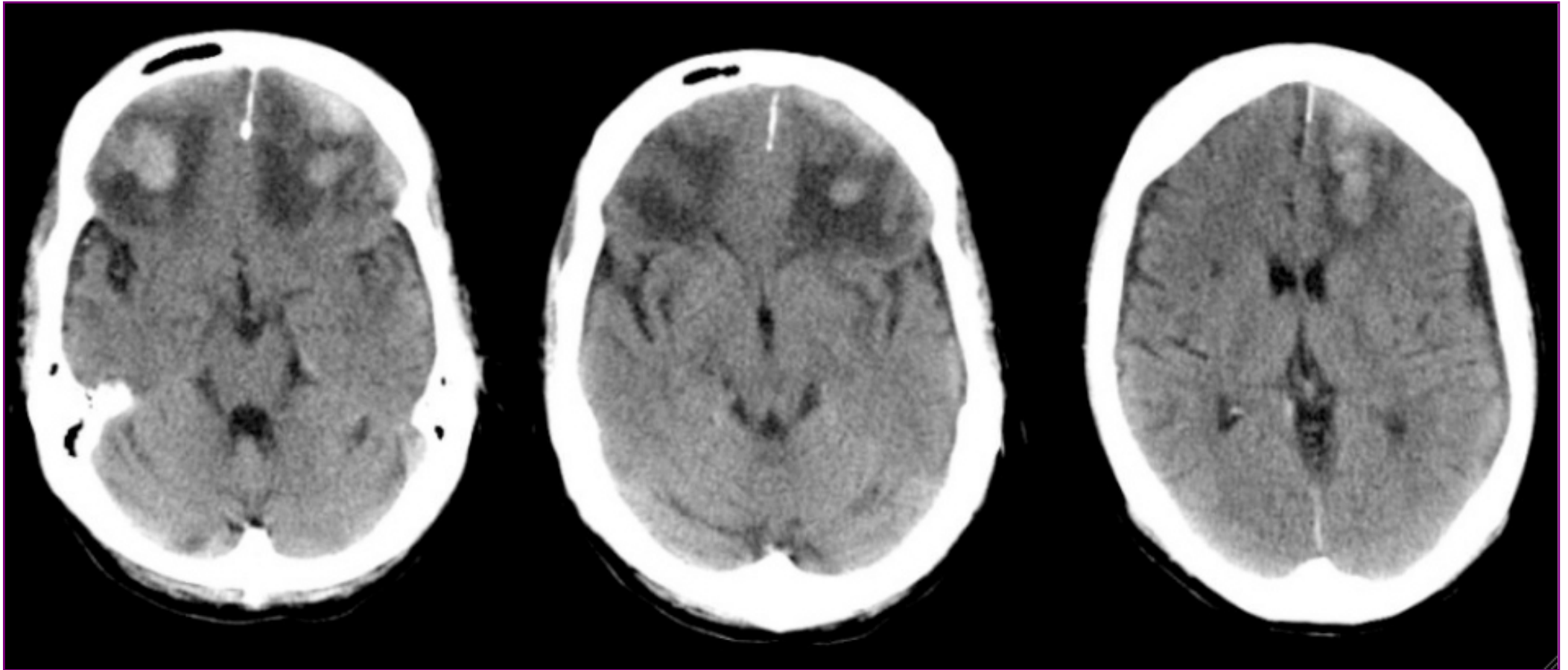
ABC = airway, breathing, circulation

Neurokirurgin konsultaatio

Päänsäryn, pahoinvoinnin,
aivopaineen hoito

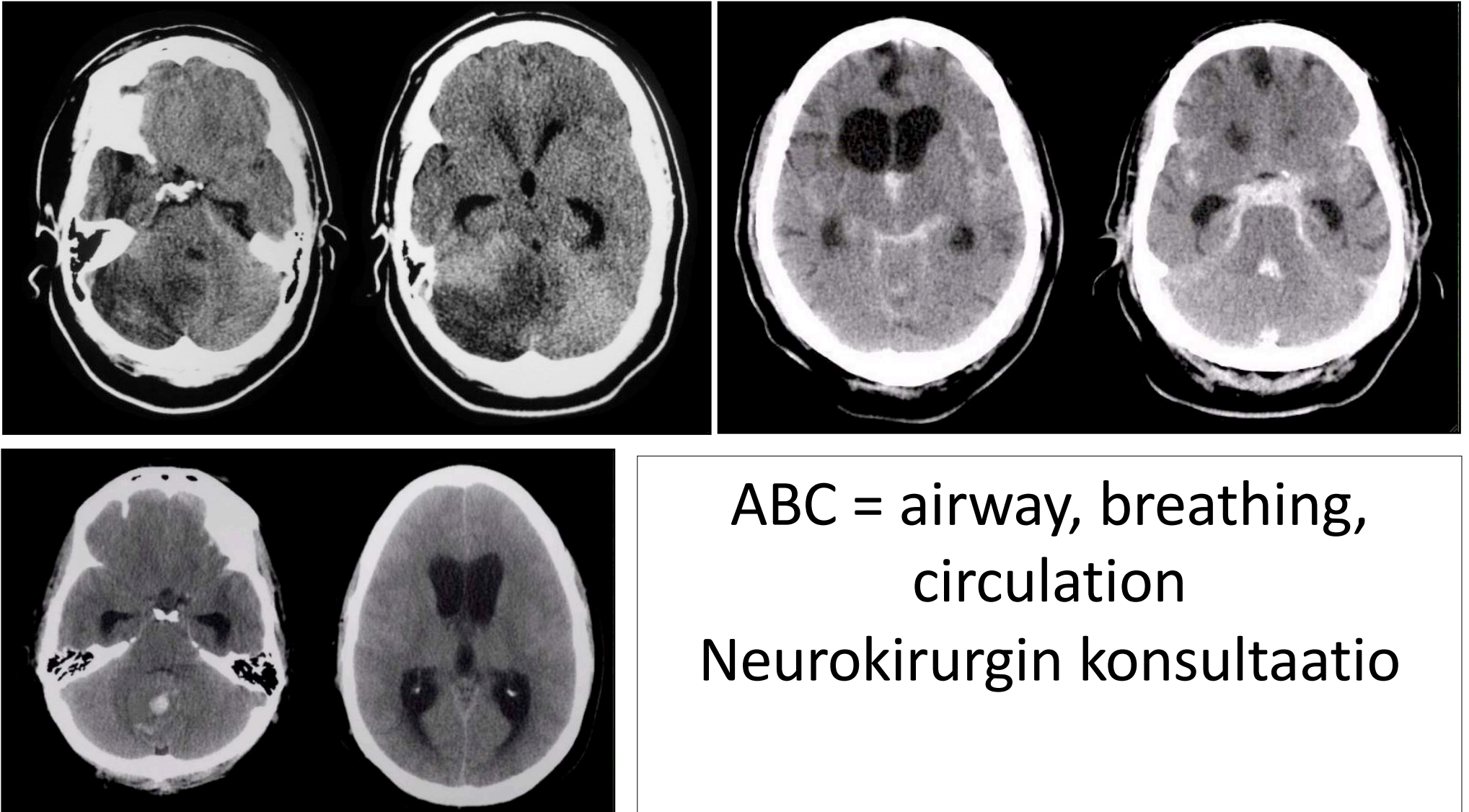
Nimodipiini
(vasospasmin hoito)

