



ESETISMERTETÉS CASE REPORT

Az arteria meningeae media embolisatio szerepe a krónikus subduralis haematoma kezelési algoritmusában, legújabb evidenciák és saját tapasztalataink

OLÁH Csaba Zsolt^{1,2,3} , PAPP János Gyula¹ , SAS Attila⁴ ,
OLÁH Benedek⁵ , CZABAJSZKI Máté² , Demeter Béla²

¹B.-A.-Z. Vármegyei Központi Kórház és Egyetemi Oktató Kórház, Intervenció Radiológia Osztály, Miskolc

²B.-A.-Z. Vármegyei Központi Kórház és Egyetemi Oktató Kórház, Idegsebészeti Osztály, Miskolc

³Tokaj-Hegyalja Egyetem, Sárospatak

⁴B.-A.-Z. Vármegyei Központi Kórház és Egyetemi Oktató Kórház, Neurológia Osztály, Miskolc

⁵Semmelweis Orvostudományi Egyetem, Általános Orvosi Kar, Budapest

| Hungarian | <https://doi.org/10.18071/isz.77.0201> | www.elitmed.hu

The role of meningeal medial artery embolization in the treatment algorithm for chronic subdural hematoma, latest evidence and our own experience

Oláh CsZs, PhD; Papp JGy, MD; Sas A, MD;
Oláh B, MD; Czabajski M, MD; Demeter B, MD

Levelező szerző

(correspondent):
OLÁH Csaba Zsolt PhD,
B.-A.-Z. Vármegyei Központi
Kórház és Egyetemi Oktató
Kórház, Idegsebészeti Osztály;
3526 Miskolc, Szentpéteri
kapu 72–76.
Telefon: +36303706023,
e-mail: olahcs@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-9598-9322>

Érkezett:

2023. szeptember 3.

Elfogadva:

2023. november 5.

A krónikus subduralis haematoma az egyik leggyakoribb idegsebészeti-műtéti megoldást igénylő kórkép, ami a legtöbb esetben legyengült idősek betegsége. A standard idegsebészeti nyílt műtétek (trepanáció és craniotomia) mellett alternatív megoldásként az arteria meningeae media embolisatiója is szóba jön. Számos összefoglaló tanulmány igazolta az endovascularis kezelés nagyon magas arányú sikerességét és veszélytelenségét. Tíz egymást követő, reziduális krónikus subduralis haematoma miatt végzett arteria meningeae media szelektív embolisációs beavatkozásunk technikai részleteit és eredményeit mutatjuk be. Minden beavatkozás szövődésmenymentes zajlott, és teljes gyógyulást eredményezett.

Keywords: krónikus subduralis haematoma, arteria meningeae media, embolisatio, reziduális subduralis haematoma, craniotomia

Chronic subdural hematoma is one of the most common diseases requiring a neurosurgical operation that affect elderly and fragile patients. In addition to standard neurosurgical operations (trepanation and craniotomy), embolization of the meningeal artery media is an alternative solution. Several review articles have confirmed the very high rate of success and safety of the endovascular treatment. We present the technical details and results of our 10 consecutive selective media meningeal artery embolization procedures for residual chronic subdural hematomas. Our interventions were performed without complications and all resulted in complete recovery.

Kulcsszavak: chronic subdural hematoma, middle meningeal artery, embolisation, refractory subdural hematoma, craniotomy

A krónikus subduralis haematoma az egyik leggyakoribb idegsebészeti-műtéti megoldást igénylő kórkép, ami a legtöbb esetben legyengült, idős személyek betegsége. Incidenciája 100 000 lakosra vetítve 1,8–20^{1,2}. A legtöbbször minor koponyasérülés igazolható az anamnézisben, de nem minden esetben. A standard idegseb-

észeti nyílt műtét (trepanáció és craniotomia) mellett alternatív megoldásként az arteria meningeae media (AMM) embolisatiója is szóba jön. Ezen endovascularis beavatkozás evidenciája egyre erősebb, számos összefoglaló tanulmány igazolta a kezelés nagyon magas arányú sikerességét és veszélytelenségét²⁻⁷.

