

Herzlich willkommen bei der 19. Fortbildungsakademie der GNP! Modul III – MRT



Kinderklinik

Einführung in die MRT-Bildgebung und neue Techniken

Prof. Dr. Marko Wilke

15.11.2023

EBERHARD KARLS
UNIVERSITÄT
TÜBINGEN



Klinik für Kinder-
und Jugendmedizin
Universitätsklinikum
Tübingen

Deklaration

Es bestehen **keine** persönlichen oder geschäftlichen Beziehungen, die im Kontext des Themas dieses Vortrags als Interessenskonflikt wahrgenommen werden könnten.



MRT – Pro & Contra (I)

- Die MRT ist *die* nicht-invasive Methode zur Untersuchung von **Weichteilen**
- Sie erlaubt eine freie Wahl der **Schnittführung**
- Verschiedene **Gewichtungen** bieten zusätzliche Informationen
- Aber: sie ist unbequem, laut, teuer, bewegungsanfällig... also insgesamt **unpraktisch**



MRT – Pro & Contra (II)

- Trotz der Nachteile ist sie die Methode der Wahl für ...
 - die Beurteilung der **Hirnentwicklung**
 - bei **Tumoren** (insbesondere in der hinteren Schädelgrube)
 - **entzündlichen** Veränderungen
 - **Weichteilprozesse**
- Sie ist nicht geeignet für ...
 - **Knochenverletzungen** (außer bei Osteomyelitis!)
 - den sicheren Ausschluss von **Blutungen** oder **Verkalkungen**



MRT – Technik (I): Signalerzeugung

- Die MRT beruht auf einem starken **Magnetfeld** (~ 50.000 x Erdmagnetfeld):
 - dieses Feld induziert eine **Ausrichtung** von magnetischen Dipolen (im Gewebe sind das vorwiegend an Wasser / Fett gebundene **Protonen**)
 - durch einen Hochfrequenz-**Radiopuls** werden diese dann ausgelenkt
 - bei der Rückkehr in den Ausgangszustand wird diese Energie messbar **abgegeben**

- NB: der Haupt-Magnet ist **immer an!**



Einschub: „ungefährliche“ MRT?



CBS NEWS NEWS SHOWS LIVE

Boy Killed In Freak MRI Accident

JULY 31, 2001 / 9:13 AM / AP

A team of investigators from the state Health Department is on the scene at the Westchester Medical Center north of New York City, where a 6-year-old boy was fatally injured by a flying oxygen tank while undergoing an MRI exam. Health Department spokesman Robert Kenny said investigators were checking records and interviewing staffers in the wake of the boy's death, which came after his skull was fractured when the tank was pulled through the air by the MRI machine's powerful magnet. The hospital and the Westchester district attorney's office also are reviewing the case.

(8)



MRT – Technik (II): Signallokalisierung

- Durch kleinere Magnetfelder (sogenannte **Gradientenfelder**) wird der Anregungspuls
 - zunächst auf eine Schicht begrenzt (**Schicht-Selektion**)
 - dann durch Frequenzunterschiede eingegrenzt (**Frequenz-Kodierung**)
 - dann durch die Modulation der Phase erneut eingegrenzt (**Phasen-Kodierung**)

In der Summe damit Anregung eines kleinen, definierten Volumens (**Voxel**)

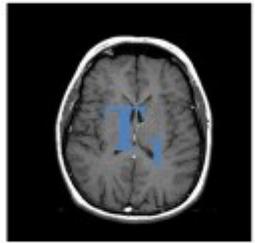
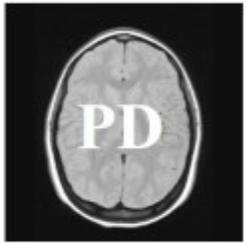
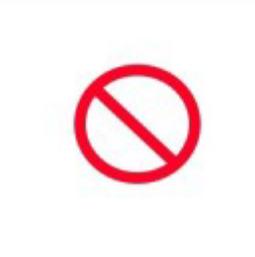
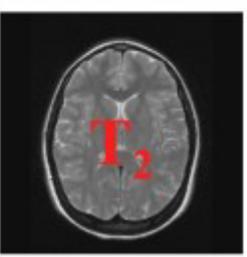
- NB: es ist die schnelle Umschaltung der Gradienten, die den **Lärm** bei der MRT generiert (es gibt keine beweglichen Teile in einem MR-Scanner!)



MRT – Technik (III): TE, TR, T1, T2...

- TE („time to echo“): Zeit nach der Anregung bis zur **Signalaufnahme**
- TR („time to repetition“): Zeit **zwischen** den Anregungen

Kombination dieser Parameter determiniert die **Gewichtung**

	Short TR (300-800)	Long TR (>1500)
Short TE (10-20)		
Long TE (50-100)		

(9)



T1



Technik: kurze TR, kurze TE

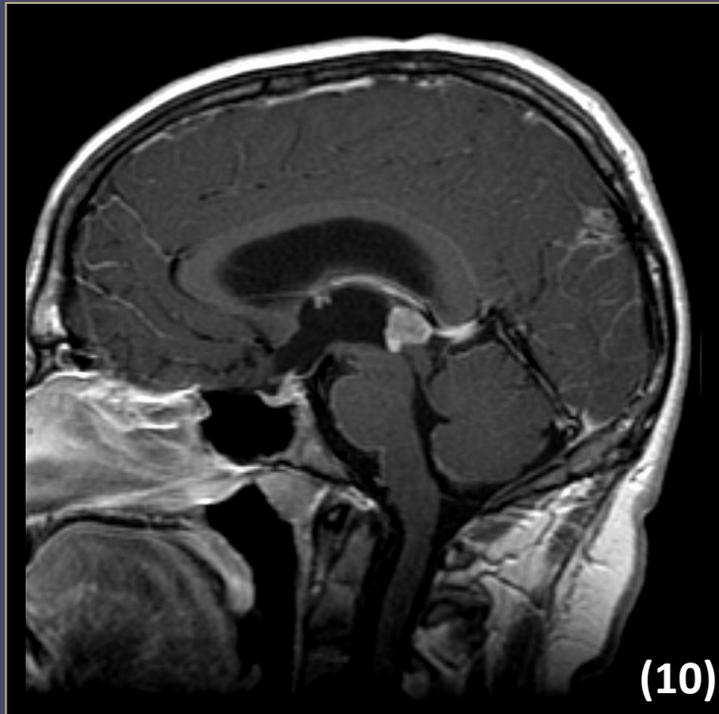
Pro: hohe Auflösung, auch in allen Ebenen (3D)

Contra: nicht sehr Pathologie-sensitiv
relativ lange Sequenzen

Tip: radiologische Standardsequenz für Anatomie
ideal zur frühen Myelinisierungsbeurteilung



T1 + KM



Technik: T1 + paramagnetisches Gd

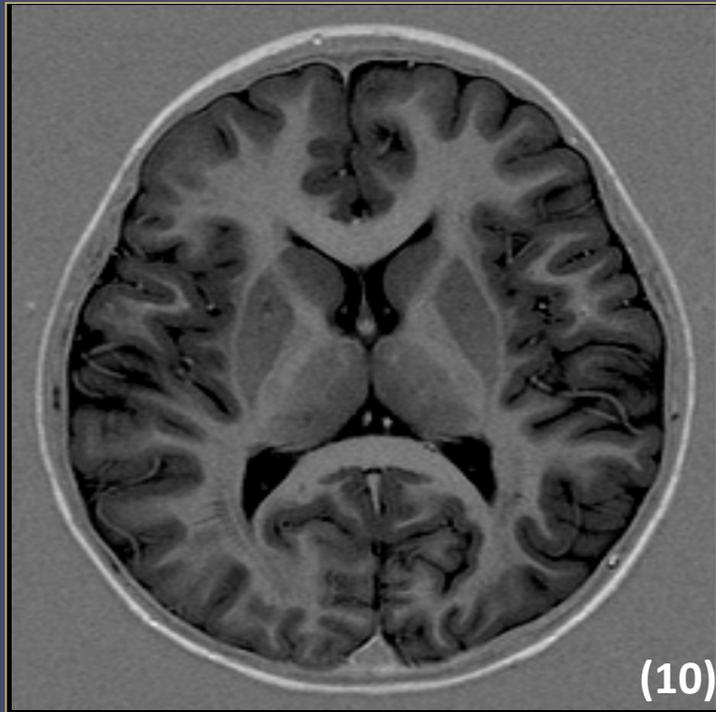
Pro: bei Tumor, Entzündungen, Gefäßprozessen oder nach Radiotherapie

Contra: allergische Reaktionen (auch spät); Einlagerung, renale Ausscheidung (Nierenfunktion?)

Tip: KM außerhalb von Gefäßen ist pathologisch!
Vorher auch schon hell ?



