

KUVANTAMISTUTKIMUKSET AIVOVERENKIERRON LOPPUMISEN OSOITTAMISEKSI

- Aivokuolemalla tarkoitetaan tilaa, jossa aivokudos on tuhoutunut niin, että elintärkeät aivotoiminnot ovat peruuttamattomasti loppuneet, riippumatta siitä toimiiko sydän ja verenkierto
- Valtaosassa tapauksista diagnoosi perustuu neurologisiin testeihin ja hengitystestiin
- Aivokuoleman toteavat neurologi/neurokirurgi/anestesiologi tai muu lääkäri joka on saanut koulutuksen tähän
- Välttämättöminä kuvantamistutkimuksina käytetään aivojen magneetti- tai tietokonekerroskuvausta
- Joskus epävarmoissa tapauksissa (mm. kasvovammat, lääkeainevaikutus, epävarma tulos testeissä tms) voidaan tehdä lisätutkimuksia aivoverenkierron loppumisen osoittamiseksi
- Gold standard-kuvantamistutkimuksena tässä on ollut aivosuonten angiografia (DSA)
- Käytössä on ollut myös aivosuonten tietokonetomografia-angiografiatutkimus (CTA)
- Tieteellinen näyttö CTA:sta on vähäisempi, mutta se on kuitenkin vakiinnuttanut asemansa paremman saatavuuden, nopeuden, vähemmän invasiivisuuden yms. syiden takia
- Tämän ohjeistuksen mukaan sekä DSA:ta että CTA:ta voidaan käyttää tapauskohtaisesti harkiten, metodin valinnan suorittaa klinikko yhdessä radiologin kanssa
- ECMO-hoidossa olevien potilaiden aivoverenkierron loppumisen osoittamiseen kuvantamalla käytetään ensisijaisesti DSA-tutkimusta. Tarvittaessa voidaan käyttää CTA:ta jos tähän on jo olemassa paikallinen toimintamalli

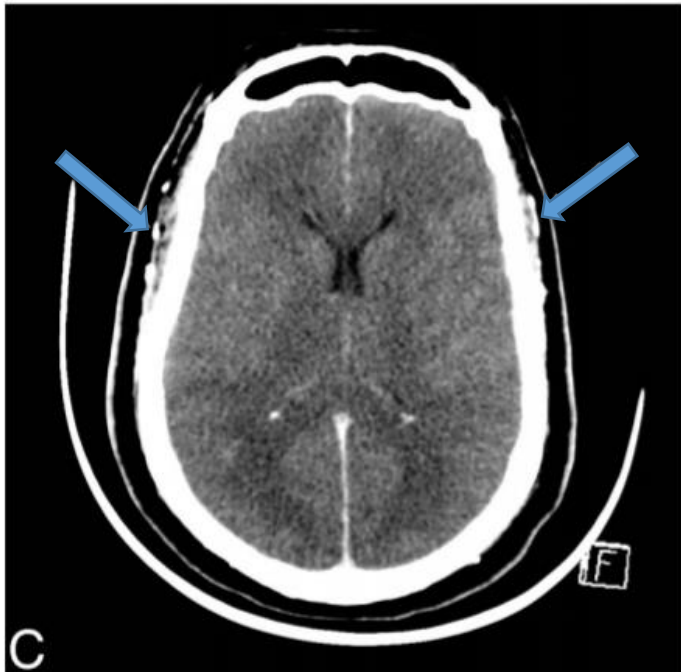
CTA - tutkimuksen suorittaminen ja tulkinta