Aivoruhje (kontuusio)



ABC = airway, breathing, circulation - neurokirurgin konsultaatio

Paineinen hydrokefalus



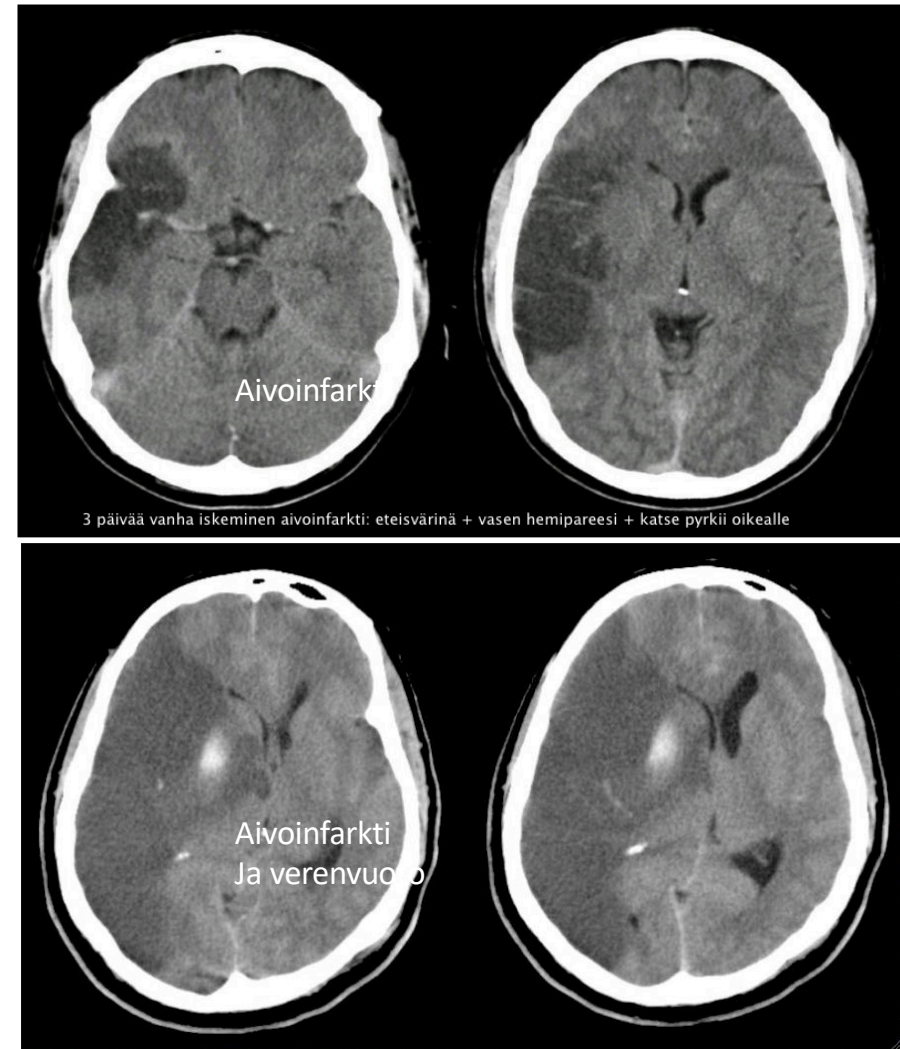
ABC = airway, breathing,
circulation
Neurokirurgin konsultaatio



Tietokonetomografian (TT) ja magneettikuvauksen (MK) indikaatiot, kontraindikaatiot ja riskit

Tietokonetomografia (TT) (1)

- Yleisesti ottaen erinomainen kuvantamismenetelmä etenkin akuuteissa tilanteissa
- Saatavilla oleva, halpa, nopea (tuottaa kaksiulotteisia kuvia)



Tietokonetomografia (TT) (2)

- TT osoittaa huonosti pienet (<1 cm), lähellä luuta, takakuopassa tai spinaalikanavassa sijaitsevat leesiot, ja leesiot jotka ovat aivojen tiheyttä
- TT aiheuttaa säteilyrasitusta (2 mSv, Thx-rtg 0.1mSv, taustasäteily vuodessa noin 3 mSv)
- Varjoaine voi aiheuttaa munuaisten vajaatoiminnan (krea/GFR arvo tarvitaan ennen tutkimusta)

mSv = millisievertti (säteilyannoksen yksikkö), CFR = munuaisglomerulusten suodatusnopeus

Esimerkkejä säteilyannoksista - Säteilyturvakeskus (STUK)

6000 mSv Annos, joka äkillisesti saatuna saattaa johtaa henkilön kuolemaan

1000 mSv Annos, joka alle vuorokaudessa saatuna aiheuttaa säteilysairauden oireita, esimerkiksi väsymystä ja pahoinvointia

100 mSv Suurin säteilytyöntekijälle sallittu annos 5 vuoden aikana

3,2 mSv Suomalaiselle säteilystä aiheutuva keskimääräinen annos vuodessa

2 mSv Annos, jonka lentokoneessa työskentelevä saa avaruudesta tulevasta säteilystä vuodessa

Tyypilliset TT-tutkimuksen aiheet

- Pään trauma
- Akuutti aivoverenkiertohäiriö (aivoinfarkti, TIA, aivoverenvuoto, subaraknoidaalivuoto)
- Tilaa vievä muutos aivoissa (kasvain, absessi)
- Kohonneen aivopaineen toteaminen tai poissulku (esim. tajuttomat, meningiittiepäily)

TT = tietokonetomografia, TIA = transient ischemic attack

Kuvassa aivoabsessi (märkäkeräymä)

