

přehledový článek

Embolizace a. meningea media v léčbě chronického subdurálního hematomu: výsledky recentních prospektivních randomizovaných studií a využití pro klinickou praxi

Embolization of the middle meningeal artery in the treatment of chronic subdural hematoma: results from recent prospective randomized trials and clinical practice implications

David Brustman^{1,3}, Antonín Krajina^{1,3}, Tomáš Česák^{2,3}, Michael Bartoš^{2,3}, Jaroslav Adamkov², Miroslav Cihlo², Jan Mašek^{1,3}, Vendelín Chovanec^{1,3}, Jiří Preis⁴, Jan Raupach^{1,3}

¹Radiologická klinika Fakultní nemocnice Hradec Králové

²Neurochirurgická klinika Fakultní nemocnice Hradec Králové

³Lékařská fakulta Univerzity Karlovy, Hradec Králové

⁴Neurochirurgické oddělení Nemocnice Pardubického kraje, Pardubice

Hlavní stanovisko práce

Cílem článku je shrnout současné poznatky z recentních prospektivních randomizovaných klinických studií hodnotících výsledky embolizace a. meningea media (MMAE) u chronického subdurálního hematomu (cSDH) a diskutovat jejich význam pro klinickou praxi.

SOUHRN

Brustman D, Krajina A, Česák T, Bartoš M, Adamkov J, Cihlo M, Mašek J, Chovanec V, Raupach J. Embolizace a. meningea media v léčbě chronického subdurálního hematomu: výsledky recentních prospektivních randomizovaných studií a využití pro klinickou praxi

Chronický subdurální hematom je časté onemocnění, zejména u starších pacientů a u osob užívajících antikoagulační či protidestičkovou terapii a nezářidka vyžadující neurochirurgickou léčbu. Standardní chirurgická evakuace hematomu rychle odstraňuje subdurální kolekci, avšak recidiva cSDH se v prospektivních studiích vyskytuje u 10–20% pacientů, zejména u membránového typu hematomu. Recidiva je způsobena chronickou zánětlivou reakcí a proliferací křehkých cév v novotvořených membránách, které způsobují opakované

Major statement

The aim of this article is to summarize current evidence from prospective randomized clinical trials evaluating the outcomes of middle meningeal artery embolization (MMAE) in chronic subdural hematoma (cSDH) and to discuss their implications for clinical practice.

SUMMARY

Brustman D, Krajina A, Česák T, Bartoš M, Adamkov J, Cihlo M, Mašek J, Chovanec V, Raupach J. Embolization of the middle meningeal artery in the treatment of chronic subdural hematoma: results from recent prospective randomized trials and clinical practice implications

Chronic subdural hematoma is common neurosurgical condition, particularly in elderly patients and in those taking anticoagulant or antiplatelet medications, often requiring neurosurgical treatment. Standard surgical evacuation of the hematoma rapidly removes the subdural collection; however, recurrence occurs in 10–20% of patients in prospective studies, especially in the membranous type of hematoma. Recurrence is driven by chronic inflammatory reactions and the proliferation of fragile neovasculature within immature

Přijato: 24. 2. 2026

Korespondenční adresa:

MUDr. David Brustman
Radiologická klinika FN
Sokolská 581, 500 05 Hradec Králové
e-mail: david.brustman@fnhk.cz

Konflikt zájmů: žádný.

krvácení do hematomu. Selektivní embolizace a. meningea media přerušuje cévní zásobení těchto patologických membrán, a tak představuje kauzální léčbu cSDH. Prospektivní multicentrické studie ukazují, že MMAE významně snižuje riziko recidivy a selhání léčby při dobré toleranci pacientů a nízké míře komplikací. Nejrobustnější prospektivní data jsou dostupná pro tekutá embolizační činidla na bázi ethylenvinylalkoholových kopolymerů (EVOH). Alternativu dále představují kyanoakrylátová lepidla a mikročástice, které vykazují srovnatelné klinické výsledky i míru komplikací. Celkově prospektivní data podporují MMAE jako efektivní doplněk chirurgické terapie či ve vybraných případech jako samostatnou léčbu, zejména u pacientů s vysokým rizikem recidivy.