- tehdään neurologin/neurokirurgin/anestesiologin tai muun lääkärin läheteen perusteella
- 3-vaiheinen kuvaus: natiivina, arteriavaiheessa 20 s varjoaineruiskutuksen alusta, venavaiheessa 60 s ruiskutuksen alusta
- I.v. varjoaine: 350 mg/ml - 100 ml - 5 ml/sek (lasten kuvaukset, ks taulukko 1)
- Kuvausalue C2 nikamasta pääläelle
- natiivikuvista tarkistetaan ettei varjoainetta ole kallon sisällä
- arteriavaiheen kuvista tarkistetaan että arteria carotis externan haarat täyttyvät kallon ulkopuolella (**kuva 1**)
- venavaiheen kuvista (**kuva 2**) tarkastellaan kortikaalisia arteria cerebri median (MCA) haaroja sekä vena cerebri internoja (ICV) molemmista hemisfääreistä (2+2 suonta)-> tehostumisen puuttumisesta suonessa saa 1 pisteen, 4 pistettä viittaa aivoverenkierron puuttumiseen
- jos potilaalle on tehty dekompressiivinen kraniektomia, edellinen tulkinta ei välttämättä ole luotettava, silloin voidaan käyttää ICV:tä ja vena petrosalis superioria pisteytykseen (SPV, **kuva 3**). Näiden tehostumisen puuttumisesta saa 1 pisteen/suoni, 4 pistettä viittaa verenkierron puuttumiseen

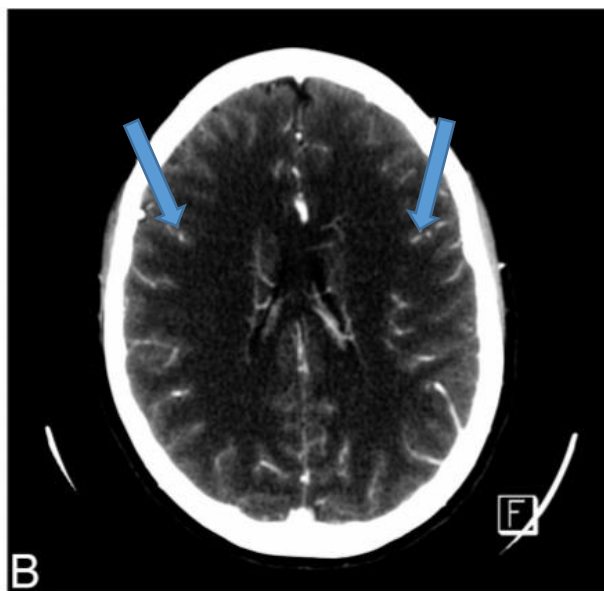
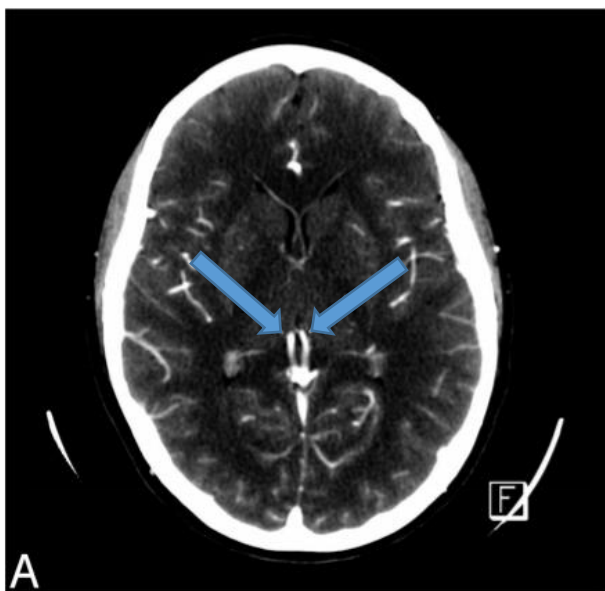
Mallilausunto: Kuvaus natiivina, arteriavaiheessa ja venavaiheessa.

Natiivikuvauksessa ei todeta varjoainetta kallon sisällä. (+ mahdolliset muut löydökset). Arteriavaiheessa nähdään normaali täyttyminen arteria carotis externojen haaroissa kallon ulkopuolella. Venavaiheen kuvissa ei nähdä tehostumista kummallakaan puolella MCA:n kortikaalisissa haaroissa, eikä eikä kummankaan puolen ICV:ssä.

