

Prof. Dr. Elmar Spüntrup

Institut für Radiologie
 Winterberg 1
 66119 Saarbrücken
 Telefon 0681/963-2351
 E-Mail: radiologie@klinikum-saarbruecken.de

Inhalt

1.	Allgemeine Informationen	1
2.	Neuroradiologische Diagnostik	2
3.	Spezielle Behandlungsmethoden im Kopf-/Halsbereich und an der Wirbelsäule (neuroradiologische Interventionen):.....	3
3.1.	Verschluss von Hirnarterienaneurysmen	4
3.2.	Verschlüsse von Gefäßmalformationen (Angiome und Fisteln):	6
3.3.	Embolisation von Tumoren:	7
3.4.	Wiedereröffnung von Hirnarterien und Erweiterung von extra- und auch intracraniellen Gefäßen:	8
3.5.	Thrombektomie bei großem Schlaganfall	9

1. Allgemeine Informationen

Die Neuroradiologie versteht sich als Spezialgebiet der allgemeinen Radiologie. Prinzipiell werden in der Neuroradiologie ähnliche Untersuchungsverfahren wie in der allgemeinen Radiologie angewendet. Insbesondere sind dies die Röntgendiagnostik mit Aufnahmen des Schädels und der Wirbelsäule, sowie Spezialuntersuchungen wie die Myelographie, bei der Kontrastmittel in die Liquorräume gegeben wird mit anschließenden Funktionsaufnahmen. Darüber hinaus kommen die beiden schnittbildgebenden Verfahren Computertomographie und Kernspintomographie zum Einsatz, um nichtinvasiv mit hoher Präzision das Hirngewebe und den Spinalkanal darzustellen. Sowohl mit der Computertomographie als auch der Kernspintomographie können dabei auch die größeren Gefäße von Kopf und Hals nichtinvasiv dargestellt werden (sog. CT-Angiographie und MR-Angiographie).

Reichen diese Verfahren jedoch nicht aus, so kommt die konventionelle Katheterangiographie zum Einsatz, bei der ein kunststoffhaltiger Katheter in die verschiedenen hirnersorgenden oder rückenmarkversorgenden Gefäße vorgebracht wird und dann Kontrastmittel gegeben wird. Wichtige Fragestellung für eine Katheterangiographie sind Verengungen der hirnersorgenden und auch der im Hirn gelegenen Arterien sowie die Darstellung von verschiedenen Gefäßmalformationen im Hirn- und Rückenmarksbereich, so z.B. die Darstellung von Gefäßaussackungen (Aneurysmen) oder von Kurzschlussverbindungen bzw. Malformationen zwischen Arterie und Vene (Fisteln und

Angiome). Auch entzündliche Veränderungen der kleinen Hirngefäße (Vaskulitis) oder funktionelle Engstellungen (Spasmen) sind oft nur mit der Katheterangiographie erkennbar.

Neben diesen diagnostischen Verfahren werden auch zunehmend verschiedene spezielle neuroradiologische Interventionen im Kopf-, Hals- und Wirbelsäulenbereich durchgeführt. So können zum einen schnittbildgebend gesteuerte Infiltrationen im Bereich der Wirbelsäule zur Schmerzbehandlung durchgeführt werden, ferner können Probeentnahmen (Biopsien) im Wirbelsäulenbereich unter CT-Kontrolle erfolgen. Ein wichtiger neuer Behandlungsschwerpunkt ist die angiographische Intervention mit Behandlung der verschiedenen Gefäßmalformationen im Hirnbereich (z.B. Coiling von Gehirnarterienaneurysmen oder Embolisation von Gefäßmalformationen). Hinzu kommen revaskularisierende Maßnahmen an den Halsschlagadern (Carotisstent) und den hirnersorgenden Gefäßen einschließlich der Akut-Schlaganfall-Behandlung mit kathetergesteuerter Extraktion des Gerinnsels aus den Hirngefäßen (Thrombektomie).

Die neuroradiologischen Interventionen erfolgen jeweils in enger Kooperation mit den Kollegen der Neurochirurgie, Gefäßchirurgie und Neurologie. Alle neuroradiologischen interventionellen Behandlungsmethoden werden interdisziplinär im Neurovaskulären Zentrum (NVZ) und im triplezertifizierten Gefäßzentrum des Klinikum Saarbrücken besprochen, um jedem Patienten das jeweils beste Verfahren anbieten zu können.