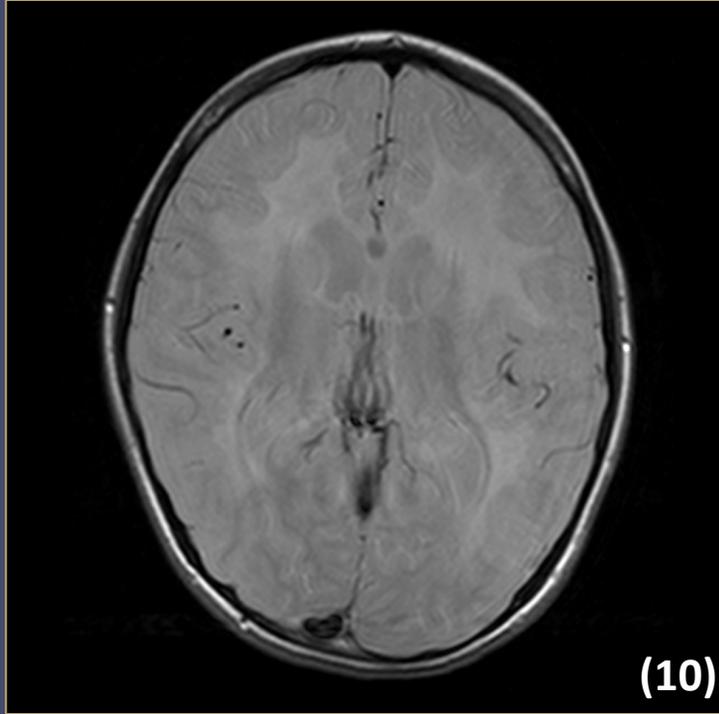
T1-Variante: IR und STIR



- Technik:** T1 + Inversionspuls
als short tau IR (STIR) mit Fettunterdrückung
- Pro:** IR erlaubt sehr gute grau/weiß-Differenzierung
STIR: sinnvolle Kombination mit KM
- Contra:** ungewohnter Kontrast (= extra-Zeit!)
- Tip:** gute Sequenz auch bei kortikalen Dysplasien
Kombination mit KM für Orbita & WS



Protonendichte (PD)



Technik: lange TR, kurze TE

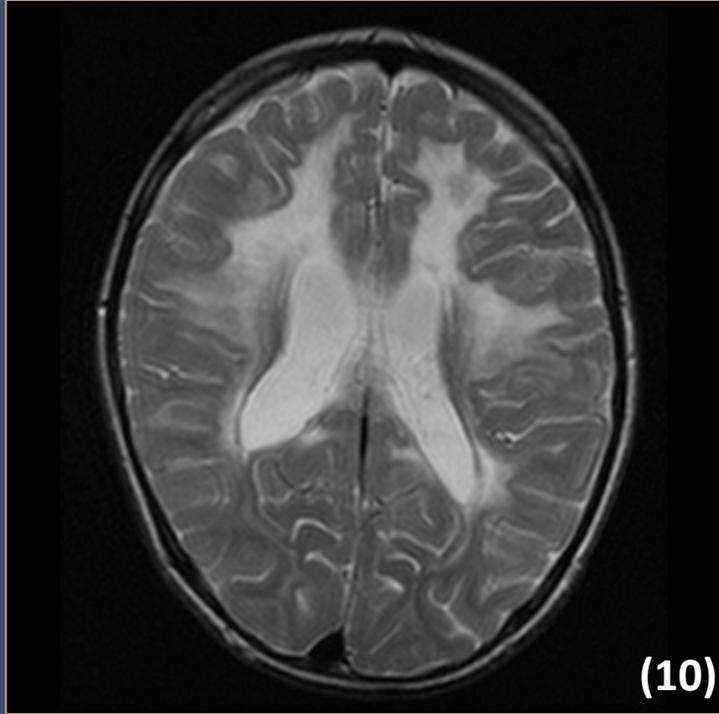
Pro: gute Gefäßabgrenzung

Contra: nicht Pathologie-sensitiv
schlechte grau/weiß-Differenzierung

Tip: billige Zugabe bei Doppel-Echo-Sequenzen
("erstes Echo", noch vor "zweitem Echo" T2)



T2



Technik: lange TR, lange TE

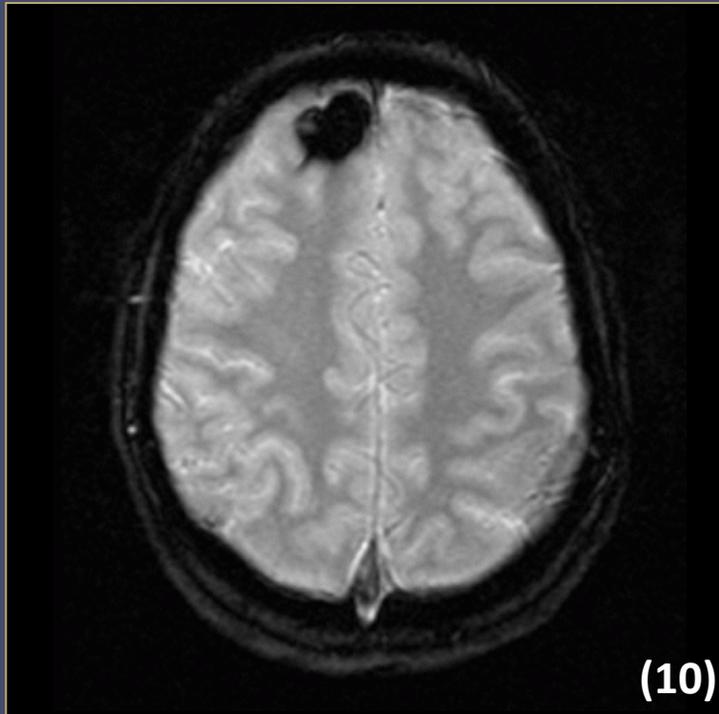
Pro: sehr Pathologie-sensitiv
sehr gute Differenzierung von grau/weiß

Contra: schlechtere räumliche Auflösung (Schichtdicke!)
Überstrahlungseffekte

Tip: klassische Standardsequenz für Pathologie
ideal zur späten Myelinisierungsbeurteilung



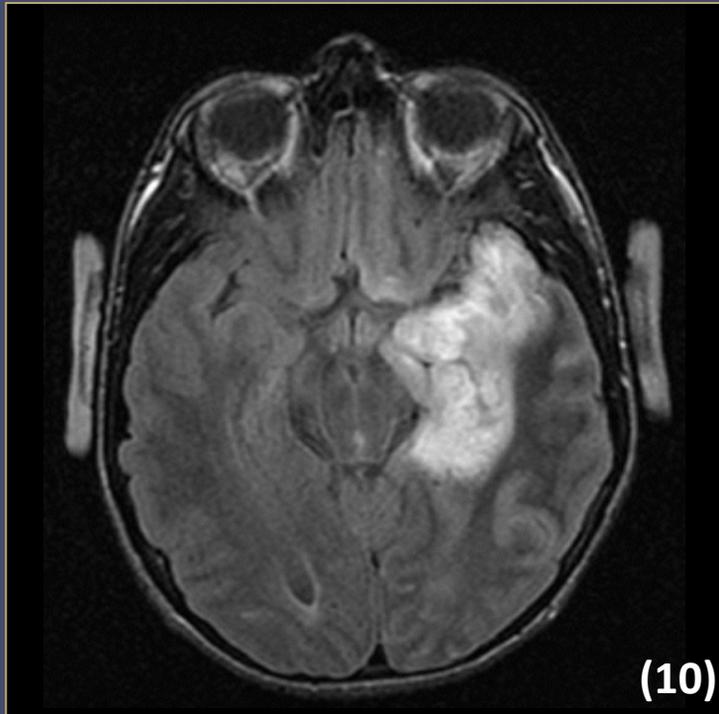
T2-Variante: T2*



- Technik:** T2 ohne Ausgleich lokaler Inhomogenitäten, daher gewollt artefaktanfällig
- Pro:** noch die beste MR-Sequenz von Blutresiduen und Verkalkungen
- Contra:** im Kindesalter nur bei speziellen Fragestellungen sinnvoll
- Tip:** nach Trauma (da auch als „Maximalvariante“ SWI), bei Gefäßmalformationen



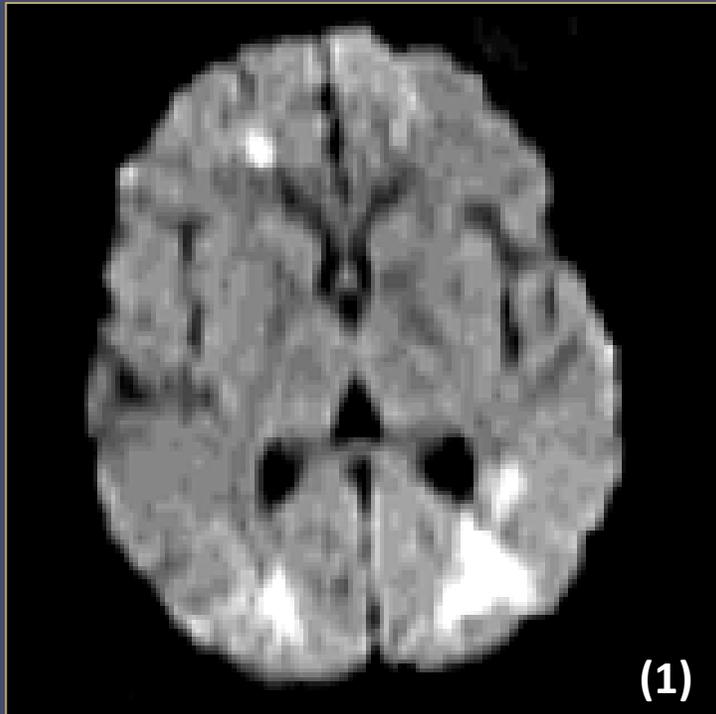
T2-Variante: FLAIR



- Technik:** T2 mit Vorpuls zur Unterdrückung des reinen Wassersignals
- Pro:** beste MR-Sequenz für periventrikuläre Läsionen
sehr Pathologie-sensitiv
- Contra:** bei Kleinkindern nur angepasst sinnvoll (höherer Gewebe-Wassergehalt!)
- Tip:** Ablösung von T2 als Standard für Pathologie
cave: T2, aber Liquor ohne Signal