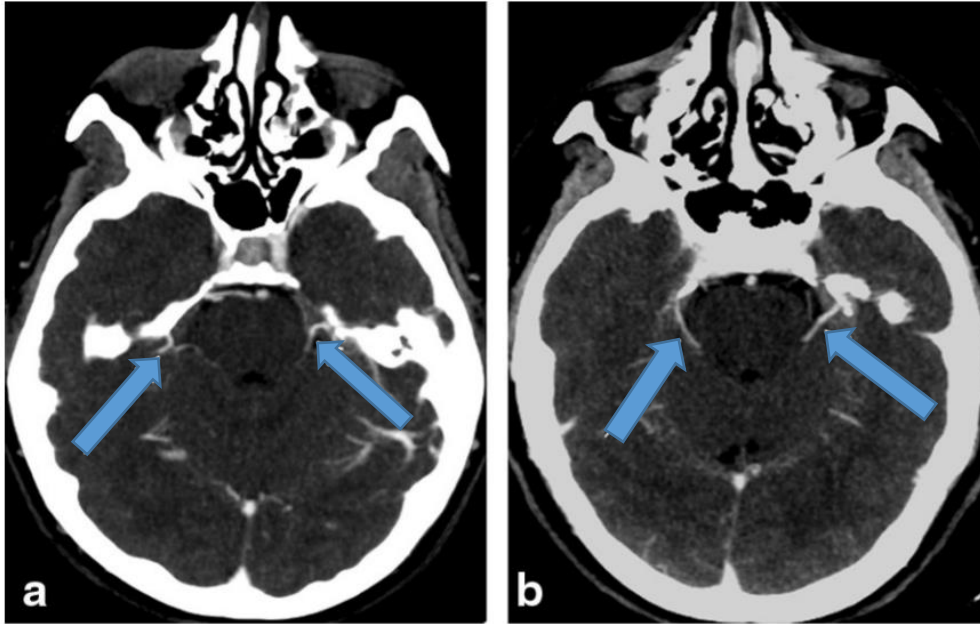
-edellä olevat löydökset viittaavat siihen että kallonsisäistä verenkiertoa ei ole.



Kuva 1. Arteriavaiheen kuvauksessa arteria carotis externan haarat täyttyvät (nuolet).



Kuva 2. A: Vena cerebri internat (ICV). B: Arteria cerebri median kortikaaliset haarat (MCA).



Kuva 3. Vena petrosalis superior. Tätä voidaan käyttää esim. jos potilaalle tehty dekompressiivinen kraniektomia.