2. Neuroradiologische Diagnostik

Im Folgenden werden die einzelnen diagnostischen Untersuchungsverfahren vorgestellt. Für die neuroradiologische Diagnostik werden die Verfahren, wie sie aus der allgemeinen Radiologie bekannt sind, speziell im Kopf-, Hals- und Wirbelsäulenbereich eingesetzt. Für die konventionelle Diagnostik sowie die Spezialuntersuchung, wie Myelographie, stehen ein Durchleuchtungsgerät sowie zwei konventionelle Arbeitsplätze zur Verfügung. Alle Geräte sind mit digitalen Speichermedien ausgerüstet.

Im Bereich der neuroradiologischen Computertomographie werden zwei Mehrzeilen-Spiral-Computertomographen der modernsten Bauart eingesetzt, u.a. ein sogenanntes Dualsource FLASH mit 2 gleichzeitig rotierenden Röhren und ein 64-Zeilen-MDCT-Gerät. Hiermit sind neben der Gefäßdarstellung bis in die Peripherie des Gehirns auch Perfusionsmessungen zur Quantifizierung des Blutflusses möglich, aber auch spektrale Untersuchungen sowie Gewebecharakterisierung und zur Quantifizierung des Jodgehaltes. Die Lagerung und Durchführung entspricht weitgehend den Verfahren der allgemeinen Radiologie.



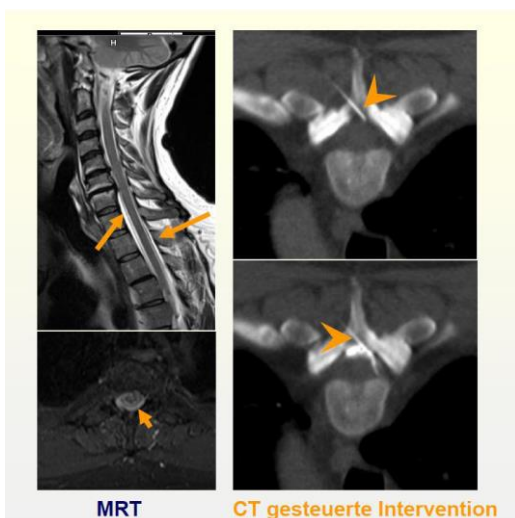
Hochmoderner 3.0 (links) und 1.5 Tesla Kernspintomograph

Für die Kernspintomographie kommen ein 1,5 Tesla-Ganzkörpermagnetograph (Espree der Firma Siemens) sowie ein 3.0Tesla-Ganzkörpermagnetograph (Ingenia Cx der Firma Philips) zum Einsatz. Für die Darstellungen des Kopf-/Halsbereiches wird der Patient in Rückenlage untersucht sowie eine spezielle Spule um den Kopf-/Halsbereich positioniert, damit aus naher Entfernung das Signal für hochaufgelöste Darstellungen aufgenommen werden kann. Die Darstellung von Rückenmark und Wirbelsäule erfolgt mit einem Spulensystem, welches in der Tischplatte für die Patientenlagerung integriert ist. Neben der strukturellen Bildgebung von Gehirn und Rückenmark sowie Wirbelsäule werden auch moderne Verfahren, wie Perfusions- und Diffusionsbildgebung routinemäßig angefertigt. Darüber hinaus werden mit der Kernspintomographie und der Computertomographie im Kopf-/Halsbereich und dem Wirbelsäulenbereich auch die Gefäße mit hoher Präzision nichtinvasiv dargestellt. Spezialuntersuchungen erlauben heute z.B. die Faserbahndarstellung (DTI) aber auch die metabolische MR Bildgebung (MR-Spektroskopie).

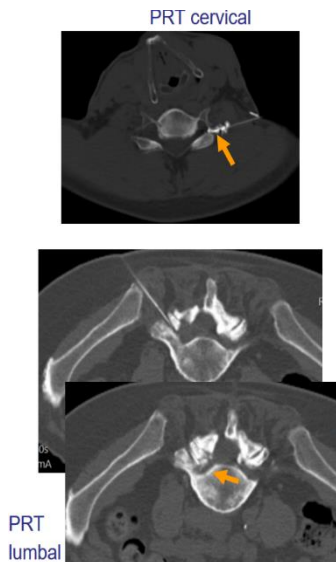
Für die diagnostische Katheterangiographie, welche nach der CTA oder MRA zum Einsatz kommt, also wenn die nichtinvasive Diagnostik mit Ultraschall, CT und MRT eine nicht ausreichende Aussage bietet, kommen zwei 2-Ebenen-Angiographieanlagen mit Flachdetektortechnologie zum Einsatz (Artis, Firma Siemens). Mit diesen Anlagen lassen sich mit hoher Präzision auch die kleinsten Gefäße darstellen. Darüber hinaus wird mit dem modernen Flachdetektorsystem die Strahlenexposition sowohl vom Patienten als auch vom Untersucher limitiert.