Diffusions-gewichtete MRT



Technik: indirekte Darstellung der Diffusion von Wasser, dadurch Darstellung von Zellschwellung möglich

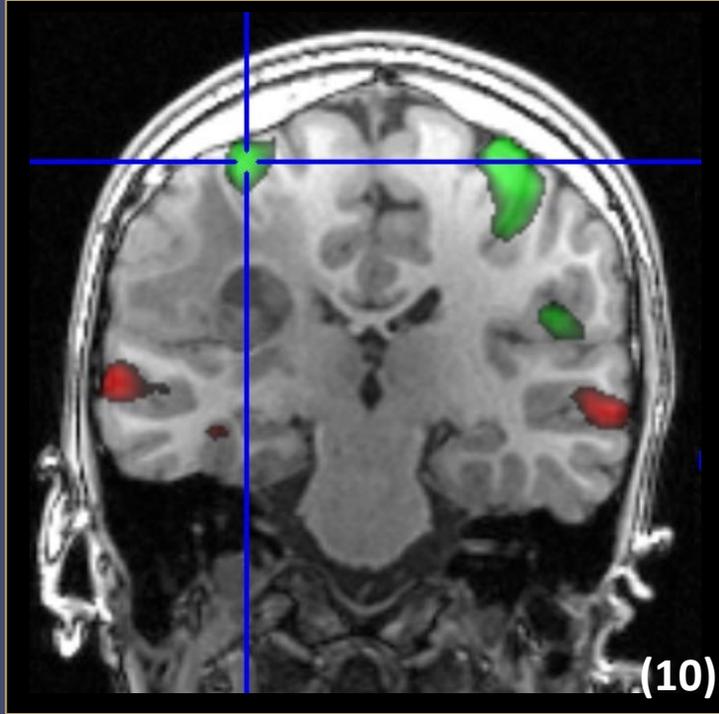
Pro: beste und schnellste (!) MR-Sequenz für (zytotoxisches) Ödem

Contra: in der Akutsituation keine (wichtigste Sequenz bei V.a. Infarkt)

Tip: Artefaktanfällig („T2-shine through“) in den Rohdaten: immer nach ADC-Korrelat schauen



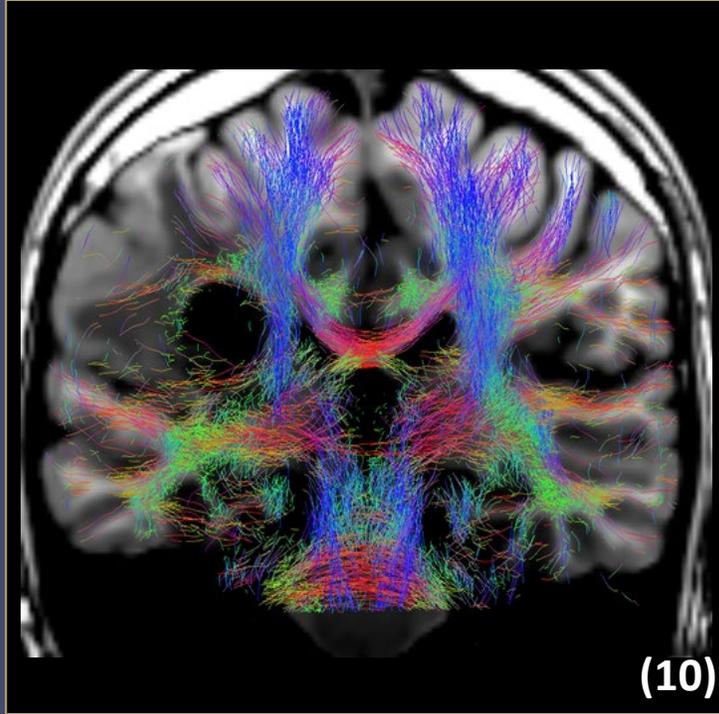
Nicht-strukturelle MRT (I) - fMRT



- Technik:** T2*-gewichtete EPI (besonders empfindlich für Signalunterschiede de/oxygeniertes Hb)
- Pro:** Darstellung neuronaler Aktivierung während des Bearbeitens einer Aufgabe (oder in Ruhe)
- Contra:** Aufbau, Umsetzung und Datenverarbeitung gerade bei Kindern herausfordernd
- Tip:** klinisch relevant im prächirurgischen Einsatz z.B. bei Tumoren



Nicht-strukturelle MRT (II) – dMRT/Traktographie



Technik: indirekte Darstellung der Diffusion von Wasser, dadurch Darstellung von Faserbahnen möglich

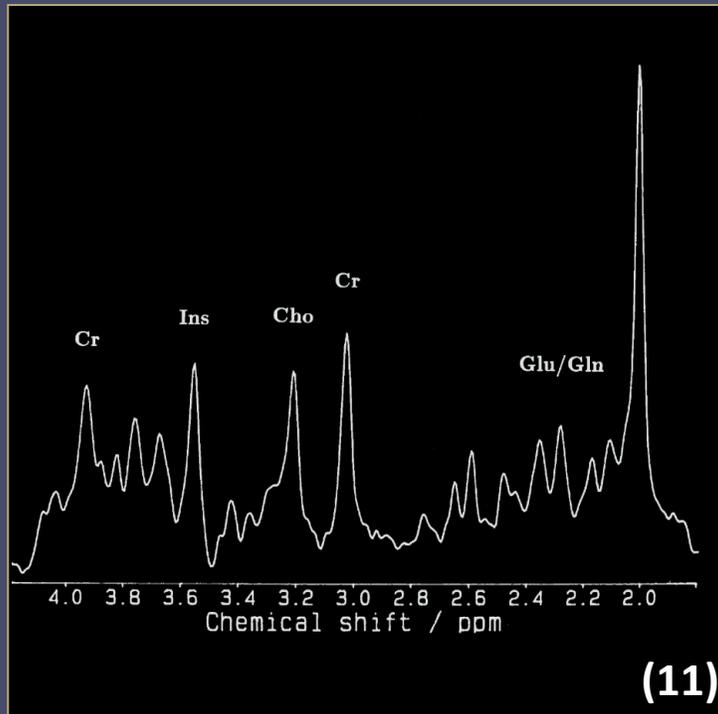
Pro: besseres Verständnis von struktureller Konnektivität (und coole Bilder ;)

Contra: Aufbau, Umsetzung und Datenverarbeitung gerade bei Kindern herausfordernd

Tip: klinisch relevant im prächirurgischen Einsatz z.B. bei Tumoren



Nicht-strukturelle MRT (III) – ^1H -MR-Spektroskopie



Technik: Analyse des (kleinen!) MR-Signals von nicht an Wasser gebundenen Protonen

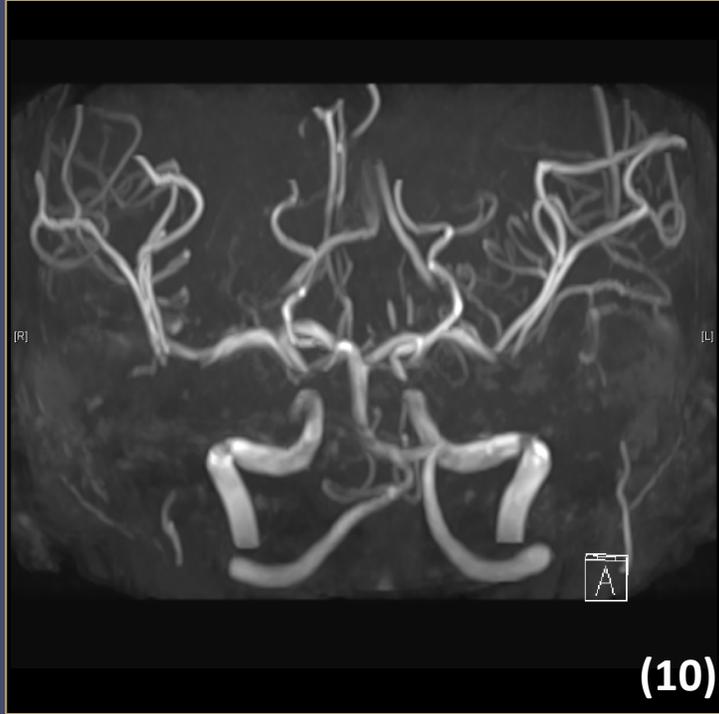
Pro: Identifikation verschiedener Kenn-Metabolite (unter Anderem NAA, Kreatin, Cholin, Laktat)

Contra: Datenaufnahme und -analyse schwer zu standardisieren; fehlende „Killer-Applikation“

Tip: bei Hypo- vs. Demyelinisierung, Mitochondriopathien und bei Kreatinmangel-Syndromen



Nicht-strukturelle MRT (IV) – MR-Angiographie (TOF)



- Technik:** Darstellung der großen Gefäße durch das Signal sich bewegender Wassermoleküle
- Pro:** Darstellung von großen Arterien bis in periphere Aufzweigungen
- Contra:** sehr bewegungsanfällig (Rohdaten!), Auflösung und Geschwindigkeits-Cutoff wichtig
- Tip:** Kalibersprünge bei V.a. Vaskulitis, aber cave Technik...