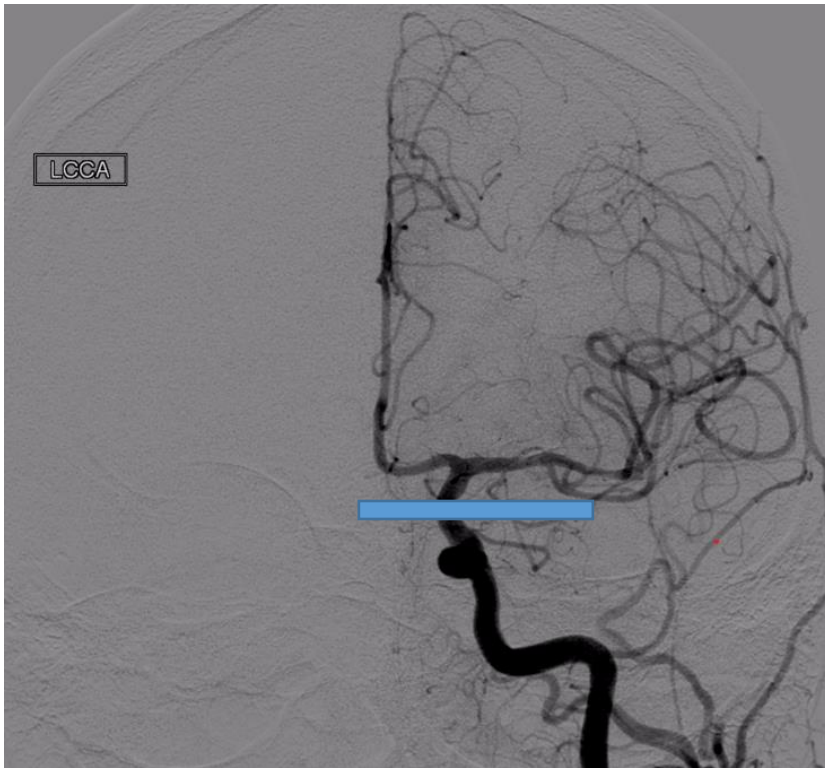
Taulukko 1. Varjoaineruiskutus lapsilla CTA-tutkimuksessa. Varjoaineen ruiskutusnopeus yksilöllisesti mahdollisimman nopeasti, isommilla lapsilla 5 ml/s

Paino (ml/kg)	Varjoaineen määrä ja vahvuus
Alle 10 kg	3 ml/kg, 270 mg I/ml
10–50 kg	3 ml/kg, max 100 ml, 300 mg I/ml
Yli 50 kg	100 ml 350 mg I/ml tai 320 mg I/ml

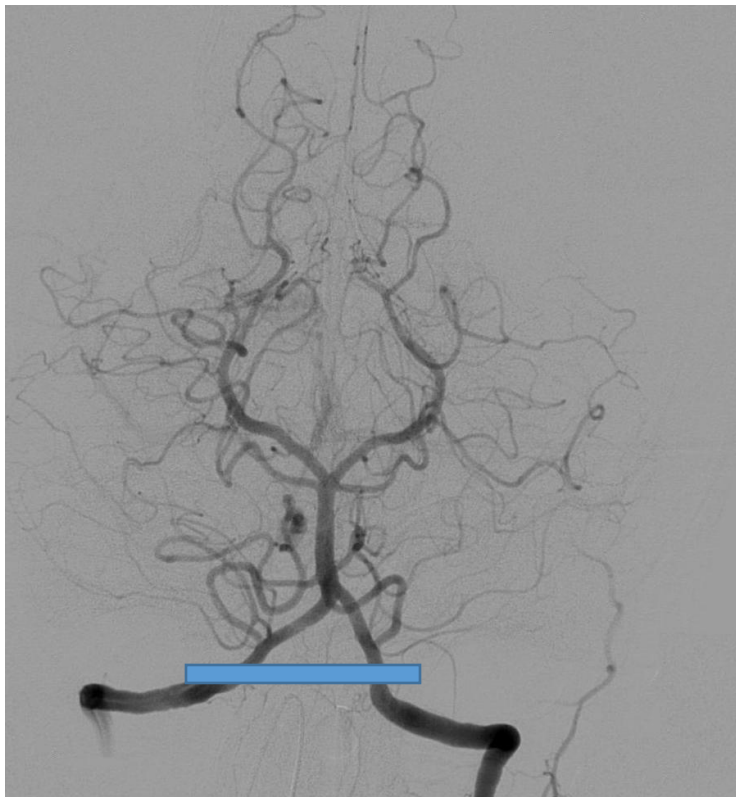
DSA - tutkimuksen suorittaminen ja tulkinta