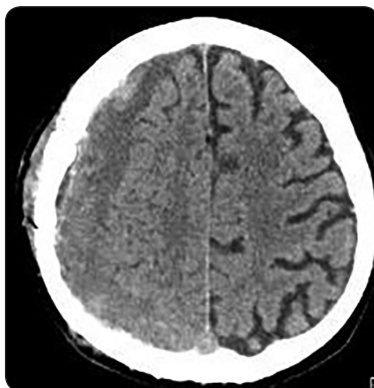
Módszerek

2019 novemberében végeztük az első AMM-embolisatiót, tudunkkal elsőként az országban. Az ezt követő 18 hónap alatt összesen 10 esetben végeztünk reziduális subduralis haematoma miatt ilyen jellegű neurointervenciót. Minden kezelést egy személy végzett (OCs), aki a University of California Los Angelesben volt hosszabb tanulmányúton, és az ottani kezelési protokollt adaptálta központunkban. Eredményeinket BORS-07/2023 RKEB engedély alapján közöljük.

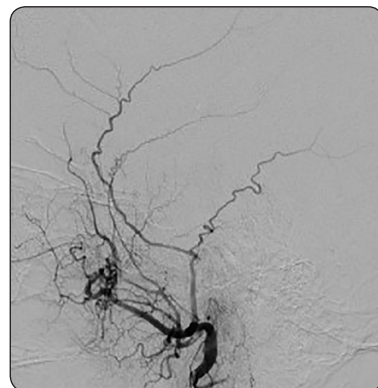
Minden krónikus subduralis haematoma esetén idegsebész és neurointervenció team döntött a választandó kezelésről. Az MMA-embolisatiót minden esetben egyoldali reziduális krónikus subduralis haematoma miatt végeztük. Hat esetben egy alkalommal végzett craniotomia, három esetben trepanáció craniotomia után, egy esetben két craniotomia után végeztük az embolisatiót (**1. ábra**). A műtét vagy az utolsó műtét és az intervenció között átlagosan 11 nap (8–20 nap) telt el. Minden betegünket éber állapotban kezeltük, és minden esetben femoralis hozzáférést alkalmaztunk. Az arteria carotis externában 4 French méretű katéterrel road map képet (háttérerajzolatot) készítettünk, majd mikrokatéterrel jutottunk be az AMM főtörzsébe, ahol 250–355 mikrométer méretű polivinil-alkohol- (PVA-) szemcsékkel végeztük a szelektív embolisatiót (**2., 3. ábra**). A beavatkozások időtartama 15–30 perc volt.

Eredmények

Kilenc férfi és egy nőbetegét kezeltünk. A betegek átlagos életkora 62,9 év volt, a legfiatalabb 47 éves, míg a legidősebb 80 éves. Hat betegünk fogyasztott rendszeresen alkoholt, szintén hatan dohányoztak. Három betegünknek malignus daganat, háromnak hypertonia, két páciensnek cukorbetegség, négynek ischaemiás szívbetegség szerepelt az anamnézisében. Két beteg szedett acetilszalicilsavat, a többi beteg nem szedett vérálvadásgátlót. Négy beteg nem emlékezett fejsérülésre vagy nem lehetett erre vonatkozó adatot nyerni, míg a másik hat betegnél átlagosan 6,66 hét telt el a fejsérülés és az első műtét között, bár többen több minor koponyasérülést is említettek. Négy esetben jobb, hat esetben bal oldali volt a subduralis folyadékgyülem. Műtét vagy első műtét előtt a betegek 70%-ának fájt a feje, a betegek fele szédült, négyen voltak zavartak, há-



1. ábra. 2. betegünk: craniotomia utáni reziduális krónikus subduralis haematoma



2. ábra. 3. betegünk: AMM-embolisatio előtt



3. ábra. 3. betegünk: AMM-embolisatio után



4. ábra. 2. betegünk: AMM-embolisatio után 2 hónappal

romnak beszédzavara és háromnak súlyos, kettőnek enyhe hemiparesise volt. Műtét előtt a subduralis haematoma átlagos vastagsága 27,4 mm, a közpívonal-diszlokáció 10,5 mm volt. Műtét alatt kilenc beteg agya nem expandált érdemben. Embolisatiót akkor indikáltunk, ha az idegsebészeti műtétet követően a krónikus subduralis haematoma nagysága nem csökkent jelentősen, vagy újra növekedni kezdett és a közpívonal-diszlokáció nem szűnt meg. Embolisatio előtt a subduralis haematoma átlagosan 16,5 mm, a közpívonal-diszlokáció 5,5 mm volt. Embolisatio előtt a betegek felének fájt a feje, ketten szédültek, két betegnek enyhe beszédzavara, két betegnek enyhe hemiparesise volt.