Zusammenfassung

- auch die MRT hat nicht nur **Vor-** sondern ggf. auch **Nachteile**
- die **Indikation** hängt vom individuellen Patienten und auch von lokalen Gegebenheiten ab
- teils ergibt auch erst die **Kombination** verschiedener Methoden alle nötigen Informationen
- der **Kinderarzt** muss sich (nach dem Formulieren einer sinnvollen Fragestellung ;) in das Abwägen von individuellen, technischen und logistischen Faktoren **einbringen!**

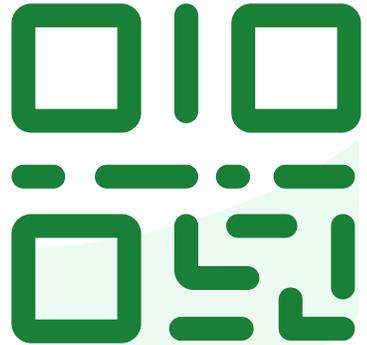


Start Quiz

Zum Aufrufen der ersten Frage klicken.
Ein weiterer Klick zeigt die Ergebnisse
Auch online Zuschauende nehmen teil.



slido



Join at slido.com
#gnpsaal1

 Start presenting to display the joining instructions on this slide.

Quizfrage 1

- **Q:** Sie haben bei einer 14-jährigen Patientin mit Kribbelparästhesien den V.a. eine entzündliche ZNS-Erkrankung, welche Sequenzen wollen Sie?



slido



Sie haben bei einer 14-jährigen Patientin mit Kribbelparästhesien den V.a. eine entzündliche ZNS-Erkrankung, welche Sequenzen wollen Sie?

i Start presenting to display the poll results on this slide.

Quizfrage 1

- **Q:** Sie haben bei einer 14-jährigen Patientin mit Kribbelparästhesien den V.a. eine entzündliche ZNS-Erkrankung, welche Sequenzen wollen Sie?
- **A:** FLAIR (für WM-Hyperintensitäten)
T1 nativ (für alte Läsionen)
T1 + KM (für neue Läsionen)
- **NB:** Zahnsperre?
Retentionsparameter?



Quizfrage 2

- **Q:** Sie haben bei einem 3-jährigen Jungen mit ALL in Aplasie eine akute und progrediente Eintrübung, welche Sequenzen wollen Sie?



slido



Sie haben bei einem 3-jährigen Jungen mit ALL in Aplasie eine akute und progrediente Eintrübung, welche Sequenzen wollen Sie?

i Start presenting to display the poll results on this slide.

Quizfrage 2

- **Q:** Sie haben bei einem 3-jährigen Jungen mit ALL in Aplasie eine akute und progrediente Eintrübung, welche Sequenzen wollen Sie?
- **A:** ein CT!
- **NB:** fast immer schneller verfügbar und viel schnellere Messung



Quizfrage 3

- **Q:** Sie haben bei einem 10-jährigen Patienten mit fokalen Anfällen den V.a. eine strukturelle Epilepsie, welche Sequenzen wollen Sie?



slido



Sie haben bei einem 10-jährigen Patienten mit fokalen Anfällen den V.a. eine strukturelle Epilepsie, welche Sequenzen wollen Sie?

i Start presenting to display the poll results on this slide.

Quizfrage 3

- **Q:** Sie haben bei einem 10-jährigen Patienten mit fokalen Anfällen den V.a. eine strukturelle Epilepsie, welche Sequenzen wollen Sie?
- **A:** T1 (für gute anatomische Auflösung)
IR (für beste GM/WM Differenzierung)
FLAIR (für evtl. unter FCD liegende WM-Hyperintensitäten)
- **NB:** an VBM denken?



Quizfrage 4

- **Q:** Sie haben bei einem 6 Monate alten Patienten mit unklaren Zuständen den V.a. ein West-Syndrom, welche Sequenzen wollen Sie?



slido



Sie haben bei einem 6 Monate alten Patienten mit unklaren Zuständen den V.a. ein West-Syndrom, welche Sequenzen wollen Sie?

i Start presenting to display the poll results on this slide.

Quizfrage 4

- **Q:** Sie haben bei einem 6 Monate alten Patienten mit unklaren Zuständen den V.a. ein West-Syndrom, welche Sequenzen wollen Sie?
- **A:** ein EEG!
- **NB:** first things first...



Quizfrage 5

- **Q:** Sie haben bei einem 5 Jahre alten Patienten mit Sichelzellanämie eine akute Parese des linken Arms, welche Sequenzen wollen Sie?



slido



Sie haben bei einem 5 Jahre alten Patienten mit Sichelzellanämie eine akute Parese des linken Arms, welche Sequenzen wollen Sie?

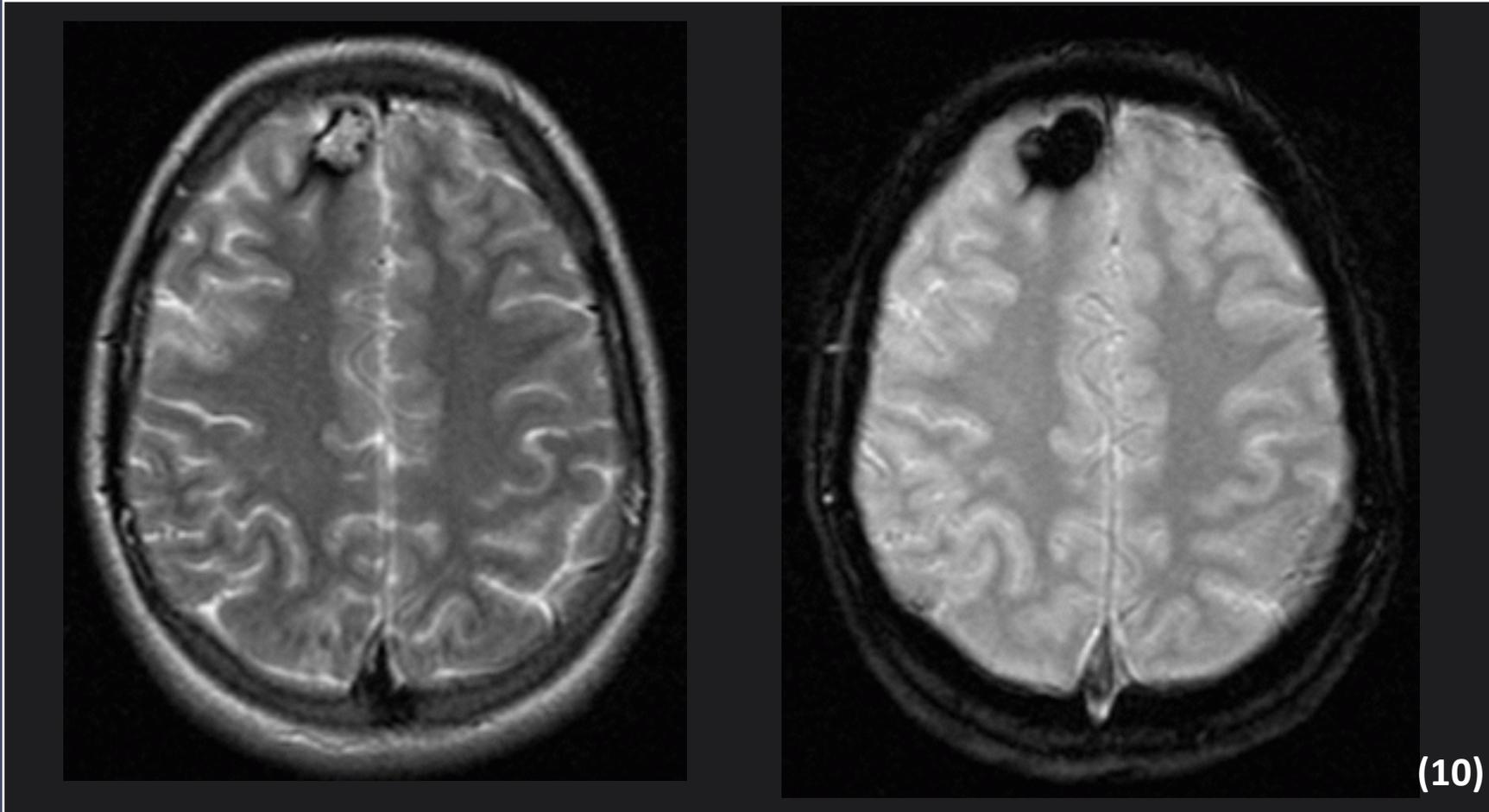
i Start presenting to display the poll results on this slide.

Quizfrage 5

- **Q:** Sie haben bei einem 5 Jahre alten Patienten mit Sichelzellanämie eine akute Parese des linken Arms, welche Sequenzen wollen Sie?
- **A:** Diffusionswichtung!
T2 (noch am frühesten auffällig)
MR-Angio (für die großen Arterien)
- **NB:** falls technisch und logistisch möglich: Lysefenster?