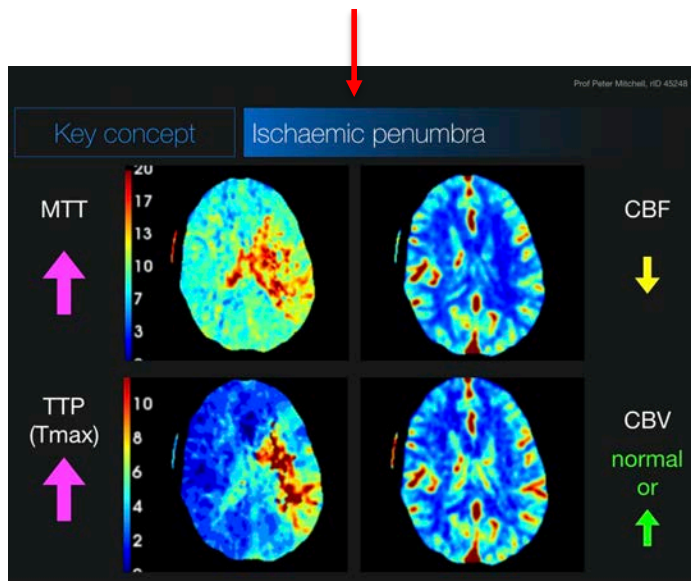


Kuva: Assoc Prof Frank Gaillard

Case courtesy of Assoc Prof Frank Gaillard, Radiopaedia.org. From the case rID: 5150

TT-perfuusiokuvaus

- Kuvantaa aivoverenkierron akuutissa aivoinfarktissa, aivoverisuonispasmissa (SAV:n jälkeen) ja aivotrauman jälkeen
- Helpottaa päätöstä liuotushoidosta tai suonensisäisestä tukoksen poistosta (tombektomia) – auttaa arvioimaan pelastettavissa olevan aivoalueen laajuutta (iskeeminen penumbra)
- Iskeemisessä MTT, TTP kasvavat $\uparrow$ ja CBF ja CBV laskevat $\downarrow$
- Pysyvästi vaurioituneilla alueilla MTT ja TTP $\uparrow$ ja CBF ja CBV $\downarrow$
- Penumbran alueella MTT ja TTP $\uparrow$ ja CBF $\downarrow$ ja CBV $\rightarrow$ (normaali tai kasvaa)

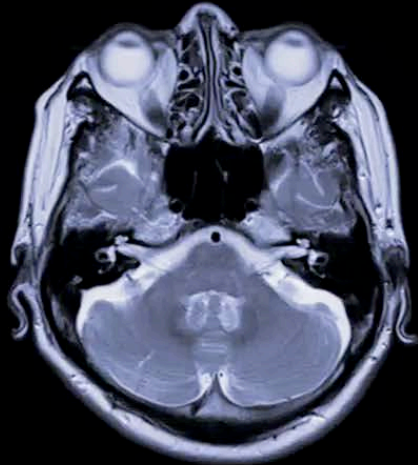


Kuva: Assoc Prof Craig Hacking

MTT = mean transit time
TTP = time to peak
CBF = cerebral flood flow
CBV = cerebral blood volume

Case courtesy of Assoc Prof Craig Hacking, [Radiopaedia.org](https://radiopaedia.org/). From the case [ID: 72596](https://radiopaedia.org/cases/72596)

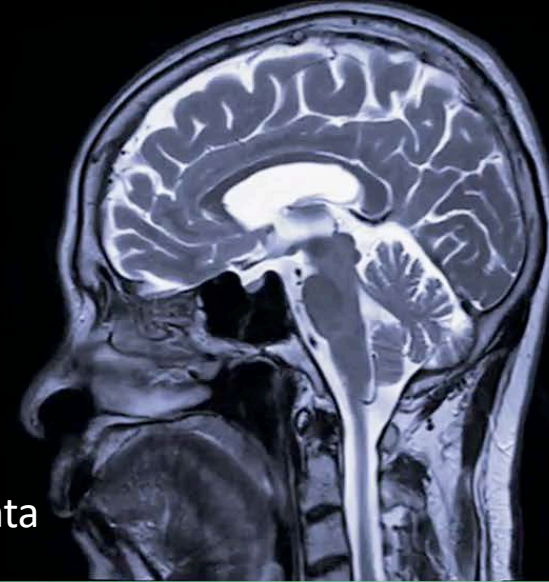
Magneettikuvaus



Aksiaalisuunta



Koronaalisuunta



Sagittaalisuunta



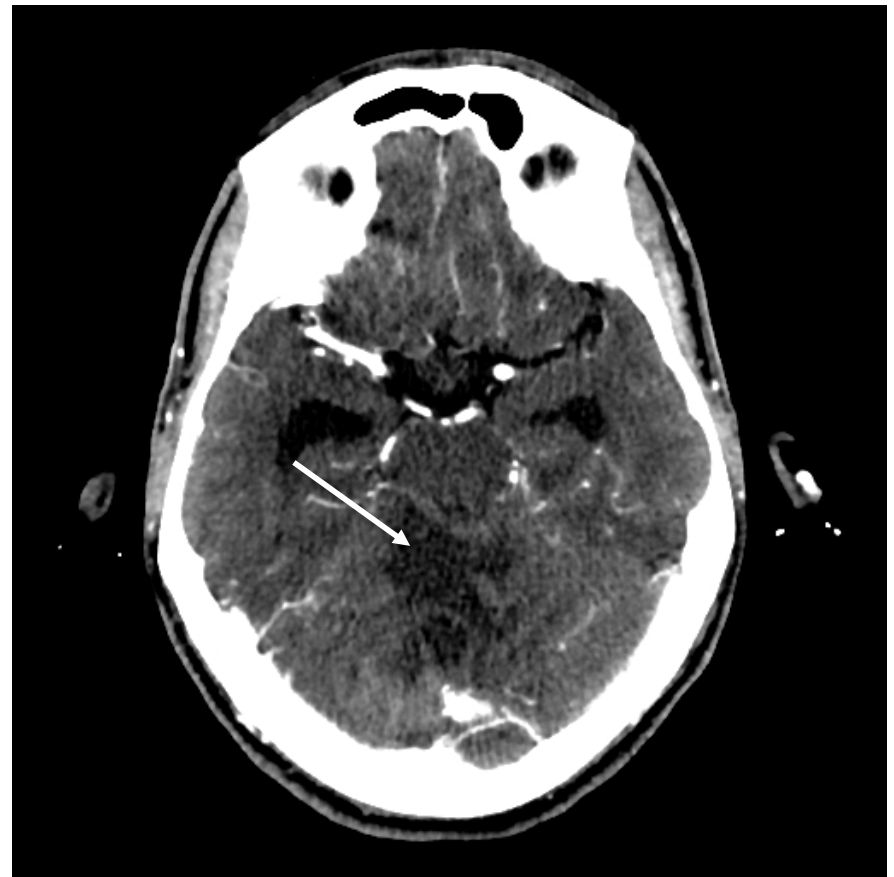
Magneettiangiografia

MK > TT

- Magneettikuvaus on selvästi TT:ta parempi mm. seuraavissa tilanteissa:
- Takakuopan, sellan alueen ja selkäytimen kuvantaminen
- MS-tauti, enkefaliitti, epilepsia (esim. kortikaalinen dysplasia tai migraatiohäiriö), aivokasvaimet, aivojen rappeumasairaudet, aivovaskuliitti