Mindegyik AMM-embolisatio szövödménymentesen zajlott. A beavatkozást követő két hónap múlva minden subduralis folyadékgyülem több mint 50%-kal csökkent, mindenki tünet- és panaszmentes volt (**4. ábra**). Három hónap múlva kilenc beteg subduralis haematómája megszűnt, míg egy beteget elveszítettünk a műtétet követő két hónap múlva – az agyburokvérzéstől független okból – Covid-pneumonia és szepszis miatt.

Megbeszélés

A krónikus subduralis haematoma nagyon gyakori betegség, ami az idős korosztályt érinti, így incidenciája folyamatosan növekszik^{1, 2}. Egy átfogó vizsgálat szerint éves mortalitása 13%⁵. Rizikófaktoroknak tekinthető a férfi nem, az alkoholfogyasztás, az antikoagulációs kezelés, a hepatopathia és a thrombocytopenia^{4, 5, 7–11}. Meglepő módon számos tanulmány igazolta, hogy a thrombocytaaggregáció-gátló kezelés nem növeli az előfordulását^{2, 10, 11}. Nagyon változatos tüneteket okoz: egyensúlyzavar, járászavar, dezorientáció, memóriazavarok, fejfájás, beszédzavar, bénulás, epilepszia, szédülés, érzékszavar^{2–5, 7, 12–16}. A krónikus subduralis haematoma így kaméleonbetegségnek tekinthető^{12–16}. Natív koponya-CT-vizsgálattal igazolható vagy kizárható. Fontos, hogy gondoljunk rá.

Korábbi koréletteni teória szerint a hídvénák sérülését követően kis nyomással vénás vérzések jönnek létre, melyek krónikus folyadékgyülemmé válnak^{3, 6, 7}. Jelenlegi elképzelés szerint többlépcsős folyamat eredményezi a subduralis folyadékgyülem növekedését. Edlmann leírása szerint¹⁷ a „dural border”-sejtek a dura belső részén helyezkednek el, ezek mikrotrauma hatására bekövetkező sérülése gyulladásai kaszkádot indít el fibrogenézissel és angiogenezissel. Új kettős duramembrán jön létre, aminek a külső rétegén gyulladás zajlik és új kapilláris-hálózatok alakulnak ki, melyek permeabilitása kórosan magas, és rajtuk keresztül folyamatosan folyadék kerül a subduralis térbe^{2, 3, 6, 7, 17–20}.

Ha a krónikus subduralis vérzés nem okoz térszűkítést (legtöbbször vastagsága kisebb, mint 10 mm, és a középvonal-diszlokáció kisebb, mint 5 mm) és nem okoz neurológiai tüneteket, akkor konzervatív kezelést és szoros radiológiai, klinikai követést igényel^{2–4, 7}. A konzervatív kezelés az antikoaguláns és a thrombocytaaggregáció-gátló kezelés felfüggesztését, a vérárvadási paraméterek rendezését jelenti^{2–4, 7}. Emellett három gyógyszercsoport alkalmazása jön szóba. A szteroidok használata egy szisztémás összefoglaló és egy randomizált vizsgálat szerint előnyös, míg egy nagy metaanalízis szerint nem, mivel az összmortalitást nem csökkenti, sőt a mellékhatások révén növeli^{3, 21–23}. A sztatinalkalmazás előnyös, ez számos klinikai vizsgálat szerint szignifikánsan csökkenti a műtét szükségességét^{3, 7, 24, 25}. Thrombocytaaktiválófaktor-antagonista (Etizolam) alkalmazása is hatásos több klinikai tanulmány szerint³. Ha a krónikus subduralis haematoma térszűkítést és neurológiai tüneteket okoz, akkor operálni kell^{25–36}. A haematoma eltávolítása az egyik legkönnyebb idegsebészeti műtét, ennek ellenére az 1 éves mortalitás 32%^{3, 7}. Krónikus subduralis haematoma esetén egy vagy kettős trepanáció, kisebb craniectomia vagy craniotomia végezhető drén behelyezésével^{1, 2, 4, 7}. Egy 2009-ben közzétett nagy randomizált klinikai vizsgálat azt igazolta,