Quizfrage 6



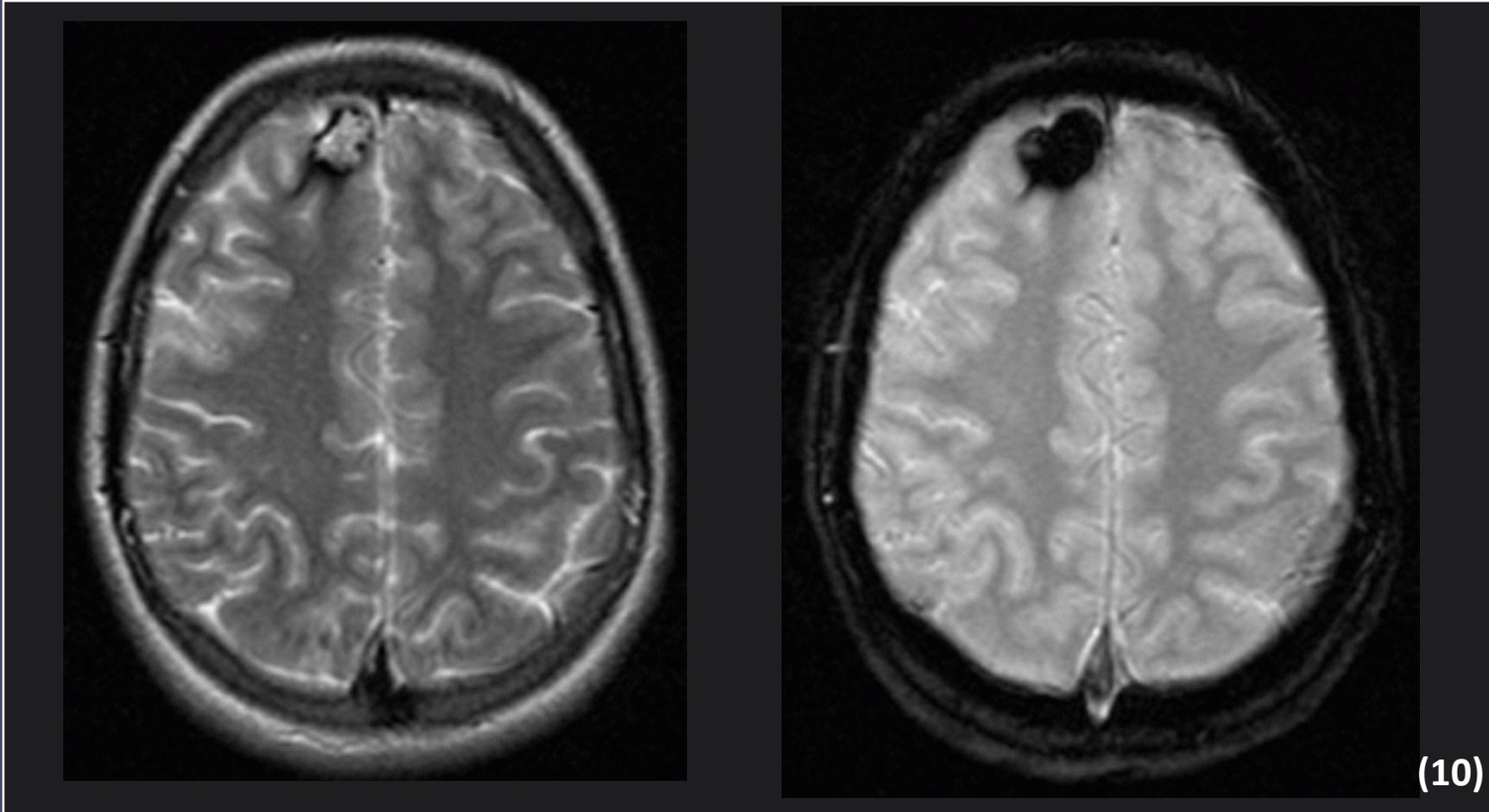
slido



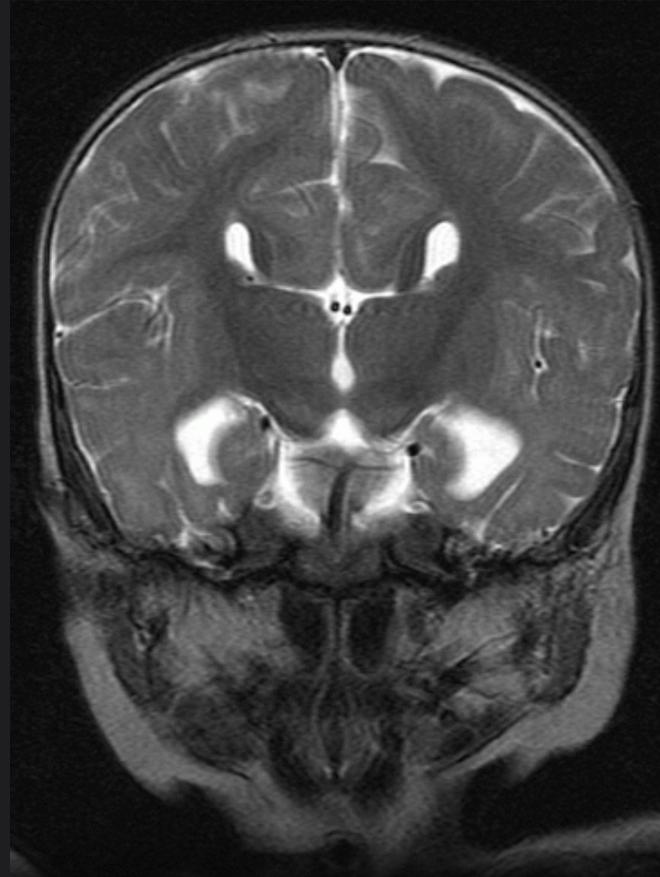
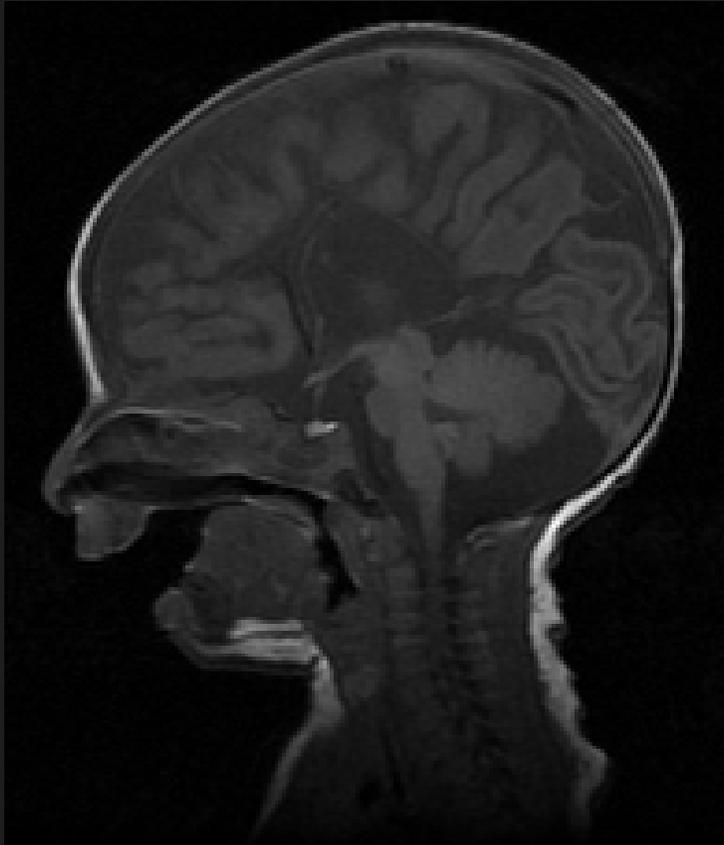
Was sehen Sie?

i Start presenting to display the poll results on this slide.