MK = magneettikuvaus, TT = tietokonetomografia

Yksittäinen takakuopan pikkuaivometastaasi (primaarikasvain keuhkoissa)



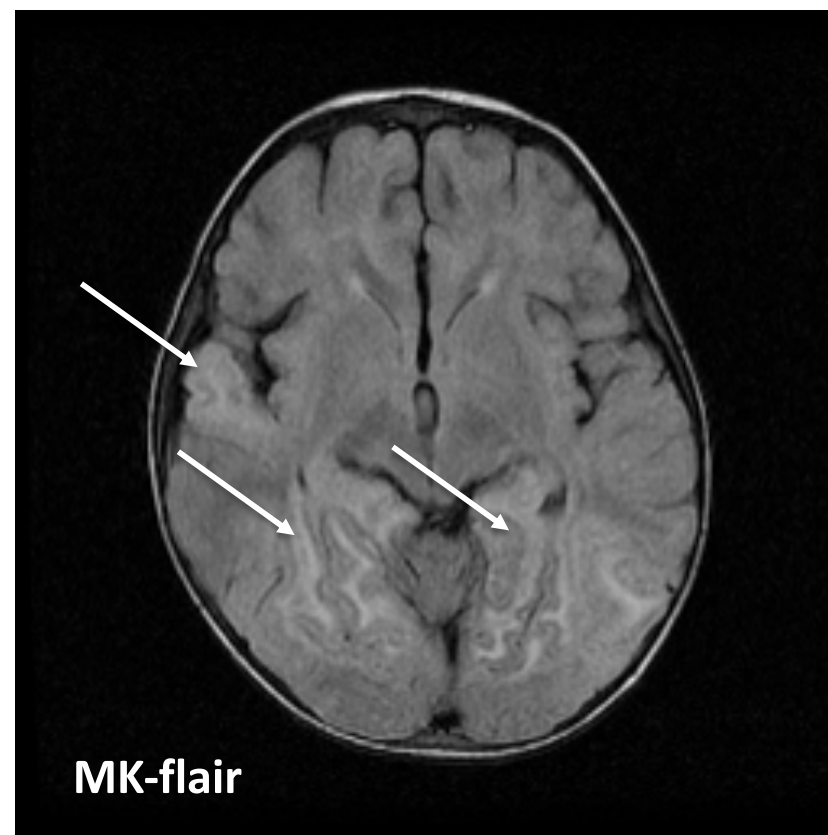
Case courtesy of Dr Ammar Haouimi, Radiopaedia.org. From the case rID: 64329

Herpesenkefaliitti (1)

20 kk ikäinen poikalapsi, jolla kuumetta ja kouristelua, herpes-viruksen aiheuttama vaurio näkyy hyvin ohimo - ja takaraivolohkoissa



Case courtesy of Dr Hani Salam, Radiopaedia.org. From the case rID: 7780



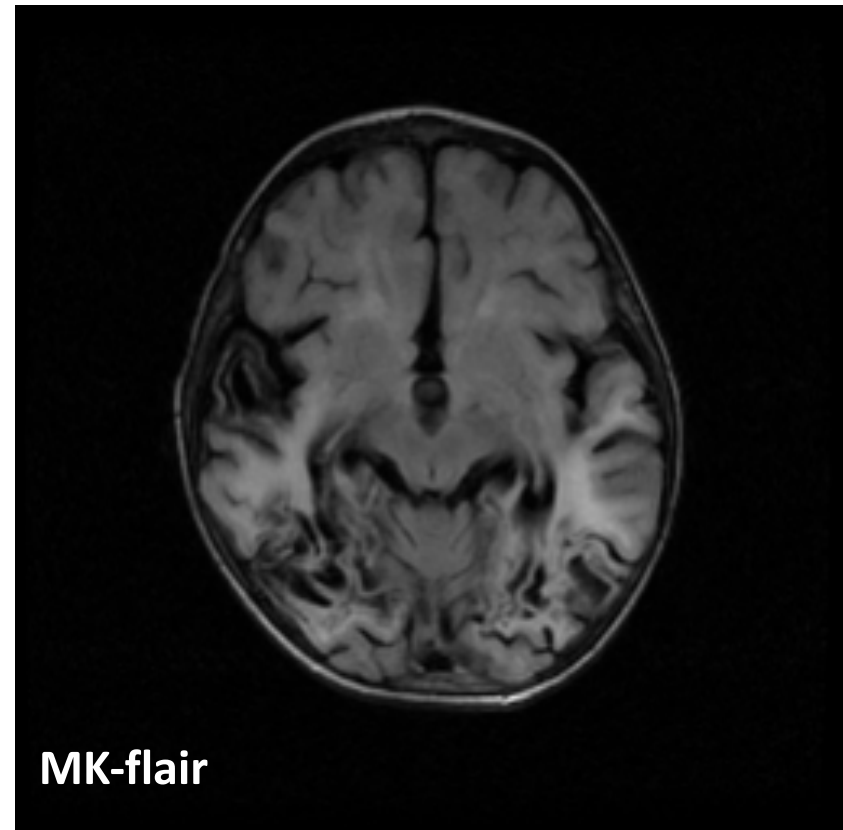
Case courtesy of Dr Hani Salam, Radiopaedia.org. From the case rID: 7780

Herpesenkefaliitti (2)

20 kk ikäinen poikalapsi, jolla alkuun kuumetta ja kouristelua, vaurio näkyy hyvin hyvin ohimo - ja takaraivolohkoissa. Tilanne 2 kk kuluttua oireiston alusta (edellinen slide)