hogy a drén használata a műtétek sikerességét duplájára növeli^{12–14}. Átfogó elemzések alapján a komplikáció és a recidív vérzés aránya 9–28%, a reoperáció szükségessége 3–30%^{4, 7}. Egy 2012-es metaanalízis szerint a komplikáció kétlyukas trepanáció esetén a legkevesebb (2,5%), míg 4% craniotomia és 10% craniectomia esetén^{1, 2, 25, 26}. Néhány tanulmány vákuumos szívórendszer sikeres alkalmazását igazolta, míg más tanulmányok szerint ezen rendszer használata jelentősen növeli a szövődményráta^{1, 2, 25–29}.

AMM-ágak adják a krónikus subduralis haematoma neomembránjának vérellátását, ezen erek elzárásával megszakíthatjuk a mikrovérzések és gyulladásai folyamatok kaszkádját. Az első ilyen beavatkozást Mandai és japán kollégái végezték sikeresen májelégtelen betegük-nél³⁷. Azóta számos esetismertetés, egy és többcentrumos vizsgálat és metaanalízis igazolta ezen eljárás sikerességét és alacsony szövődményráta^{1–7, 38–43}. Krónikus subduralis haematoma esetén az AMM-embolisatio végezhető egyedüli kezelésként, idegsebészeti műtétet követően a recidíva megelőzése céljából, illetve egy vagy két műtéti beavatkozást követő reziduális haematoma esetén^{1–5, 7}. Kan és kollégái 2021-ben multicentrikus vizsgálat során 138 beteg bevonásával azt igazolták, hogy 1 hét alatt a betegek 87%-a esetében csökkent 20%-kal a haematoma vastagsága, a betegek 52%-ánál csökkent több mint 70%-kal a haematoma mérete⁴³. A technikai sikeresség aránya 97% volt⁴³. Cristofori és munkatársai elemzése alapján az AMM-embolisatio sikerességi rátája magasabb műtéti beavatkozást követően, mint egyedüli kezelésként⁵. Az embolisatio sikeressége nő, ha azt a nyílt műtétet követően minél hamarabb végezzük¹. AMM-embolisatio által a subduralis haematoma recidívájának aránya csökken, gyorsabb a radiológiai és klinikai javulás, csökken a kórházban töltött napok száma, csökken az egészségügyi kiadás^{1, 3, 4, 7}. A legújabb metaanalízis szerint AMM-embolisatio után a komplikáció és a recidíva kevesebb, mint műtéti eljárás esetén². A krónikus haematomák felszívódási aránya 92% önmagában végzett embolisatio esetén. A legújabb többcentrumos vizsgálat szerint a csak embolisatióval kezelt betegeknél mindössze 4–8%-ban kellett műtétet végezni². Egy nagyobb tanulmány szerint, ha egyedül AMM-embolisatiót végeztek, akkor az esetek 8,9%-ában volt sikertelen a beavatkozás, és volt szükséges műtétet végezni, míg ha az AMM-embolisatiót nyílt műtétet követően végezték, akkor a sikertelenség csak 3,9%, két műtétet követően 2,9% volt¹. A szövődmények aránya az embolisatio során alacsony, nem éri el az 1%-ot^{1–7}. Ritka esetben lágyulós stroke, tranzien agyi keringési zavar, beszédzavar, látászavar, illetve epilepszia jelentkezhet^{1–3, 7}. Kontraindikáció az azonos oldali arteria carotis interna elzáródása és a moyamoya-betegség mellett a disszekciós érszakasz és a speciális anatómiai variációk (például az AMM eredése az arteria ophthalmicából)^{1–3}.

Az AMM-embolisatio során számos technikai megoldás lehetséges: 1. punkció tekintetében femoralis vagy radialis behatolás, 2. mikrokátéter-pozicionálás terén szelektív-szuperszelektív pozíció, 3. embolisációs anyagok használata tekintetében PVA, PVA és coil, Onyx, NBCA, microspheres, Squid, 4. kétoldali haematoma esetén egy ülésben mindkét oldal kezelése vagy két lépéses kezelés választása^{1, 2, 4}.