Quizfrage 6



Quizfrage 7



(10)



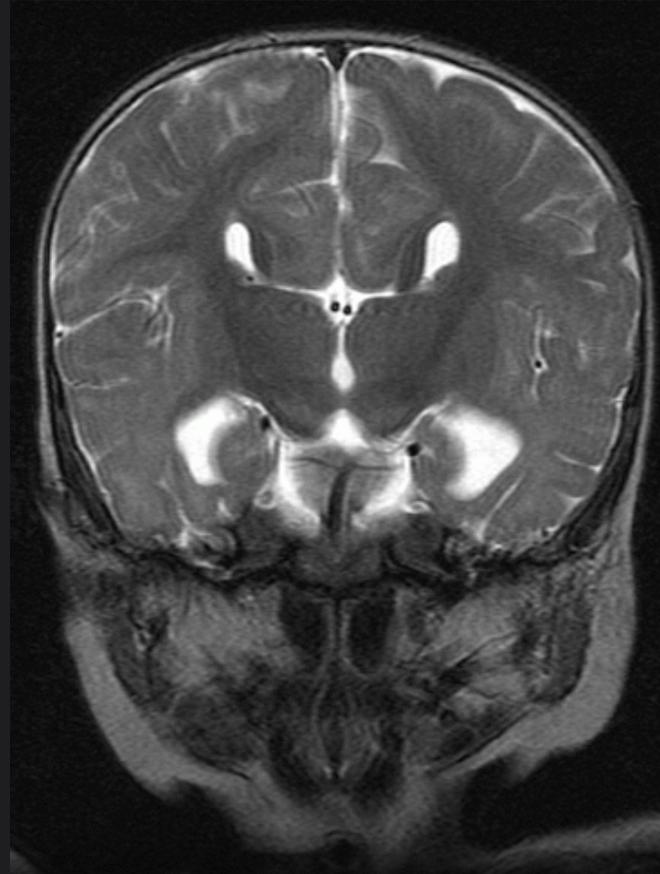
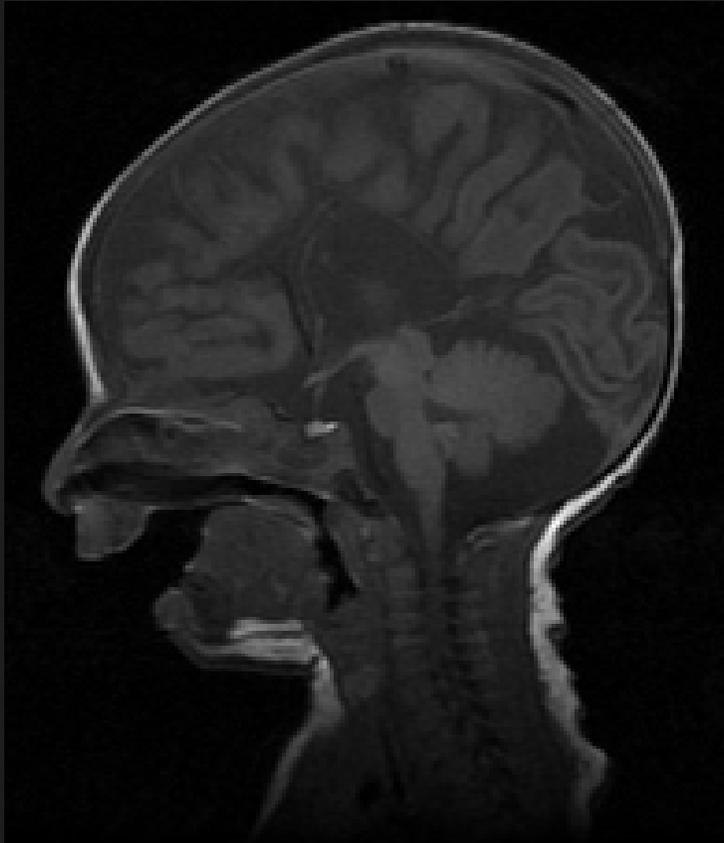
slido



Was sehen Sie?

ⓘ Start presenting to display the poll results on this slide.

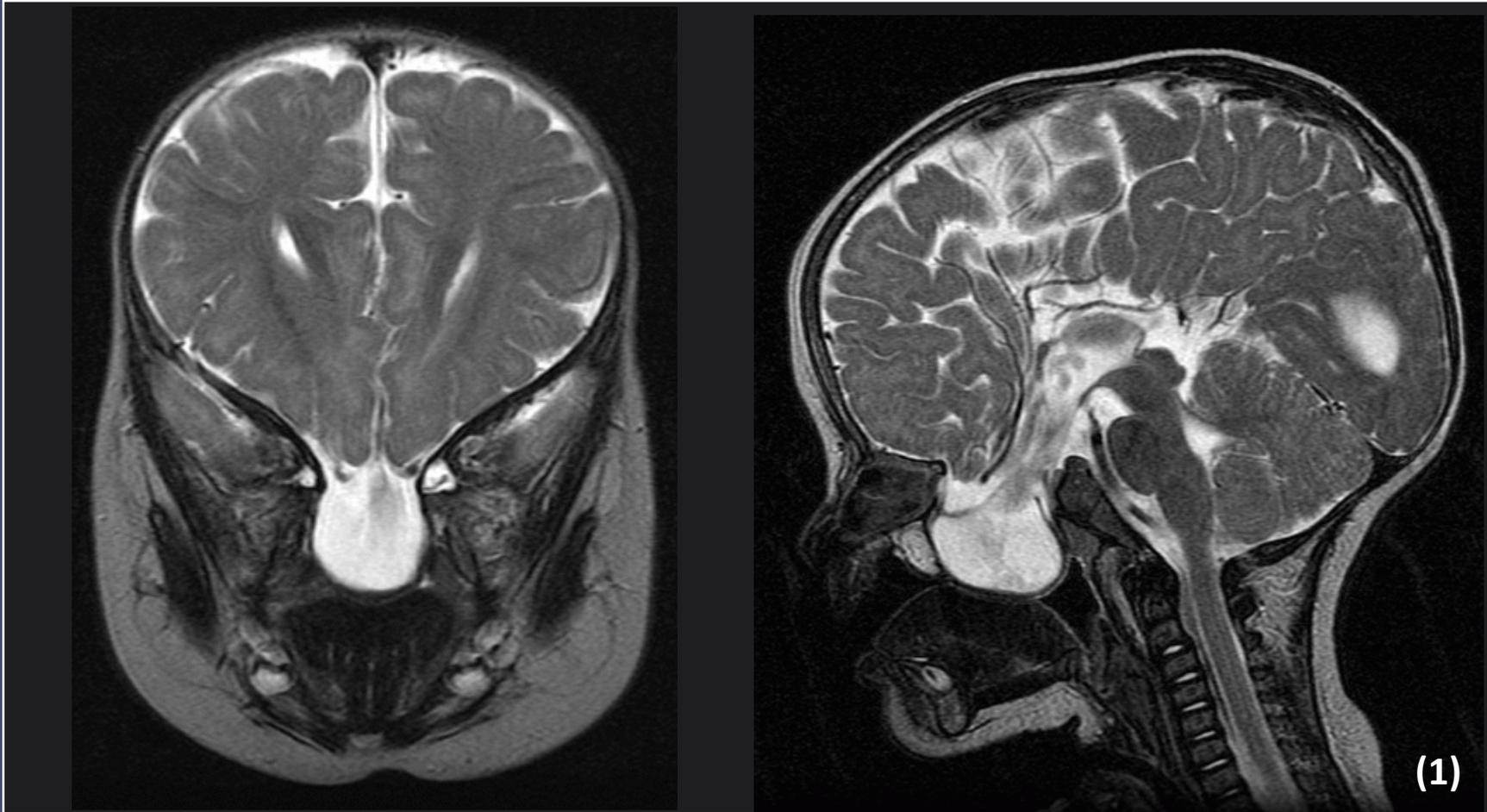
Quizfrage 7



(10)