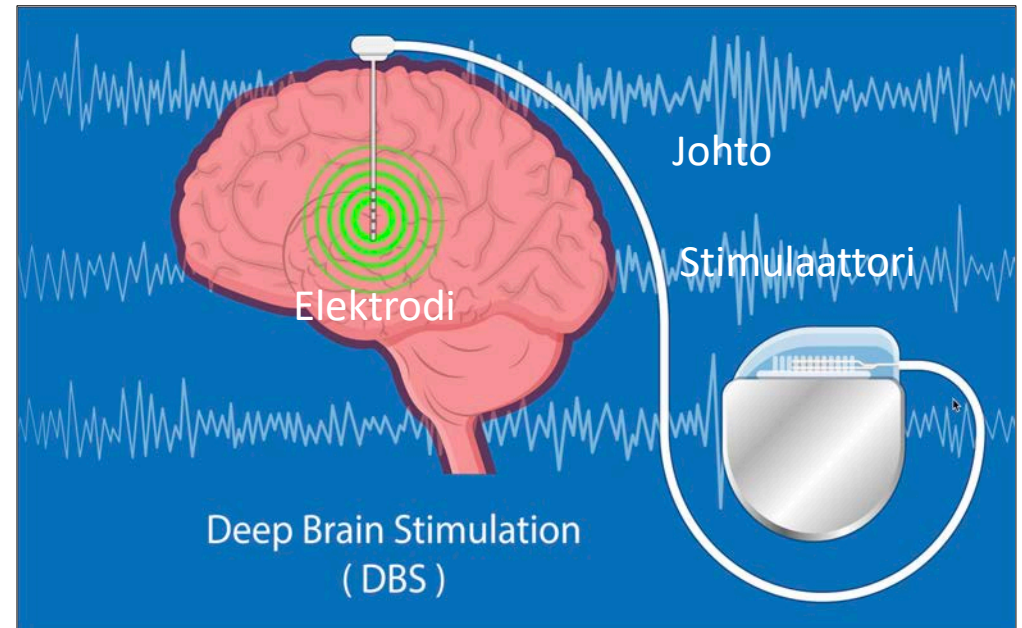
Case courtesy of Dr Hani Salam, Radiopaedia.org. From the case rID: 7780



Case courtesy of Dr Hani Salam, Radiopaedia.org. From the case rID: 7780

Magneettikuvauksen vasta-aiheet

- Ahtaanpaikankammo (klaustrofobia)
- Vierasesineet (esim. insuliinipumppu, DBS (deep brains stimulation, sirpale aivoissa tai silmässä)
- Raskaus ei ole absoluuttinen kontraindikaatio





Kaulaverisuonten kuvantamistutkimusten aiheet (indikaatiot)

A medical professional in a white lab coat is performing a carotid ultrasound on a female patient lying on a blue examination table. The professional is using a white ultrasound probe on the patient's neck. The patient is wearing a pink hospital gown. The ultrasound machine's control panel with various buttons and a small screen is visible in the foreground. The text "Kaulaverisuonten kuvantaminen ultraäänellä" is overlaid on the image.

Kaulaverisuonten kuvantaminen ultraäänellä

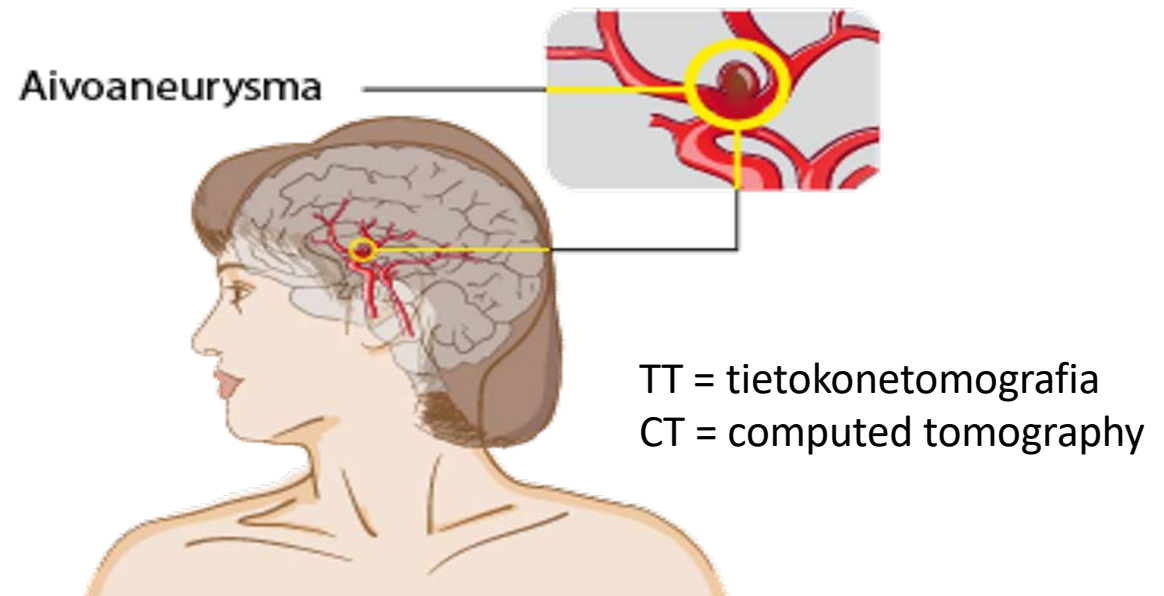
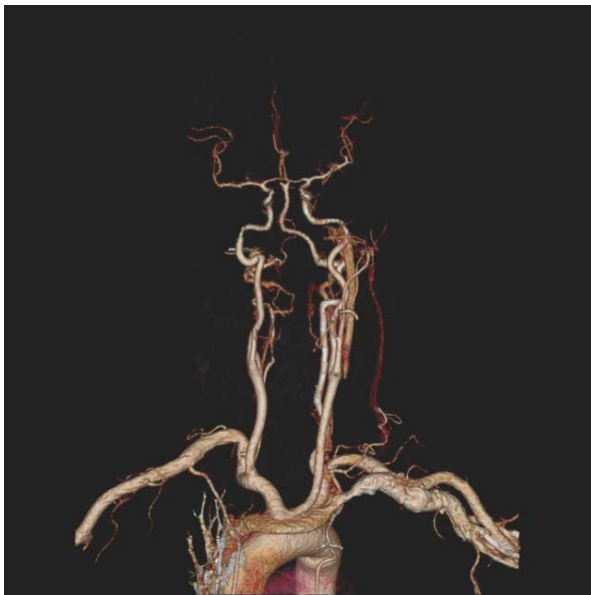
Kaulaverisuonten kuvantaminen ultraäänellä

- Kaulasuonten ultraäänitutkimus on ei-invasiivinen ja helposti saatavilla oleva tutkimus, jota käytetään seulontatutkimuksena selvittäessä kaulavaltimoiden ateroskleroosimuutoksia
- Kaulasuonten ultraääni on altis teknisille häiriöille ja tulkintavirheille määritettäessä stenoosin astetta, jolloin voidaan tehdä sekä yli- että aliarviointeja
- Ennen mahdollista karotisendarterektomiaa ultraäänilöydös ja stenoosin aste varmennetaan kaulavaltimoiden TT- tai MK-angiografialla