3. Spezielle Behandlungsmethoden im Kopf-/Halsbereich und an der Wirbelsäule (neuroradiologische Interventionen):

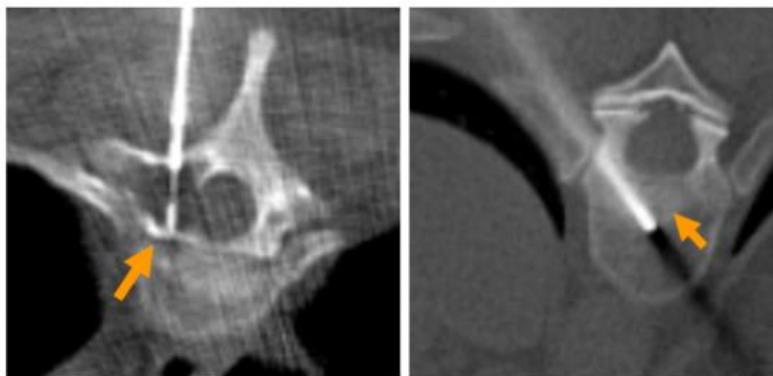
Am Klinikum Saarbrücken werden im Institut für Radiologie verschiedenste moderne spezielle neuroradiologische Behandlungsmethoden im Kopf-/Halsbereich und der Wirbelsäule, sog. neuroradiologische Interventionen, durchgeführt. Bei der Schmerztherapie erfolgt unter computertomographischer Kontrolle die gezielte Infiltration im Wirbelsäulenbereich (z.B. periradikuläre Therapie, PRT). Darüber hinaus können computertomographisch auch gezielt Proben aus dem Wirbelsäulenbereich entnommen werden oder z.B. Eigenblut zum Verschluss eines Liquorlecks appliziert werden (siehe Abbildung).



CT-gesteuerte epidurale Eigenblutpatch-Applikation bei Liquorverlustsyndrom



CT-gesteuerte periradikuläre Therapie/ Infiltration im Halsbereich und im Lendenwirbelsäulenbereich



CT-gesteuerte Probenentnahme aus dem Wirbelsäulenbereich (Wirbelbogen links und Wirbelkörper rechts)

Zu den wichtigen vaskulären neuroradiologischen Therapien zählen der Verschluss von Hirnarterienaneurysmen mittels Spiralen oder kleine Körbchen (WEB), der Verschluss von Gefäßmalformationen, wie sog. Angiome und Fisteln mit verschiedenen Embolisaten sowie die Embolisierungen von Tumoren im Kopf-, Hals- und Wirbelsäulenbereich. Weitere wichtige Einsatzgebiete sind die Öffnung von Hirngefäßen und Halsschlagadern bei Einengungen sowie auch im Rahmen der Akuttherapie bei Schlaganfall (lokale Lyse, Thrombusaspiration/Thrombusextraktion, Thrombektomie, Rekanalisation und Stent etc.).

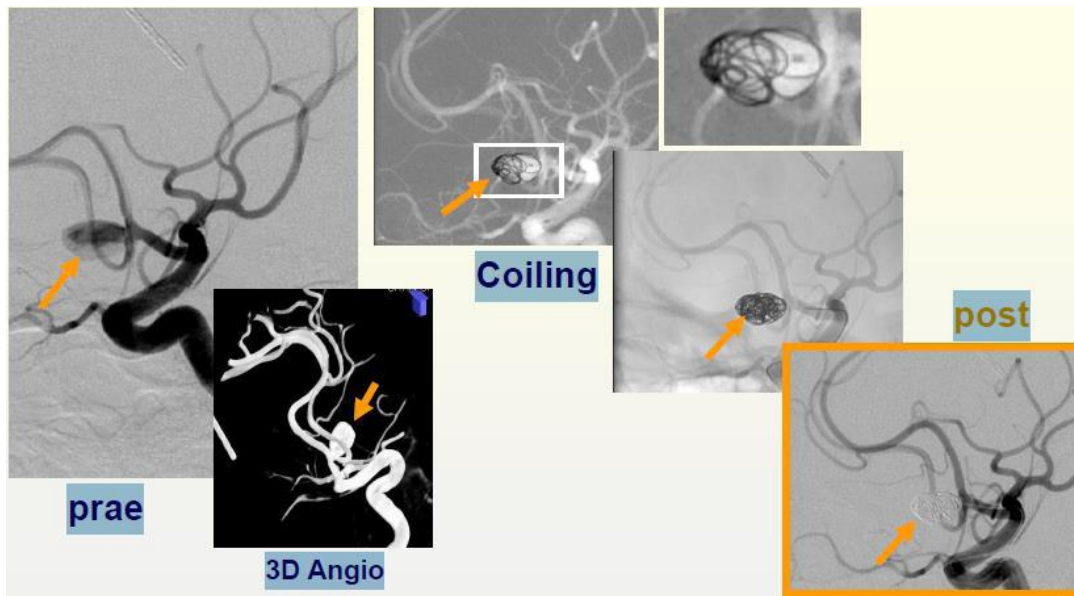
3.1. Verschluss von Hirnarterienaneurysmen