Quizfrage 8



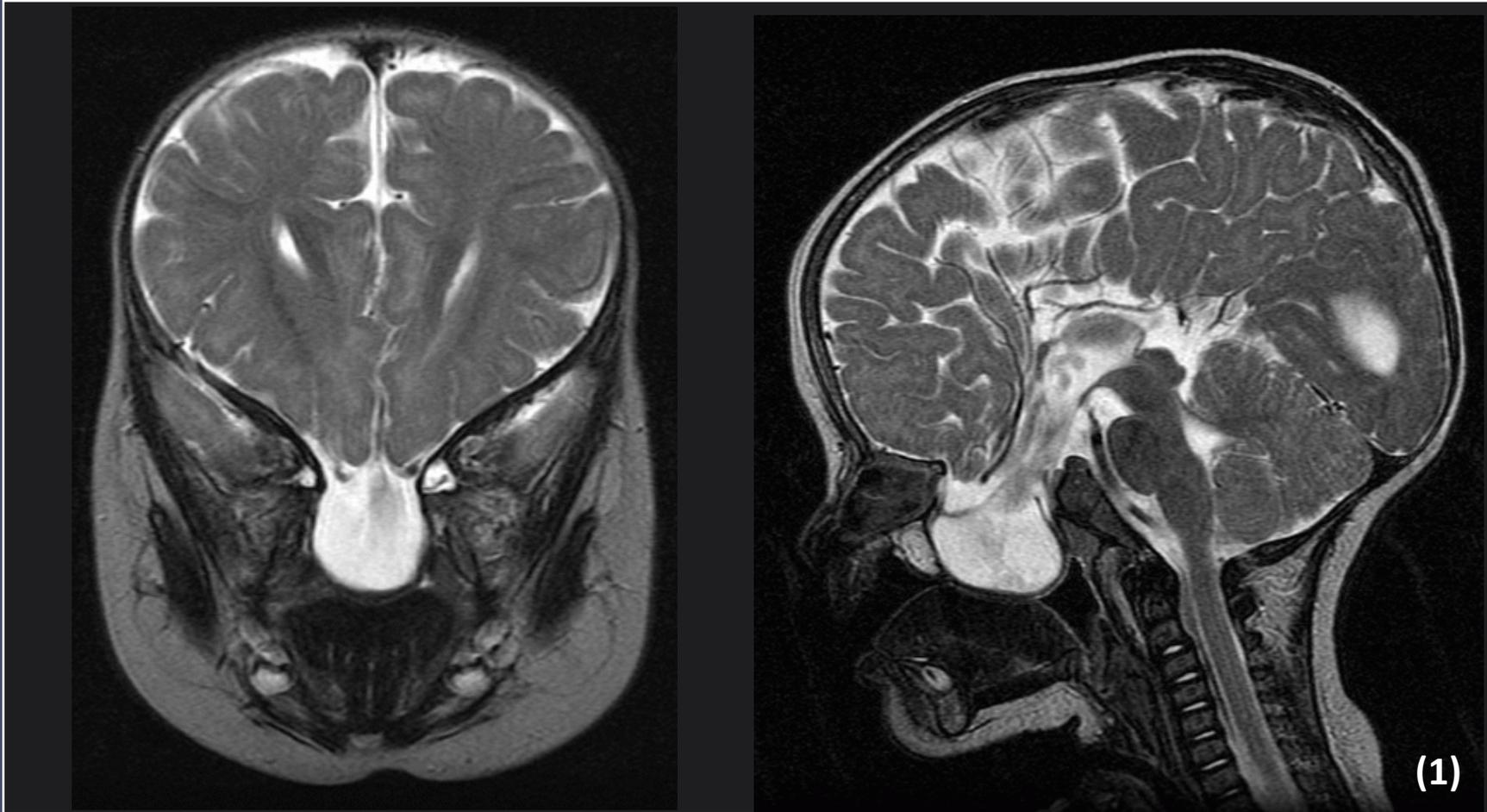
slido



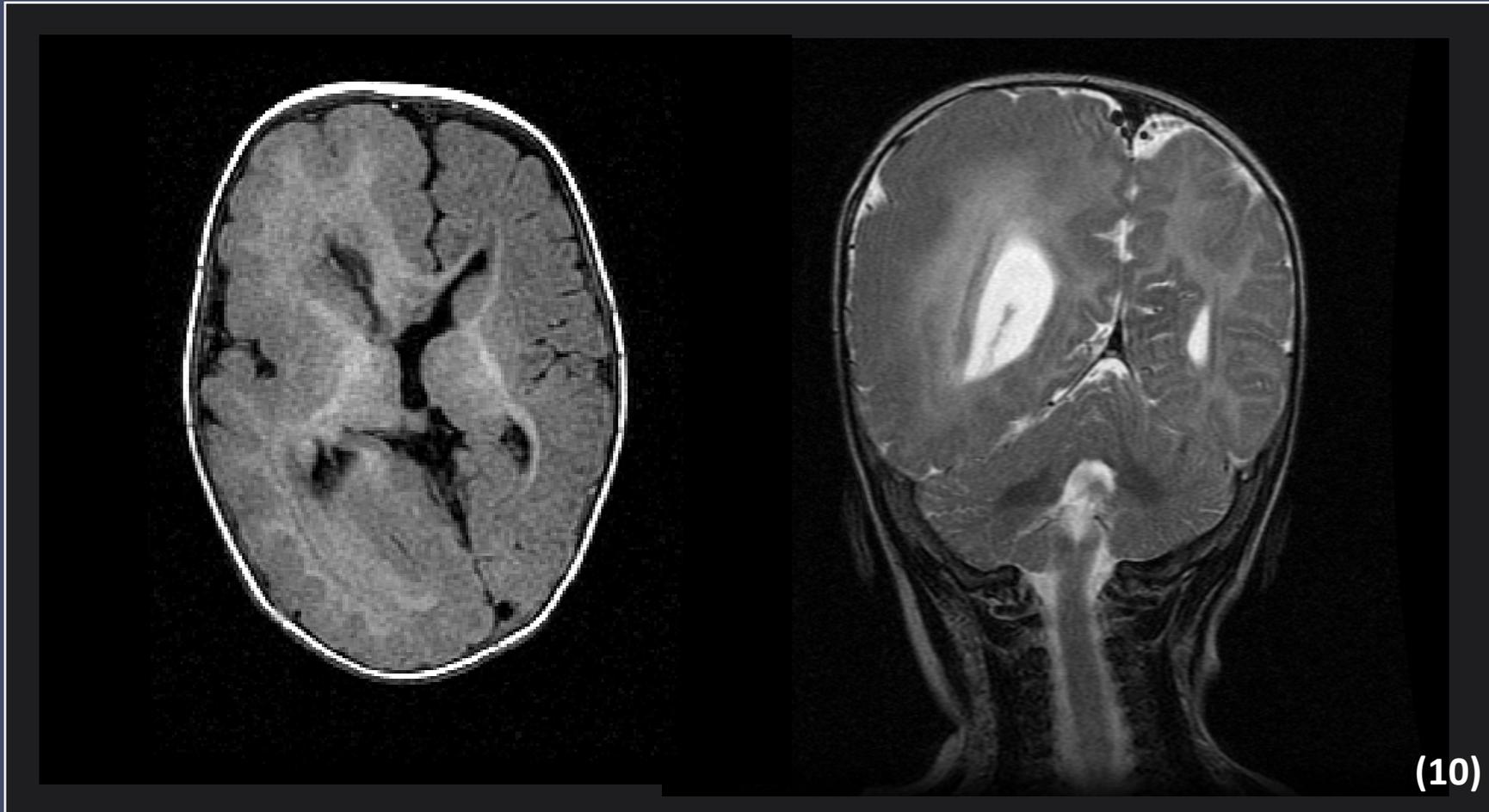
Was sehen Sie?

ⓘ Start presenting to display the poll results on this slide.