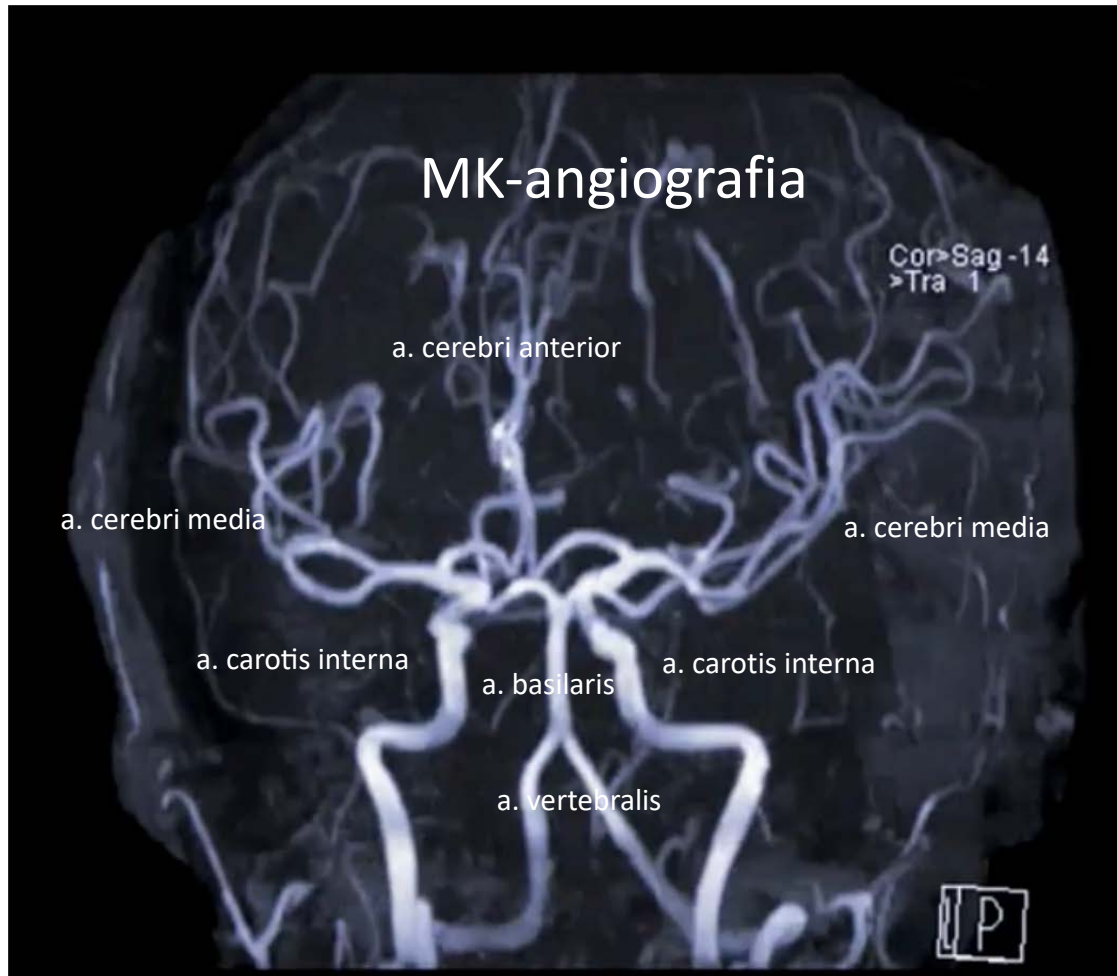
TT-angiografia (TTA tai CTA)

Kuvantaa aivoverisuonet erinomaisesti ja nopeasti – tärkeä aivohaveritutkimus (epäiltäessä mm. ahtaumaa, tukosta, dissekoitumaa, aneurysmaa) – erityisenä nopeus ja se, että ei ole kajoavana tutkimus

Syrjäyttänyt useimmissa indikaatioissa DSA-angiografian (Digital Subtraction Angiography)



Magneettiangiografia (MKA tai MRA)

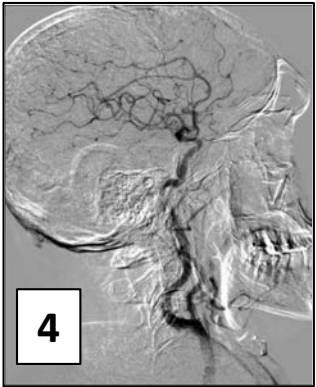


MK-angiografia on TT-angiografian vaihtoehto akuutissa aivoinfarktissa silloin, kun tarvitaan tarkka käsitys aivo- ja kaulasuonten tilasta

Yhdessä MK:lla ja MK-angiografialla saadaan hyvä käsitys parenkymivaurion asteesta ja verisuonimuutoksista

Laskimosinusten tilan arvioinnissa, kuten sinustromboosin kuvantamisessa, MK-venografia on tutkimuksena TT-venografiaa tarkempi

DSA-angiografian (Digital Subtraction Angiography)



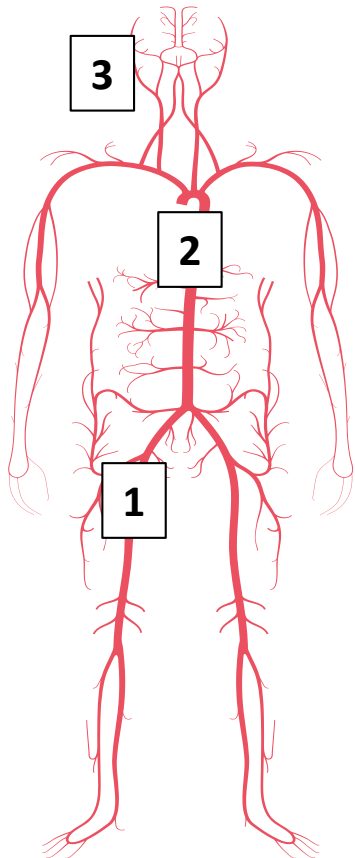
Aivoinfarktipotilailla DSA:ta käytetään nykyisin pääasiassa suonien sisäisissä toimenpiteissä, kuten angioplastian ja stentin asentamisen yhteydessä ja valtimonsisäisessä liuotushoidossa.