Aussackungen (sog. Aneurysmen) der Gehirngefäße werden meistens dadurch auffällig, dass diese Aneurysmen platzen und somit eine schwere - und dann zumeist lebensbedrohliche - Blutung im Kopfbereich auslösen. Sichert aber eine solche Blutung, so ist es wichtig, dieses Aneurysma zügig zu behandeln, um eine erneute Blutung zu vermeiden.

Prinzipiell sind Aneurysmen im Bereich der Hirnarterien entweder neurochirurgisch, d.h. von außen über einen operativen Zugang oder aber von innen mittels Kathertekniken behandelbar. Bei der Operation mit Öffnung der Schädeldecke wird die Gefäßaussackung

mittels eines metallischen Clips ausgeschaltet. Diese Operation erfolgt durch die Kollegen der Neurochirurgie des Klinikums Saarbrücken.

Bei der neuroradiologischen Intervention, dem sog. Aneurysmacoiling, wird von innen her die Aussackung mittels kleiner Metallspiralen ausgefüllt und somit ausgeschaltet. Dazu wird ein sehr dünner sog. Mikrokatheter bis in das Aneurysma vorgebracht. Über diesen Mikrokatheter werden dann nacheinander die kleinen weichen Coils aufgefüllt, bis das Aneurysma vollständig ausgeschaltet ist (siehe Abbildung).



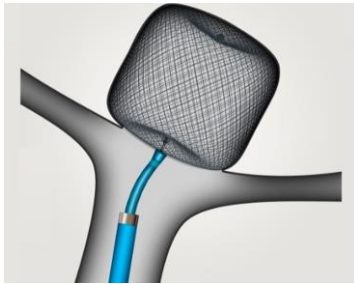
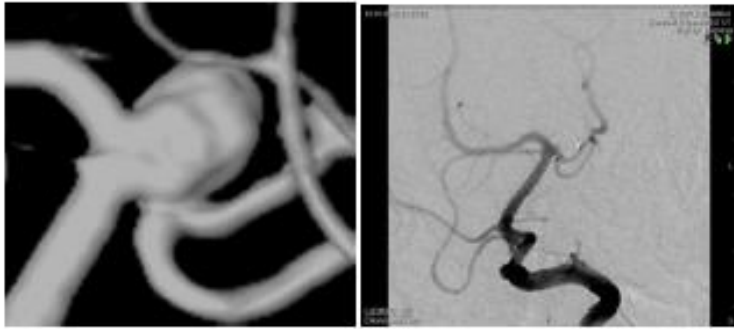
Interventionelle Behandlung eines Hirnarterienaneurysma der Arteria communicans anterior mittels Coiling

Welches der beiden Verfahren (neurochirurgisch oder neuroradiologisch) zu bevorzugen ist, hängt sowohl von der Lage als auch von Form und Größe des Aneurysmas ab. Hier erfolgt in jedem Fall eine individuelle Beratung oder eine interdisziplinäre enge Abstimmung zwischen Neurochirurgie und Neuroradiologie. Für beide Verfahren besteht am Klinikum Saarbrücken eine hohe Expertise, so dass beide Verfahren angeboten werden können.

Neue Verfahren erlauben auch die endovaskuläre Behandlung von Patienten, die bisher operativ versorgt werden mussten (z.B. Aneurysmen mit sogenannter breiter Basis zum Trägergefäß). Hierunter fallen das Ballonremodeling, d.h. zur verbesserten Kompaktierung der Coils im Aneurysma wird passager ein Ballon im Trägergefäß entfaltet, oder auch spezielle intrakranielle Stents, die die Aneurysmabasis stützen. Dabei werden eine Vielzahl an verschiedenen speziellen Stents eingesetzt, um eine optimale Versorgung zu ermöglichen (Bifurkationsstent, Mikrostenstents, Flowdiverter etc). Weitere neue Materialien sind z.B. Körbchen, die im Aneurysma entfaltet werden können (sog. WEBS, Woven EndoBridge device).