A jelenleg zajló számos randomizált, multicentrikus vizsgálatról azt várjuk, hogy eredményeik pontos iránymutatással szolgálnak a tekintetben, hogy mely esetekben és hogyan kell az AMM-embolisatiót alkalmazni tünetmentes és tünetes krónikus subduralis haematomás betegeknél⁴⁴⁻⁴⁷. A jelenleg futó és 2025-ben záródó legfontosabb vizsgálatok: 1. MEMBRANE – Middle meningeal artery embolization for the treatment of subdural hematomas with Trufill n-BCA – amerikai multicentrikus vizsgálat, 2. EMBOLISE – Embolization of the middle meningeal artery with Onyx liquid embolic system for subacute and chronic subdural hematomas – amerikai multicentrikus vizsgálat, 3. STEM – The Squid trial for the embolization of the middle meningeal artery for treatment of chronic subdural hematoma – amerikai multicentrikus vizsgálat, 4. EMMA – kanadai multicentrikus vizsgálat, 5. EMPROTECT – francia multicentrikus vizsgálat⁴⁻⁷. Mindegyik legmagasabb evidenciaszintű vizsgálat, azaz multicentrikus randomizált vizsgálat, melyekbe több száz beteget vonnak be. Az AMM-embolisatio sikerességét tünetmentes betegeknél a konzervatív kezeléssel, míg tünetes betegeknél a nyílt műtéti eljárásokkal vetik össze. Mindegyik vizsgálatban a legfontosabb végpontok: haematomarecidíva-arány, az ismételt kezelés szükségessége, a klinikai eredmény, a gyógyulás aránya, a kórházi napok száma és költségvonzata.

Saját beteganyagunk is megerősítette, hogy reziduális krónikus subduralis haematoma esetén szövődménymentesen és sikeresen lehet alkalmazni az AMM-embolisatiót. Az AMM főtrözséből szelektív embolisatiót végeztünk, nem katétereztük és embolizáltuk az AMM-ágakat külön-külön szuperszelektív módon. A veszélyes anastomosisok

nem látszanak a DSA-képeken, vagyis az még nem jelent biztonságot, ha az angiográfiás képeken nem látunk az arteria carotis interna és ophthalmica irányában anastomosisokat. Ezen veszélyes anastomosisok kisebb-bek 250 mikrométernél, így ekkora nagyságot alkalmazva, a reflux elkerülésére szigorúan figyelve minimalizálni tudtuk a szövődmények esélyét. A folyadékképződés jelenlegi kórélettani teóriája szerint komplex patológiás folyamat zajlik a subduralis tok teljes területén. Minden AMM-ág embolisációjával sikeresebb kezelés érhető el, mint csak bizonyos ágak szuperszelektív kezelésével, mert ilyen esetben a részleges kezelést követően a nem kezelt tokrészekben tovább folytatódik a folyadéktermelés. Ezen kezelés beépült az intézeti protokollunkba, és várhatóan egyre nagyobb számban végzett beavatkozássá válik, így egyre nagyobb klinikai tapasztalatunk lesz.

Következtetés

Tünetmentes krónikus subduralis haematomás betegek esetén a konzervatív kezelés sikeres alternatívájának tekinthető az AMM-embolisatio. Tünetes krónikus subduralis haematomás betegek műtéti kezelésének alternatívája vagy kiegészítő kezelése az AMM-embolisatio. Az arteria meningeal media embolisatiója könnyen kivitelezhető, a betegek számára nem megterhelő, és kivitelezhető a trombocytáaggregáció-gátló és az antikoaguláns kezelés felfüggesztése nélkül is. A kezelésnek ritka a kontraindikációja, alacsony a szövődményráta. A beavatkozástól gyors radiológiai és klinikai javulást, magas gyógyulási rátát várhatunk. Saját beteganyagunk eredménye is megerősíti a fenn leírt nemzetközi tapasztalatokat.

Az AMM-embolisatio alkalmazható egyedüli kezelésként és nyílt műtéteket követően. Jelenlegi tudásunk szerint tünetes betegeknél a műtéteket követő kezelés sikerességi aránya magasabb. Folyamatban vannak a multicentrikus, randomizált vizsgálatok, így jelenleg a krónikus subduralis haematoma AMM-kezelésének evidenciája alacsonynak számít.