DSA on edelleen referenssimenetelmä ja "kultainen standardi" kaulavaltimoiden ja aivovaltimoiden tilaa arvioitaessa.

DSA on invasiivinen tutkimus, siihen liittyy komplikaatioriski, joka yleensä on luokkaa 0,5 – 1 %.

Nykyisin TT- ja MK-angiografia ovat pääosin syrjäyttäneet DSA:n, mutta sitä voidaan edelleen harkita erityistilanteissa.

DSA:ta pidetään luotettavimpana menetelmänä arvioitaessa pään alueen valtimoiden stenoosi- ja vaskuliittimuutoksia.



1 = Varjoainekatetri pistetään nivusvaltimoon

2 = Katetri uitetaan kuvausalueelle

3 = Katetri päänsä halutussa kaula/aivoverisuonessa varjoaineen ruiskutusta varten

4 = Kaula/aivoverisuonet kuvataan tai tehdään haluttu toimenpide

Kaulaverisuonten kuvantaminen - yhteenveto

Table 1. Tests to Detect Carotid Stenosis.

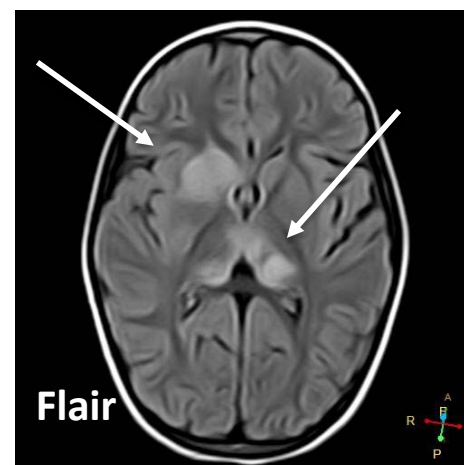
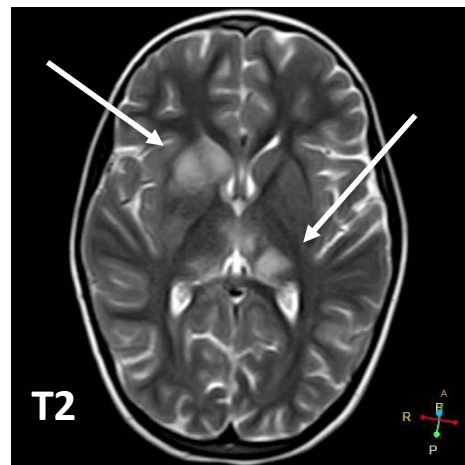
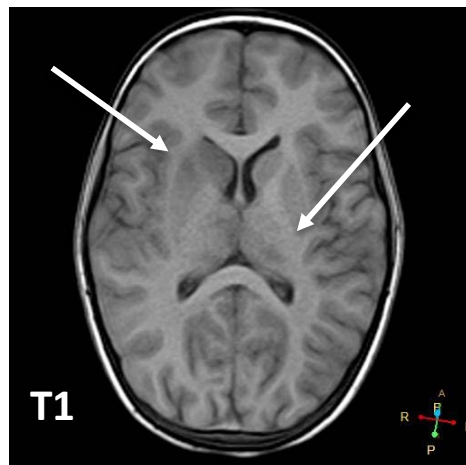
Test	Feasibility	Accuracy	Risks
Ultrasonography	Widely available, rapidly performed	Detects bifurcation only	None
Magnetic resonance angiography	Requires patient to be immobile for duration of test; not feasible in patients with metallic implants or in severely obese patients	Cannot discriminate subtotal from total occlusion	Gadolinium usually not needed; when used, it carries risk of nephrogenic systemic fibrosis; gadolinium contraindicated in patients with renal insufficiency
Computed tomographic angiography	Widely available, rapidly performed	Provides good resolution of entire vascular tree	Iodinated contrast material carries risk of nephrotoxic effects; computed tomographic angiography should be avoided in patients with renal insufficiency
Catheter angiography	Requires angiography team	Excellent	0.5–1.0% Risk of stroke, myocardial infarction, arterial injury, retroperitoneal bleeding



Syventävää tietoa magneettikuvauksesta

MK – sekvenssejä (1)

- T1 – anatomian kuvantaminen
 - + varjoaine tutkittaessa maligniteettia, inflammaatiota (veriaivoesteen vaurio johtaa varjoaineen kertymiseen)
- T2 – patologian kuvantaminen (mm. turvotus)

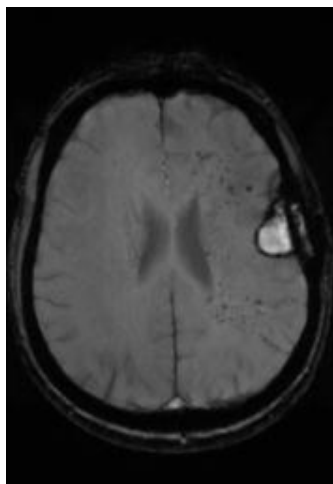


Kuvissa ADEM - löydös
(acute disseminated
encephalomyelitis) eri
sekvensseillä kuvattuna

Kuvat: Ahmed Abdrabou

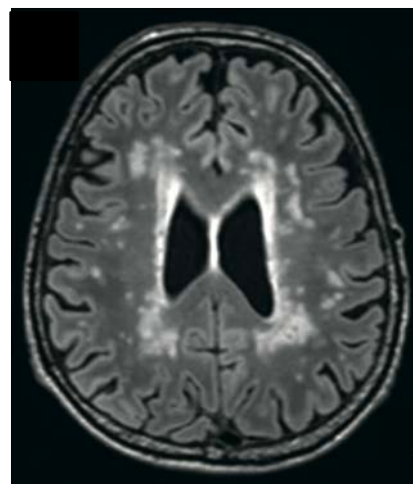
MK – sekvenssejä (2)

- Gradient echo = T2* - vuotojen kuvantaminen (hemosideriini)
- Nykyisin ns. SWI-sekvenssi (susceptibility-weighted imaging)
- FLAIR – valkean aineen kuvantaminen (MS, pienten aivoverisuonten tauti)



Astrocytoma (SWI-sekvenssi)

Case courtesy of Assoc Prof Frank Gaillard, Radiopaedia.org. From the case rID: 29667