Eine ausführliche Beschreibung über die interventionelle Versorgung von Hirnarterien-Aneurysmen gibt es unter folgendem Link:

<https://www.aerzteblatt-saar.de/suche01.php?jahr=21&heft=8&text=Aneurysmen&rubrik=&autor=&Heft=Suchen>

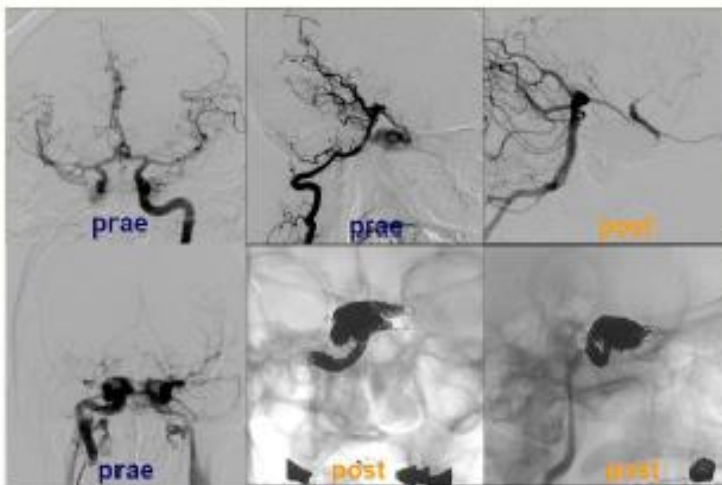


Schema WEB-System

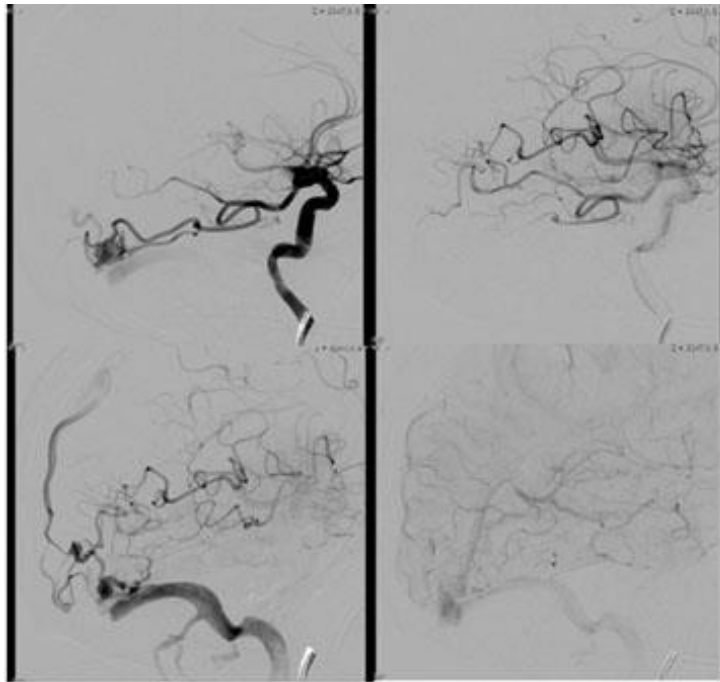
3.2. Verschlüsse von Gefäßmalformationen (Angiome und Fisteln):

Eine weitere Ursache von Blutungen im Kopfbereich (die auch Ursache von Krampfanfällen sein können) sind sog. Gefäßmalformationen, wie AV-Angiome oder Fistelbildungen zwischen Hirnarterie und Venen. Solche Gefäßmalformationen können entweder operativ oder auch neurointerventionell versorgt werden.

Bei der neuroradiologischen Intervention wird ein sehr dünner Mikrokatheter bis zu der Gefäßmalformation vorgebracht. Es kann dann dort ein sog. Embolisat (z.B. Kleber, Coils etc.), das die veränderten Gefäße von innen her ausfüllt, appliziert werden. Mit diesem Verfahren kann eine AV-Malformation ausgeschaltet werden; das Blutungsrisiko besteht dann nicht mehr (siehe Abbildung unten). Ob eine vollständige bzw. zunächst nur teilweise interventionelle oder aber eine primär chirurgische Behandlung empfohlen wird, wird in enger Absprache und in Kooperation mit den Kollegen der Neurochirurgie entschieden.