Klíčová slova: chronický subdurální hematoma, embolizace arteria meningea media, recidiva chronického subdurálního hematoma, endovaskulární léčba, prospektivní klinické studie.

membranes, which leads to repeated bleeding into the hematoma.

Selective embolization of the middle meningeal artery (MMAE) interrupts the vascular supply to these pathological membranes, thus providing a causal treatment for cSDH. Prospective multicenter studies show that MMAE significantly reduces the risk of recurrence and treatment failure, while demonstrating good patient tolerability and a low complication rate. The most robust prospective data are available for liquid embolic agents based on ethylenevinyl alcohol copolymers (EVOH), whereas cyanoacrylate glues and microparticles represent alternative options with comparable clinical outcomes and complication rates. Overall, prospective evidence supports MMAE as an effective adjunct to surgical therapy or, in selected cases, as a standalone treatment, particularly in patients at high risk of recurrence.

Key words: chronic subdural hematoma, middle meningeal artery embolization, recurrence of chronic subdural hematoma, endovascular treatment, prospective clinical trials.

ÚVOD

Chronický subdurální hematoma (cSDH) vzniká následkem primárního krvácení do subdurálního prostoru, typicky při ruptuře přemostujících žil, často po lehkém či zapomenutém traumatu, případně spontánně (1). Krvácení může spustit zánětlivou reakci vedoucí k tvorbě novotvořených membrán s křehkými patologickými cévami, které jsou zdrojem dalšího krvácení a postupného zvětšování kolekce (2).

Klinický obraz je heterogenní a zahrnuje cefaleu, vertigo a poruchy chůze i ložiskové neurologické příznaky, jako jsou hemiparéza, poruchy řeči, kognitivní deficit či epileptický záchvat. Incidence cSDH roste s věkem a v posledních desetiletích se významně zvýšila. Celková incidence se pohybuje kolem 1,7–20,6/100 000/rok, zatímco u osob nad 80 let dosahuje až 120/100 000/rok (3). Zároveň medián věku diagnózy stoupl v poslední dekádě z 73 na 79 let. S pokračujícím stárnutím populace a rostoucím užíváním antitrombotik lze očekávat další nárůst incidence cSDH. Tento trend představuje rostoucí výzvu pro zdravotní systém.

Recidiva cSDH je důsledkem opakovaného či perzistujícího krvácení, které vede k postupnému zvětšování hematoma a další proliferaci neomembrán. Tento patofyziologický mechanismus vytváří bludný kruh podporující přetrvávání a progresi onemocnění.

V klinické praxi se pro hodnocení vnitřní architektury cSDH stále častěji využívá rozšířená klasifikace dle Hamoua et al., která slouží jako klíčový prediktor rizika recidivy (2). Tato klasifikace rozlišuje hematomy na homogenní (izodenzní či hypodenzní), smíšeně denzní, septované a laminární.

Chirurgická léčba zůstává standardní volbou u symptomatických cSDH s útlakem mozku a středočárovým přesunem. Přesto míra recidivy cSDH po chirurgické evakuaci se vyskytuje přibližně u 10–20 % pacientů (4, 5). Riziko recidivy závisí na řadě faktorů, včetně typu hematoma, perioperačním managementu a individuálních charakteristikách pacienta. Přítomnost bilaterálního hematoma a především typ hematoma je zásadní: smíšeně denzní hematomy a hematomy se septacemi vykazují vyšší riziko recidivy než homogenní (izodenzní nebo hypodenzní) hematomy (6, 7). Selektivní embolizace a. meningea media přerušuje cévní zásobení patologických membrán, čímž zabraňuje dalšímu krvácení nebo exsudaci (2, 8). MMAE se tak stává důležitým nástrojem moderního multidisciplinárního přístupu k léčbě cSDH, buď jako adjuvantní léčba po chirurgické evakuaci, nebo jako samostatná intervence u pacientů s mírnými symptomy či vysokým operačním rizikem.