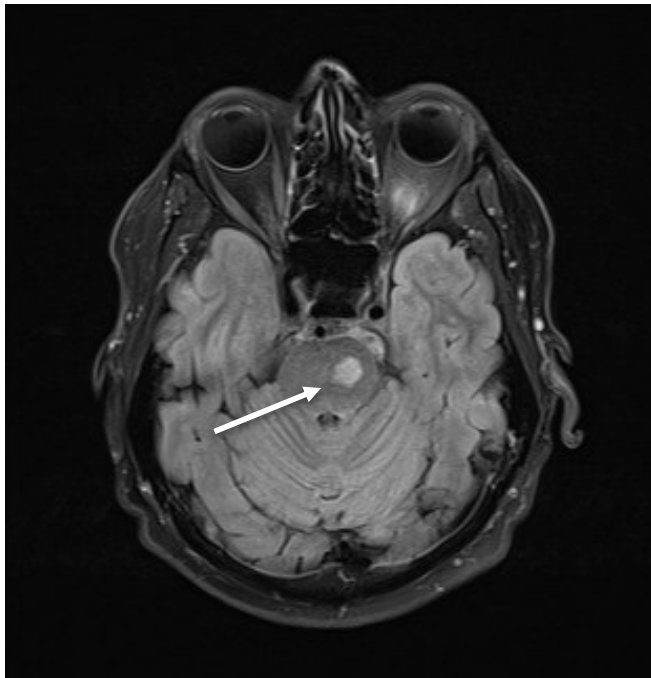
Aivojen pienten suonten muutoksia magneettikuvassa (FLAIR)

Susanna Melkas, Kirsi Rantanen, Timo Strandberg, Timo Erkinjuntti ja Hanna Jokinen
Voidaanko aivojen valkean aineen muutoksia ehkäistä?
Duodecim 2020;136:1291–9

MK – sekvenssejä (3)

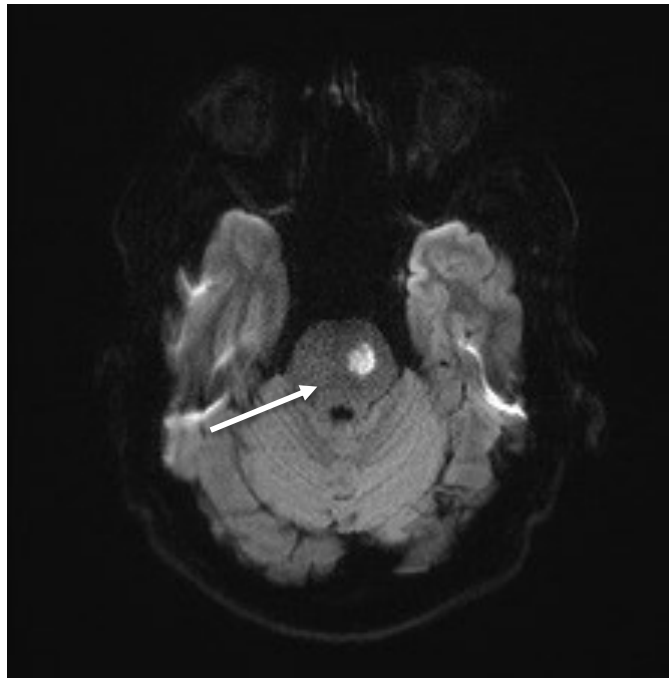
- DWI (diffuusiopainotteinen kuvantaminen)
 - Osoittaa sytotoksisen turvotuksen
 - Hyödyllinen etenkin akuutissa aivoinfarktissa
- ADC- kartta (apparent diffusion coefficient)
 - Tulkitaan yhdessä DWI-kuvien kanssa
 - Erottaa vasogeenisen ja sytotoksisen turvotuksen
 - Hyödyllinen mm. vanhan ja tuoreen aivoinfarktin sekä aivopaiseen ja aivokasvaimesta erottamisessa

Tuore aivosillan (pons) infarkti



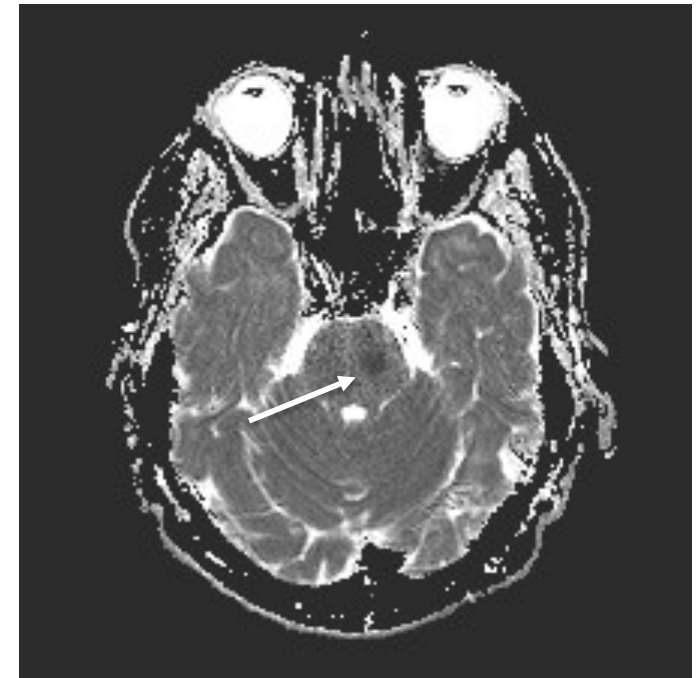
FLAIR-sekvenssi

Fluid attenuated inversion recovery



DWI

Diffuusiopainotteinen kuva



ADC- kartta

Apparent Diffusion Coefficient - kartta

MK – sekvenssejä (4)

- Perfuusiokuvaus
 - Tulkitaan yhdessä DWI-kuvien kanssa
 - Kun diffuusiokuvaukseen (DWI) yhdistetään perfuusio-MK, voidaan arvioida akuuttivaiheen iskemiassa pelastettavissa olevan penumbra-alueen laajuutta diffuusio-perfuusio-eroavuuden avulla (ns. "mismatch"-arvio)

MK – sekvenssejä (5)

- DTI-kuvat (diffusion tensor imaging)
 - Hermosäikeiden kulku (traktografia, hermosäikeiden yhteyksien kuvantaminen)
 - Demyelinisoivat tai degeneratiiviset muutokset
- MK-angiografia ja -venografia
 - Valtimoiden ja laskimoiden kuvantaminen

Funktionaalinen MK

- Aivokuoren toiminta ja kartoitus
- Tärkeä tieteellisessä tutkimuksessa
- Ei kliinisessä rutiinikäytössä

Magneettispektroskopia

- Aivojen biokemiallisten muutosten kuvantaminen
- Malignin tuumorin erottaminen aivopaiseesta (absessista)
- Koliini  – valkean aineen vaurio
- N-asetyyliaspartaatti  – harmaan aineen vaurio
- Laktaatti  – anaerobisen metabolian häiriö