Interventionelle Behandlung einer traumatischen Kurzschlussverbindung zwischen Hirnarterie und Hirnvenensystem (Arteria carotis -Sinus cavernosus -Fistel) mittels Coiling



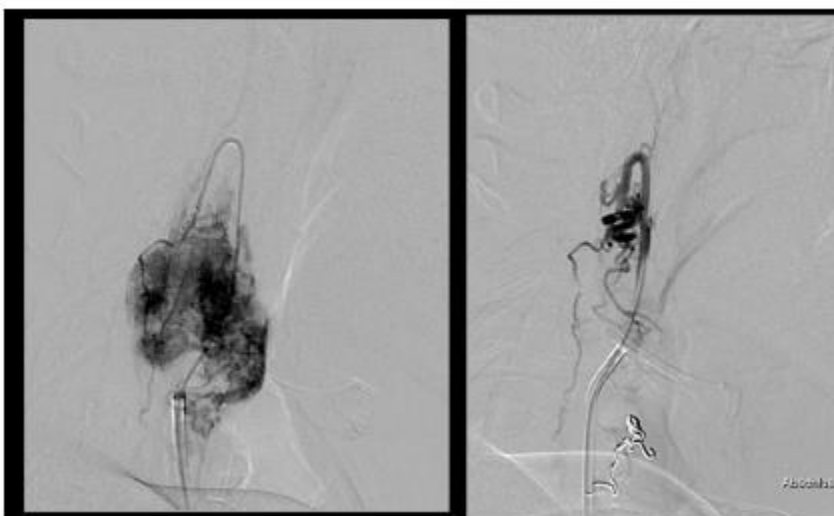
DSA vor
Embolisation

post Embolisation

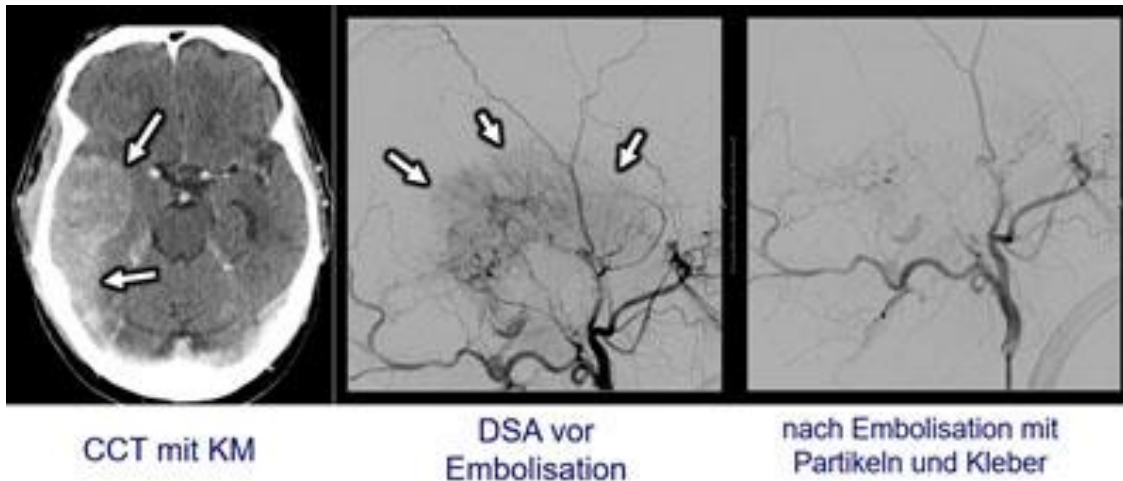
Atypische Hirnblutung bei AV-Malformation (Angiom). Ursächlich für die Blutung waren die Veränderungen der drainierenden Brückenvene. Embolisation mit Flüssigembolisat und Gewebekleber. Danach ist das Angiom ausgeschaltet, die Venen füllen sich zeitgerecht.

3.3. Embolisation von Tumoren:

Gefäßreiche Tumoren im Kopf-/Halsbereich oder an der Wirbelsäule können ein hohes Blutungsrisiko bei der Operation haben, so dass hier vor der Operation ggf. eine kathetergesteuerte Embolisation (Gefäßverschluss) vorgenommen werden kann. Hierzu wird typischerweise ein sehr dünner sog. Mikrokatheter bis kurz vor dem Tumor eingeführt und dann das Tumorbett mittels kleiner Partikel aufgefüllt, so dass die kleinsten Gefäße im Bereich des Tumors hierdurch verschlossen werden. Anschließend erfolgt dann die Operation mit deutlich reduziertem Blutungsrisiko. Bei diesen Tumoren handelt es sich entweder um Tumore der Hirnhäute (Meningeome), des vegetativen Nervensystems (sog. Glomustumore) oder aber auch um stark durchblutete Metastasen im Wirbelsäulenbereich.