PROSPEKTIVNÍ RANDOMIZOVANÉ KLINICKÉ STUDIE

Recentní publikované prospektivní randomizované studie lze rozdělit do dvou hlavních skupin na základě použitého embolizačního činidla: tekutá embolizační činidla (na bázi EVOH, kyanoakrylátu) a mikročástice.

Každý typ materiálu má svá specifika, výhody i omezení, která ovlivňují techniku embolizace, distální penetraci činidla a bezpečnost zákroku.

Tekutá embolizační činidla

1. Tekutá embolizační činidla na bázi ethylenvinylalkoholu (EVOH)

Tekutá embolizační činidla na bázi EVOH, jako jsou Onyx (Medtronic, Dublin, Irsko) a Squid (Balt Extrusion, Montmorency, Francie), umožňují techniku „plug and push“ s penetrací embolizačního činidla do distálních, eventuálně kontralaterálních, durálních větví, čímž efektivně dochází k devaskularizaci hematomu. Nutný proplach mikrokateétru dimethylsulfoxidem (DMSO) může u bdělých pacientů vyvolat bolest a spustit trigeminokardiální reflex s rizikem bradykardie či hemodynamické nestability, proto se embolizace obvykle provádí v celkové anestezii.

Multicentrická, prospektivní, randomizovaná studie **EMBOLISE** publikovaná v *The New England Journal of Medicine* v listopadu 2024 zahrnovala 400 pacientů se symptomatickým cSDH a porovnávala standardní chirurgickou evakuaci s chirurgií doplněnou o MMAE pomocí Onyxu (9). MMAE významně snížila výskyt recidivy či progresse hematomu vedoucí k reoperaci během 90 dnů sledování (4,1% vs. 11,3%), přičemž funkční stav pacientů, hodnocený pomocí modifikované Rankinovy škály (mRS), byl srovnatelný s kontrolní skupinou. Komplikace přímo spojené s embolizací byly vzácné a vyskytly se u 2,0% pacientů (čtyři případy), včetně dvou závažných cévních mozkových příhod, přičemž jedna z nich byla pravděpodobně způsobena embolizací při manipulaci katétre. K refluxu embolika došlo ve třech případech, přičemž u žádného pacienta nedošlo k rozvoji komplikací ve smyslu trvalého poškození zraku nebo parézy hlavových nervů. Během 180 dnů sledování nebyly zaznamenány žádné další závažné komplikace.

Jiná čínská multicentrická studie s použitím Onyxu **MAGIC-MT** zahrnovala 722 pacientů randomizovaných 1 : 1 a porovnávala standardní péči s terapií doplněnou o MMA embolizaci (2). Studie nezjistila statisticky významné snížení míry recidivy nebo progresse hematomu do 90 dnů u pacientů s embolizací ve srovnání se standardní péčí (6,7% vs. 9,9%). Komplikace přímo související s embolizací se vyskytly vzácně, pouze u jednoho pacienta (0,3%) s parézou lícního nervu.

Další zásadní multicentrická, mezinárodní, prospektivní, randomizovaná studie **STEM** zahrnovala 310 pacientů s cSDH randomizovaných 1 : 1 k buď standardní léčbě (chirurgická či konzervativní léčba), nebo standardní léčbě doplněné o MMA embolizaci pomocí Squid (8). MMA embolizace snížila míru selhání léčby při kontrole za 6 měsíců ve srovnání se standardní skupinou (z 36% na 16%), přičemž funkční výsledky byly srovnatelné mezi skupinami. Primární bezpečnostní ukazatele byly stejné v obou skupinách, bez závažných komplikací přímo spojených s výkonem.

2. Kyanoakrylátová lepidla (n-BCA, n-HCA)

Kyanoakrylátová lepidla nabízejí výhodu oproti EVOH, protože nevyžadují proplach mikrokateétru pomocí DMSO a často umožňují provedení zákroku v lokální anestezii. N-hexyl cyanoakrylát (n-HCA, Magic Glue, Balt Group) je novější kyanoakrylátové embolizační činidlo s pomalejší polymerizací, které umožňuje bezpečnější a účinnější embolizaci.