Irodalom

1. Neifert SN, Chaman EK, Hardigan T, Ladner TR, Feng R, Caridi JM, et al. Increases in subdural hematoma with an aging population: the future of American cerebrovascular disease. *World Neurosurg* 2020;141:e166-e174. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2020.05.060>
2. Rudy RF, Catapano JS, Jadhav AP, Albuquerque FC, Ducruet AF. Middle Meningeal Artery Embolization to Treat Chronic Subdural Hematoma. *Stroke Vasc Interv Neurol* 2023;3:e000490. <https://doi.org/10.1161/SVIN.122.000490>
3. Désir LL, D'Amico R, Link T, Silva D, Ellis JA, Doron O. Middle meningeal artery embolization and the treatment of a chronic subdural hematoma. *Cureus* 2021;13(10): e18868. <https://doi.org/10.7759/cureus.18868>
4. Fiorella D, Arthur AS. Middle meningeal artery embolization for the management of chronic subdural hematoma. *J Neurointerv Surg* 2019;11(9):912-5. <https://doi.org/10.1136/neurintsurg-2019-014730>
5. Di Cristofori A, Remida P, Patassini M, Piergallini L, Buonanno R,

- Bruno R, et al. Middle meningeal artery embolization for chronic subdural hematomas. A systematic review of the literature focused on indications, technical aspects, and future possible perspectives. *Surg Neurol Internat* 2022;13(94):1-15. https://doi.org/10.25259/SNI_911_2021
6. Ban S, Hwang G, Byoun H, Kim T, Lee SU, Han JH, et al. Middle meningeal artery embolization for chronic subdural hematoma. *Radiology* 2018;286:992-9. <https://doi.org/10.1148/radiol.2017170053>
 7. Catapano J, Nguyen CL, Wakim AA, Albuquerque FC, Ducruet AF. Middle meningeal artery embolization for chronic subdural hematoma. *Front Neurol* 2020 Oct 20;11:557233. <https://doi.org/10.3389/fneur.2020.557233>
 8. Rust T, Kiemer N, Erasmus A. Chronic subdural haematomas and anticoagulation or anti-thrombotic therapy. *J Clin Neurosci* 2006;13:823-7. <https://doi.org/10.1016/j.jocn.2004.12.013>
 9. Baechli H, Nordmann A, Bucher HC, Gratzl O. Demographics and prevalent risk factors of chronic subdural haematoma: results of a large single-center cohort study. *Neurosurg Rev* 2004;27:263-6. <https://doi.org/10.1007/s10143-004-0337-6>
 10. Nathan S, Goodarzi Z, Jette N, Gallagher C, Holroyd-Leduc J. Anticoagulant and antiplatelet use in seniors with chronic subdural hematoma: systematic review. *Neurology* 2017;88:1889-93. <https://doi.org/10.1212/WNL.0000000000003918>
 11. Poon MTC, Rea C, Kolias AG, Brennan PM, British Neurosurgical Trainee Research Collaborative (BNTRC). Influence of antiplatelet and anticoagulant drug use on outcomes after chronic subdural hematoma drainage. *J Neurotrauma* 2021;38:1177-84. <https://doi.org/10.1089/neu.2018.6080>
 12. Samiy E. Chronic subdural hematoma presenting a parkinsonian syndrome. *J Neurosurg* 1963;20:903. <https://doi.org/10.3171/jns.1963.20.10.0903>
 13. Wilkinson CC, Multani J, Bailes JE. Chronic subdural hematoma presenting with symptoms of transient ischemic attack: a case report. *W V Med J* 2001;97:194-6. PMID: 11558288.
 14. Welsh JE, Tyson GW, Winn HR, Jane JA. Chronic subdural hematoma presenting as transient neurologic deficits. *Stroke* 1979;10:564-5. <https://doi.org/10.1161/01.STR.10.5.564>
 15. Kotwica Z, Brzeinski J. Epilepsy in chronic subdural haematoma. *Acta Neurochir (Wien)* 1991;113:118-20. <https://doi.org/10.1007/BF01403195>
 16. Potter JF, Fruin AH. Chronic subdural hematoma - the "great imitator". *Geriatrics*. 1977;32:61-6. PMC4600833
 17. Edlmann E, Giorgi-Coll S, Whitfield PC, Carpenter KLH, Hutchinson PJ. Pathophysiology of chronic subdural haematoma: inflammation, angiogenesis and implications for pharmacotherapy. *J Neuroinflammation* 2017;14:108. <https://doi.org/10.1186/s12974-017-0881-y>
 18. Yamashima T, Yamamoto S, Friede RL. The role of endothelial gap junctions in the enlargement of chronic subdural hematomas. *J Neurosurg* 1983;59:298-303. <https://doi.org/10.3171/jns.1983.59.2.0298>
 19. Takizawa K, Sorimachi T, Ishizaka H, Osada T, Srivatanakul K, Momose H, et al. Enlargement of the middle meningeal artery on MR angiography in chronic subdural hematoma. *J Neurosurg* 2016;124:1679-83. <https://doi.org/10.3171/2015.5.JNS1567>
 20. Tanaka T, Kaimori M. Histological study of vascular structure between the dura mater and the outer membrane in chronic subdural hematoma in an adult. *No Shinkei Geka* 1999;27:431-6. PMID: 10363254
 21. Berghauer Pont LME, Dirven CMF, Dippel DWJ, Verweij BH, Dammers R. The role of corticosteroids in the management of chronic subdural hematoma: a systematic review. *Eur J Neurol* 2012;19:1397-403. <https://doi.org/10.1111/j.1468-1331.2012.03768.x>