Praoperative Embolisation eines Glomustumor an der Carotidgabel. Vor der Embolisation (links) ist ein kräftiger Tumorblush erkennbar, passend zu der starken Blutversorgung dieses Tumors. Nach der Partikelembolisation (rechts) ist der Tumor 'devaskularisiert'. Das Tumorbett ist verschlossen. Am Folgetag wurde der Tumor ohne Blutung entfernt.

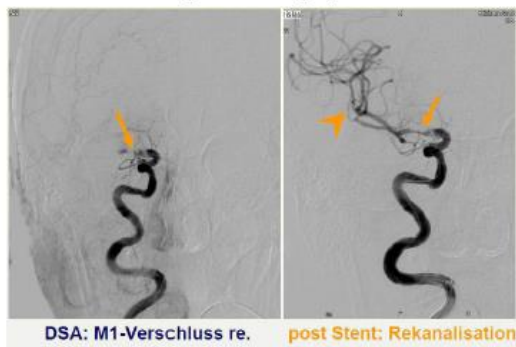


Prä-operative Embolisation eines großen Meningeoms mit Einbruch in den venösen Sinus. Nach der Partikel- und Kleber-Embolisation ist der Tumorblush (Pfeile) nahezu vollständig ausgeschaltet. Die anschließende neurochirurgische Operation mit vollständiger Tumorentfernung war problemlos und ohne wesentlichen Blutverlust möglich.

3.4. Wiedereröffnung von Hirnarterien und Erweiterung von extra- und auch intracraniellen Gefäßen:



Interventionelle Behandlung einer Carotisabgangsstenose.



DSA: M1-Verschluss re.

post Stent: Rekanalisation

Bei einem Schlaganfall kommt es in der Regel zu dem Verschluss einer Hirnarterie durch ein Blutgerinnsel. In einer Akutsituation kann in bestimmten Fällen die neuroradiologische Intervention eingesetzt werden. Hierzu wird ein Medikament, welches ein solches Blutgerinnsel auflöst, lokal vor dem Thrombus über einen Mikrokatheter appliziert. Darüber hinaus können auch direkt revaskularisierende (die Durchblutung wiederherstellende) Maßnahmen, z.B. eine Thrombusaspiration oder eine direkte Implantation einer Gefäßstütze (Stent) eine schnelle Wiedereröffnung eines hirnersorgenden Gefäßes erlauben (siehe Abbildung unten). Die direkte Stentimplantation erfolgt z.B. bei einer vorbestehenden Stenose des Hirngefäßes. Eine Einengung einer vorgeschalteten Hirnarterie, die eine vorübergehende Durchblutungsstörung ausgelöst hat, kann ebenfalls mittels Kathetertechnik behandelt werden (Karotisstent).

Die Behandlung im Rahmen eines Akutschlaganfalls oder aber auch zur Prophylaxe einer erneuten Durchblutungsstörung des Gehirns erfolgt in enger Absprache mit den Kollegen der Neurologischen Klinik und der Gefäßchirurgie, um das jeweils beste Behandlungskonzept für den einzelnen Patienten anbieten zu können. Bei der häufigen Karotisabgangstenose am Hals kommt zumeist die operative Versorgung in Betracht. Bei Einengungen in der Schädelbasis, im Gehirn selber oder wenn gleichzeitig ein Gerinnsel aus dem Hirn entfernt werden muss, erfolgt die Stentimplantation. Darüber hinaus wird bei Voroperationen im Halsgebiet i.d.R. die Stentimplantation bevorzugt.