Studie **MEMBRANE** publikovaná v časopise *Stroke: Vascular and Interventional Neurology* v roce 2025 zahrnovala 376 pacientů (10). Pacienti byli randomizováni buď ke standardní péči, nebo ke standardní péči doplněné o MMAE pomocí n-butyl-kyanoakrylátu (TRUFILL, Johnson & Johnson MedTech, CA, USA). Výsledky ukázaly, že MMAE s n-BCA signifikantně snížila riziko recidivy zhruba o polovinu ve srovnání se standardní péčí. V subanalýzách byla míra recidivy přibližně 8,5% ve skupině s adjuvantní embolizací oproti 20,2% u samotné chirurgie během následného šestiměsíčního sledování. Studie zároveň potvrdila nízkou míru závažných komplikací (3%).

Embolizace pomocí mikročástic

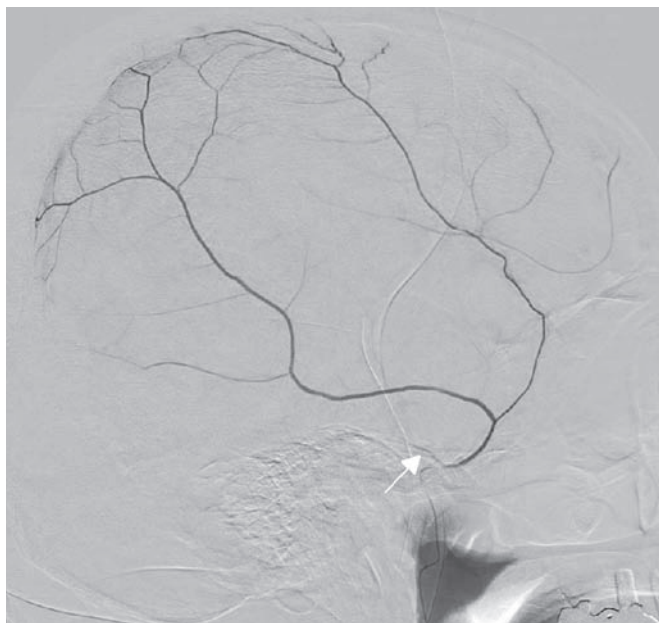
Studie **EMPROTECT** hodnotila účinnost embolizace střední meningeální arterie pomocí sférických mikročástic (Embosphere 300–500 µm, Merit Medical, USA) u 342 pacientů po chirurgické evakuaci hematomu, randomizovaných 1 : 1 k samotné chirurgické léčbě a terapii doplněné o embolizaci MMA (11). Soubor obsahoval zejména pacienty, kteří byli považováni za vysoce rizikové z hlediska recidivy. Primárním sledovaným ukazatelem byla opět míra recidivy hematomu v prvních 6 měsících po léčbě. Recidiva se vyskytla u 14,8% pacientů v embolizační skupině ve srovnání s 21,0% v kontrolní skupině, přičemž tento rozdíl nedosáhl statistické významnosti. Studie zároveň prokázala nízký výskyt klinicky významných komplikací (do 2%, blíže nespecifikováno). Autoři studie interpretují výsledky tak, že navzdory absenci statistické významnosti byla míra recidivy v embolizační skupině numericky nižší. Tento trend je v souladu s výsledky předchozích randomizovaných studií (EMBOLISE, STEM, MEMBRANE). Jako jedno z hlavních možných vysvětlení je uváděna volba embolizačního materiálu, kdy mikročástice o velikosti 300–500 µm mohou nedostatečně uzavírat anastomózy durálních větví ve srovnání s tekutými embolizačními agens, která umožňují lepší distální penetraci.

V USA je v současné době připravována studie **CHESSE**, která bude rovněž porovnávat samotnou embolizaci MMA pomocí mikročástic Embosphere (12).