- tehdään neurologin/neurokirurgin/anestesiologin tai muun lääkärin lähetteen perusteella
- katetroidaan vuorotellen selektiivisesti molemmat a. carotis communicet ja a. vertebralikset (tai toinen a. vertebralis)
- ruiskutukset paineruiskulla molempiin a. carotis communiciin ja a. vertebraliksiin, pitkä kuvasarja ad 60 sekuntia
- tarkistetaan että a. carotis externat täyttyvät normaalisti
- jos varjoainetta ei näy ICA:n clinoideus anterior-tason distaalipuolella tai takakierrossa foramen magnumin yläpuolella, voidaan todeta että aivoverenkiertoa ei ole (ks. **kuvat 4 ja 5**)
- selektiivisessä katetroinnissa paineruiskua käytettäessä voi varjoainetta mennä hieman näiden rajojen yli ja jäädä seisomaan paikoilleen (M1, a.vertebraliksen distaaliosa) ns. "stasis filling" -> tällöin voi tutkimuksen uusia esim aortaruiskutuksella
- verenpaineen mittaus, normotensio
- nivusen pistokohtaan sulkulaite (Angioseal tms.)

Mallilausunto: Katetroitu selektiivisesti molemmat arteria carotis communicet ja arteria vertebralikset. Ruiskutusten jälkeen varjoainetta ei nähdä ICA:iden clinoideus anterior-tason distaalipuolella, eikä takakierrossa foramen magnum tason yläpuolella. A. carotis externat täyttyvät normaalisti. Nämä löydökset viittaavat siihen, että verenkiertoa aivojen alueella ei ole.



Kuva 4. Jos varjoaine ei mene clinoideus anterior-tason (sininen palkki) yläpuolelle carotisruiskutuksessa, tämä viittaa aivoverenkierron puuttumiseen. (kuvassa normaalilöydös)



Kuva 5. Jos varjoaine ei mene foramen magnum-tason (sininen palkki) yläpuolelle vertebralisruiskutuksessa, tämä viittaa aivoverenkierron puuttumiseen. (kuvassa normaalilöydös)

Lähteet:

- Evidence-based guideline update: Determining brain death in adults; American Academy of Neurology; Wijdicks et al; Neurology 74, June 8 2010; 1911-1918
- Computed tomography (CT) angiography for confirmation of the clinical diagnosis of brain death; Taylor et al; Cochrane Library; Cochrane database of systematic reviews; 2014; Issue 3
- CT angiography for Brain Death diagnosis; Frampas et al; American Journal of Neuroradiology; 2009 Sep; Issue 30; 1566-1570
- Angiography in Brain Death; Bradac et al; Neuroradiology 7, 25-28 (1974)
- Imaging tests in determination of brain death; Lugt, Aad van der; Neuroradiology (2010) 52: 945-947
- Kuoleman toteaminen – Opas terveydenhuollon henkilöstölle; Sosiaali- ja terveysministeriön oppaita 2004:5
- Computed tomography angiography in the diagnosis of brain death: A systemic review and meta-analysis; Kramer et al; Neurocritic Care (2014); 21:539-550
- Revised CT angiography venous score with consideration of infratentorial circulation value for diagnosing brain death; Marchand et al; Annals of Intensive care (2016) 6:88
- Computed tomography angiography as a confirmatory test for the diagnosis of brain death; Garrett et al; Journal of Neurosurgery 128:639-644; 2018
- Dynamic evaluation of stasis filling phenomenon with computed tomography in diagnosis of brain death; Sawicki et al; Neuroradiology (2013) 55: 1061-1069

Laatijat: Juha Järveläinen, Anna-Maria Koivusalo, Kirsi Rantanen, Juha Martola, Daniel Strbian, Marko Kangasniemi, Maarit Palomäki, Jarno Satopää, Ann-Christine Lindroos, Maarit Lång, Timo Nyssönen, Erika Wilkman, Paula Bendel, Saija Näse-Stahlhammar

Voimaantulopäivä 17.12.2020, päivitetty 26.1.2026

Kohderyhmä: Radiologit, neurologit, neurokirurgit, anestesia- ja lääkärit, röntgenhoitajat, muut lääkärit, sairaanhoitajat