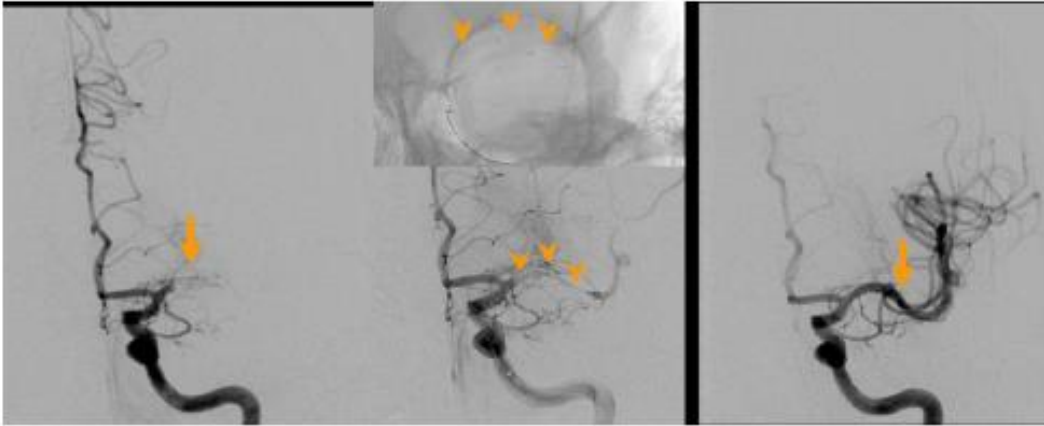
3.5. Thrombektomie bei großem Schlaganfall

Bei einem großen Schlaganfall kommt es in der Regel zu einem Verschluss einer der großen Hirnarterien durch ein Blutgerinnsel, das sich zumeist aus dem Herzen oder den vorgeschalteten Gefäßen abgelöst hat, mit dem Blutstrom in das Gehirn gelangt und dort dann die Hirnarterie verstopft.

Neue Kathetertechniken erlauben nun nicht nur das medikamentöse Auflösen des Gerinnsels (lokale Lyse), sondern direkt die vollständige Extraktion, also die Bergung des Thrombusmaterials aus dem Hirngefäß. Das nennt sich Thrombektomie. Dieses Verfahren wird seit 2010 im Klinikum Saarbrücken rund um die Uhr und 365 Tage im Jahr sehr erfolgreich eingesetzt, zuletzt bei etwa 180 Patienten im Jahr. Neben der Uni Homburg sind wir das einzige Zentrum im Saarland, welches dieses Verfahren anbieten kann. Prinzipiell wird dabei ein sogenannter Stentretreiver, eine Art Reuse, durch einen sehr dünnen Mikrokatheter in das Hirngefäß vorgebracht und im Thrombus freigesetzt. Durch Rückzug in die Schleuse im Bereich der Halsarterie und gleichzeitigem Absaugen von Blut kann das Gerinnsel entfernt werden. Um ein erneutes Abschwemmen zu verhindern, wird während des Rückzuges für wenige Sekunden die Halsschlagader von innen mit einem weichen Ballon an der Spitze der Schleuse okkludiert.

Großer Vorteil des Verfahrens ist, dass (anders als bei einer lokalen Lyse etc.) sehr schnell und vollständig das gesamte Thrombusmaterial geborgen werden kann; in weniger als 90 Prozent der Fälle gelingt dieses vollständig. Oft ist in weniger als einer Stunde nach Eintreffen des Patienten im Klinikum bereits die gesamte Diagnostik (CCT und CTA), Transport in die Angio, Narkoseeinleitung und Kathetereingriff abgeschlossen und das Gefäß wiedereröffnet. Hier helfen die sehr kurzen Wege zwischen Notaufnahme, CT und Angioeinheit im Klinikum Saarbrücken und die ausgezeichnete unverzügliche interdisziplinäre Versorgung der Patienten.

In etwa zehn Prozent der Fälle kommt es neben einer Verstopfung der mittleren Hirnarterie gleichzeitig zu einem Verschluss der gesamten Halsarterie. Als großes neuroradiologisches Zentrum sind wir in der Lage, auch solche Befunde zu rekanalisieren und zu versorgen, was die hohe Zahl an erfolgreichen Behandlungen erlaubt. Im Hybridsaal unseres Neurovaskulären Zentrums ist es möglich, Interventionen auch mit Akutoperationen an den Halsgefäßen zu kombinieren.



Thrombektomie bei Verschluss der linken mittleren Hirnarterie (Arteria cerebri media, sog. M1 Verschluss) durch einen Thrombus. Der Patient hatte ein vollständige Lähmung der rechten Seite und eine komplette Sprachstörung.

Links: DSA-Angiographie vor Behandlung mit Gefäßabbruch (Pfeil). Mitte: Nach Platzierung des Stentretreivers (Pfeilspitzen) ist ein erster Fluss ersichtlich. Rechts: nach einmaliger Thrombektomie (mit gleichzeitig Aspiration am Ballonokklusionskatheter) ist das Gefäß vollständig wiedereröffnet. Der Patient hat sich vollständig von seiner Symptomatik erholt.

Weitere Infos und Downloads finden Sie unter folgendem [Link](#).