Quizfrage 8



Quizfrage 9



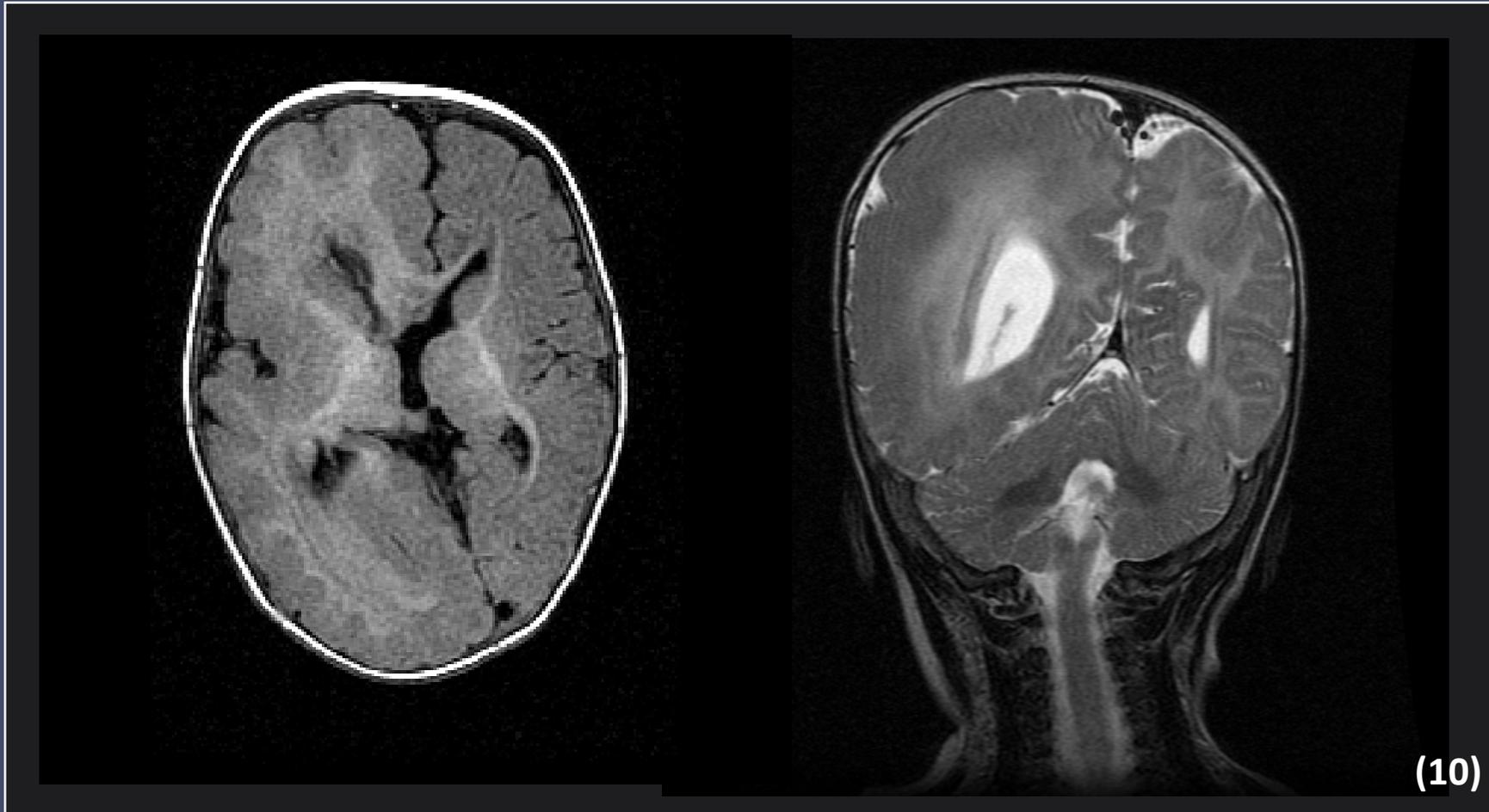
slido



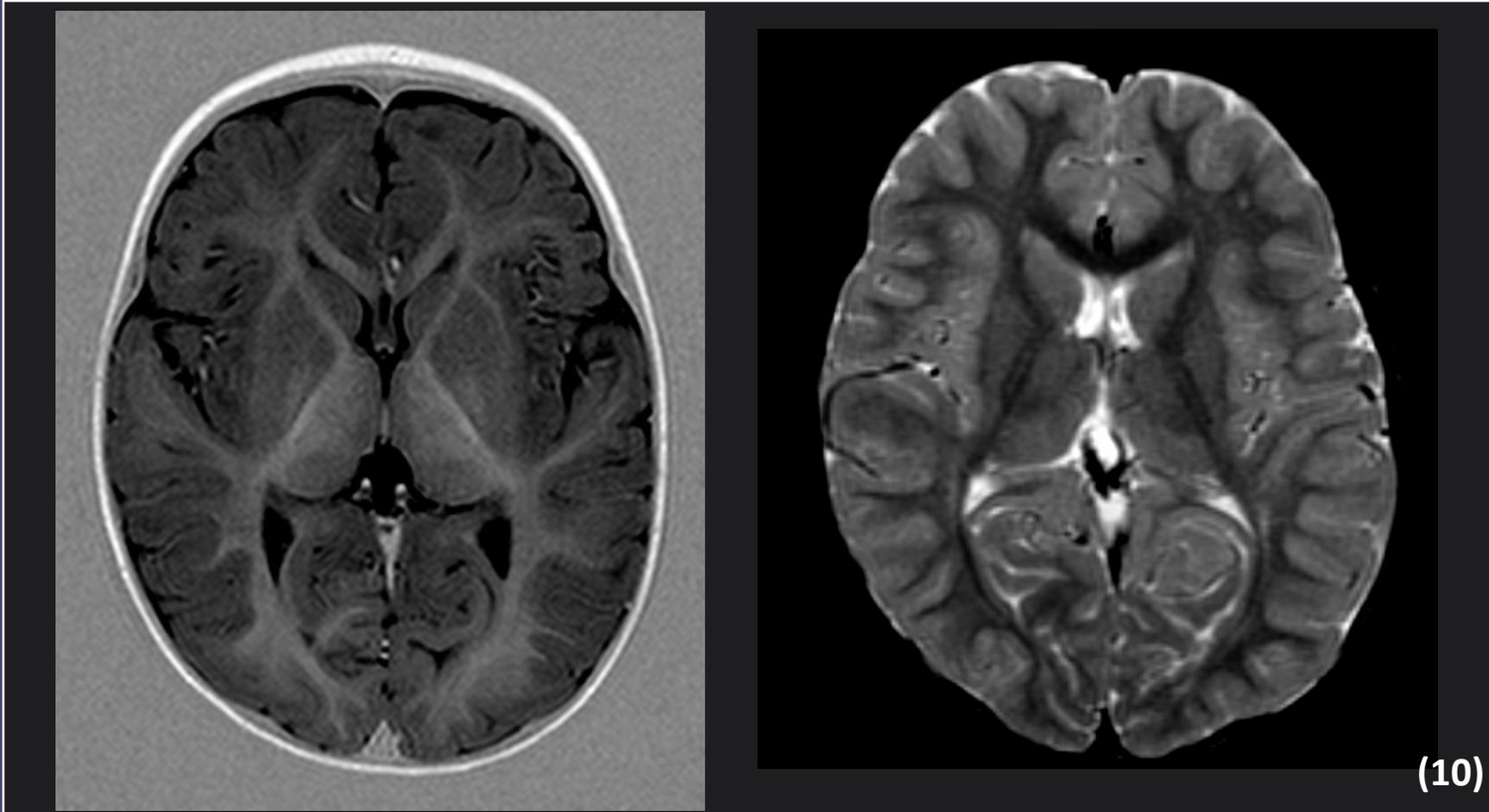
Was sehen Sie

 Start presenting to display the poll results on this slide.

Quizfrage 9



Quizfrage 10



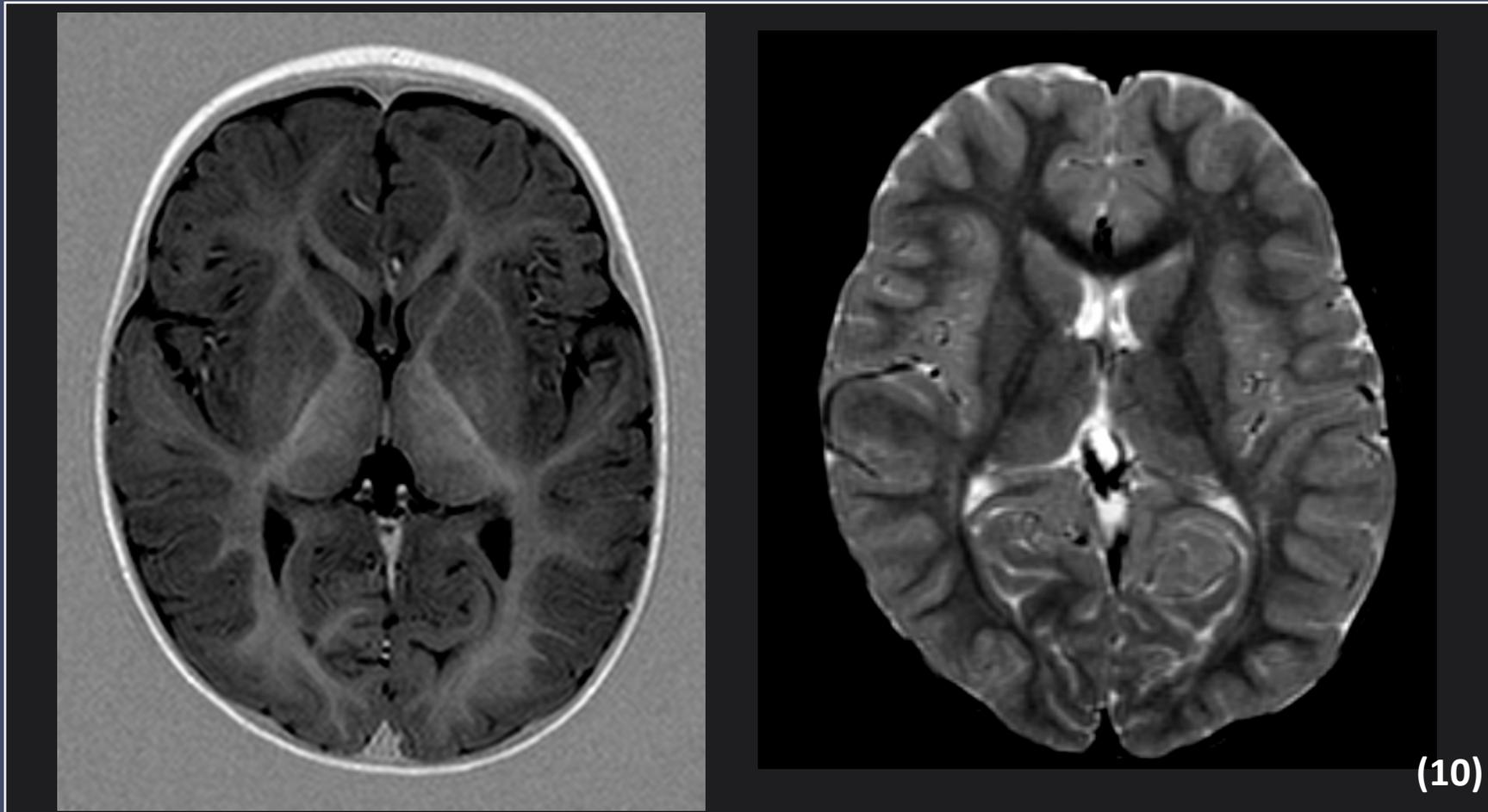
slido



Was sehen Sie

ⓘ Start presenting to display the poll results on this slide.

Quizfrage 10



Bildnachweise

1. Eigenes Bildmaterial, bereitgestellt von CCHMC Radiology
2. Jens Maus, eigenes Werk, gemeinfrei, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=404690>
3. Boss et al., JNM 2010, doi: 10.2967/jnumed.110.074773
4. Eigenes Bildmaterial, bereitgestellt von Sonographie Kinderklinik Tübingen
5. Kerscher et al., CNS 2019, doi: 10.1007/s00381-019-04266-1
6. India Today, <https://www.indiatoday.in/fyi/story/mri-scan-machine-lohiya-hospital-up-satyadev-pachauri-pistol-980762-2017-06-03>
7. Eigenes Bildmaterial , bereitgestellt von Dr. Erb
8. CBS News, <https://www.cbsnews.com/news/boy-killed-in-freak-mri-accident/>
9. Dr. Donald McRobiie, <https://drdonaldmcrobbie.com/2018/12/29/mr-signal-and-contrast-calculators/>
10. Eigenes Bildmaterial, bereitgestellt von der Neuroradiologie der Uniklinik Tübingen
11. Stöckler-Ipsiroglu & Salomons, 2006, Mol. Cell. Biochem, 244, 211-217



Universitätsklinik für Kinder- und Jugendmedizin

Abteilung für Neuropädiatrie

**Vielen Dank für
Ihre Aufmerksamkeit**



**Universitätsklinikum
Tübingen**