 22. Almenawer SA, Farrokhyar F, Hong C, Alhazzani W, Manoranjan B, Yarasavitch B, et al. Chronic subdural hematoma management: a systematic review and meta-analysis of 34,829 patients. *Ann Surg* 2014;259:449-57. <https://doi.org/10.1097/SLA.0000000000000255>
 23. Chan DYC, Chan DTM, Sun TFD, Ng SCP, Wong GKC, Poon WS. The use of atorvastatin for chronic subdural haematoma: a retrospective cohort comparison study. *Br J Neurosurg* 2017;31:72-7. <https://doi.org/10.1080/02688697.2016.1208806>
 24. Jiang R, Zhao S, Wang R, Feng H, Zhang J, Li X, et al. Safety and efficacy of atorvastatin for chronic subdural hematoma in chinese patients: a randomized clinical Trial. *JAMA Neurol* 2018;75:1338-46. <https://doi.org/10.1001/jamaneurol.2018.2030>
 25. Santarius T, Kirkpatrick PJ, Ganesan D, Chia HL, Jalloh I, Smielewski P, et al. Use of drains versus no drains after burr-hole evacuation of chronic subdural haematoma: a randomised controlled trial. *Lancet* 2009;374:1067-73. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(09\)61115-6](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(09)61115-6)
 26. Rughani AI, Lin C, Dumont TM, Penar PL, Horgan MA, Tranmer BI. A case-comparison study of the subdural evacuating port system in treating chronic subdural hematomas. *J Neurosurg* 2010;113:609-614. <https://doi.org/10.3171/2009.11.JNS091244>
 27. Safain M, Roguski M, Antoniou A, Schirmer CM, Malek AM, Riesenburger R. A single center's experience with the bedside subdural evacuating port system: a useful alternative to traditional methods for chronic subdural hematoma evacuation. *J Neurosurg* 2013;118:694-700. <https://doi.org/10.3171/2012.11.JNS12689>
 28. Pang CH, Lee SE, Kim CH, Kim JE, Kang HS, Park CK, et al. Acute intracranial bleeding and recurrence after bur hole craniostomy for chronic subdural hematoma. *J Neurosurg* 2015;123:65-74. <https://doi.org/10.3171/2014.12.JNS141189>
 29. Song DH, Kim YS, Chun HJ, Yi HJ, Bak KH, Ko Y, et al. The predicting factors for recurrence of chronic subdural hematoma treated with burr hole and drainage. *Korean J Neurotrauma* 2014;10:41-48. <https://doi.org/10.13004/kjnt.2014.10.2.41>
 30. Moffatt CE, Hennessy MJ, Marshman LAG, Manickam A. Long-term health outcomes in survivors after chronic subdural haematoma. *J Clin Neurosci* 2019;66:133-7. <https://doi.org/10.1016/j.jocn.2019.04.039>
 31. Cofano F, Pesce A, Vercelli G, Mammi M, Massara A, Minardi M, et al. Risk of recurrence of chronic subdural hematomas after surgery: a multicenter observational cohort study. *Front Neurol* 2020;11:560269. <https://doi.org/10.3389/fneur.2020.560269>
 32. Chen FM, Wang K, Xu KL, Wang L, Zhan TX, Cheng F, et al. Predictors of acute intracranial hemorrhage and recurrence of chronic subdural hematoma following burr hole drainage. *BMC Neurol* 2020;20:92. <https://doi.org/10.1186/s12883-020-01669-5>
 33. Chon KH, Lee JM, Koh EJ, Choi HY. Independent predictors for recurrence of chronic subdural hematoma. *Acta Neurochir* 2012;154:1541-8. <https://doi.org/10.1007/s00701-012-1399-9>
 34. Yagnik KJ, Goyal A, Van Gompel JJ. Twist drill craniostomy vs burr hole drainage of chronic subdural hematoma: a systematic review and metaanalysis. *Acta Neurochir* 2021;163:3229-41. <https://doi.org/10.1007/s00701-021-05019-3>
 35. Ducruet AF, Grobelny BT, Zacharia BE, Hickman ZL, DeRosa PL, Andersen KN, et al. The surgical management of chronic subdural hematoma. *Neurosurg Rev* 2012;35:155-69; discussion 169. <https://doi.org/10.1007/s10143-011-0349-y>
 36. Feghali J, Yang W, Huang J. Updates in chronic subdural hematoma: epidemiology, etiology, pathogenesis, treatment, and outcome. *World Neurosurg* 2020;141:339-45. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2020.06.140>
 37. Mandal S, Sakurai M, Matsumoto J. Middle meningeal artery embolisation for refractory chronic subdural hematoma. Case report. *J Neurosurg* 2000;93:686-8. <https://doi.org/10.3171/jns.2000.93.4.0686>
 38. Ironside N, Nguyen C, Do Q, Ugiliweneza B, Chen CJ, Sieg EP, et al. Middle meningeal artery embolization for chronic subdural hematoma: a systematic review and meta-analysis. *J Neurointerv Surg* 2021;13:951-7. <https://doi.org/10.1136/neurintsurg-2021-017352>
 39. Catapano JS, Ducruet AF, Srinivasan VM, Rumalla K, Nguyen CL, Rutledge C, et al. Radiographic clearance of chronic subdural hematomas after middle meningeal artery embolization. *J Neurointerv Surg* 2022;14:1279-83. <https://doi.org/10.1136/neurintsurg-2021-017602>

40. Schwarz J, Carnevale JA, Goldberg JL, Ramos AD, Link TW, Knopman J. Perioperative prophylactic middle meningeal artery embolization for chronic subdural hematoma: a series of 44 cases. *J Neurosurg* 2021;1-9. https://doi.org/10.1093/neuros/nyaa447_318
41. Joyce E, Bounajem MT, Scoville J, Thomas AJ, Ogilvy CS, Riina HA, et al. Middle meningeal artery embolization treatment of nonacute subdural hematomas in the elderly: a multiinstitutional experience of 151 cases. *Neurosurg Focus* 2020;49:E5. <https://doi.org/10.3171/2020.7.FOCUS20518>
42. Rajah GB, Waqas M, Dossani RH, Vakharia K, Gong AD, Rho K, et al. Transradial middle meningeal artery embolization for chronic subdural hematoma using onyx: case series. *J Neurointerv Surg* 2020;12:1214-8. <https://doi.org/10.1136/neurintsurg-2019-015493>
43. Kan P, Maragkos GA, Srivatsan A, Srinivasan V, Johnson J, Burkhardt JK, et al. Middle meningeal artery embolization for chronic subdural hematoma: a multi-center experience of 154 consecutive embolizations. *Neurosurgery* 2021;88:268-77. <https://doi.org/10.1093/neuros/nyaa379>
44. National Institutes of Health. The SQUID trial for the embolization of the middle meningeal artery for treatment of chronic subdural hematoma (STEM). 2020. <https://ClinicalTrials.gov/show/NCT04410146>
45. National Institutes of Health. Embolization of the middle meningeal artery with ONYXTM liquid embolic system for subacute and chronic subdural hematoma (EMBOLISE). 2020. <https://ClinicalTrials.gov/show/NCT04402632>
46. National Institutes of Health. Endovascular embolization for chronic subdural hematomas following surgical evacuation (ENCLOSURE). 2020. <https://ClinicalTrials.gov/show/NCT04272996>
47. National Institutes of Health. Middle meningeal artery embolization for the treatment of subdural hematomas with TRUFILL® n-BCA (MEMBRANE). 2021. <https://clinicaltrials.gov/ct2/show/NCT04816591>