TECHNICKÉ ASPEKTY VÝKONU

Technika MMAE byla detailně popsána v intervenčním čísle časopisu *Česká radiologie* (Ces Radiol 2023) autory Klus et al. (1).

Bezpečnost a účinnost MMAE jsou zásadně podmíněny identifikací rizikových kolaterál a anastomóz před vlastní embolizací a následnou superselektivní katetrizací jednotlivých větví MMA. Mikrokateér by měl být zaveden dostatečně distálně do frontální a parietální větve MMA, aby bylo dosaženo adekvátní distální penetrace a minimalizováno riziko nechtěné embolizace. Zvláštní pozornost je nutné věnovat větvím zásobujícím hlavové nervy, zejména petrosní větví (obr. 1), a přítomnosti anastomóz



1 Digitální subtrakční angiografie – laterální projekce a. meningea media s petrosní větví, která odstupuje z kmene MMA těsně za průchodem foramen spinosum a zásobuje faciální arkádu (n. VII). Větev je na snímku obtížně patrná vzhledem k malému kalibru a překryvu se skalní kostí.

Digital subtraction angiography – lateral projection of the middle meningeal artery with the petrosal branch, originating from the MMA trunk just beyond the foramen spinosum and supplying the facial arcade of the facial nerve. The branch is poorly visible on the image due to its small caliber and overlap with the petrous bone.



2 Digitální subtrakční angiografie – laterální projekce a. meningea media s meningeo-lakrimální větví, která odstupuje z frontální větve MMA přes Hyrtlův kanál směrem k orbitě a může tvořit kolaterály s a. ophthalmica prostřednictvím arteria meningea recurrens

Digital subtraction angiography – lateral projection of the middle meningeal artery with the meningo-lacrimal branch, originating from the frontal branch of the MMA through the Hyrtl canal toward the orbit, where it may form collaterals with the ophthalmic artery via the recurrent meningeal artery

s arteria ophthalmica, zejména meningeo-lakrimální větví (obr. 2). Anomální anatomická konfigurace a přítomnost rizikových kolaterál by měla vést k modifikaci léčebného postupu, aby byla minimalizována rizika nechtěné embolizace.

Detailní znalost durální vaskulární anatomie, důsledná superselektivita a pomalá aplikace embolizačního materiálu jsou proto klíčové pro snížení rizika komplikací.

DISKUSE

Recentní prospektivní multicentrické randomizované studie publikované

v letech 2024–2025 poskytly dosud nejsilnější důkazy o účinnosti a bezpečnosti MMAE u chronického subdurálního hematomu (2, 8, 9, 11). Studie EMBOLISE, STEM a MEMBRANE prokázaly statisticky významné snížení míry recidivy, a to bez negativního dopadu na funkční výsledky pacientů a při nízkém výskytu závažných komplikací (tab. 1). Ostatní studie (MAGIC-MT a EMPROTECT) sice nedosáhly statistické významnosti, ale potvrdily numerický trend ve prospěch adjuvantní embolizace.

Spektrum komplikací je konzistentní napříč jednotlivými studiemi. Nejčastěji byly zaznamenány ischemické komplikace, pravděpodobně v důsledku nechtěné

embolizace intrakraniálních anastomóz. Ve studiích využívajících tekutá embolika byla v ojedinělých případech popsána paréza n. facialis, což může souviset s embolizací petrosní větve MMA. Mezi další klinicky významné komplikace patřila ischemická cévní mozková příhoda, intrakraniální krvácení, disekce tepny a trigeminokardiální reakce. Ovšem celkově se jednalo o vzácné komplikace (ve většině studií do 2 %).

Tyto výsledky podporují zařazení MMAE do standardního multidisciplinárního léčebného algoritmu léčby cSDH (13, 14). Nejrobustnější data jsou k dispozici pro tekutá embolizační činidla na bázi EVOH, kde studie EMBOLISE

Tab. 1. Výsledky prospektivních randomizovaných studií MMAE u cSDH

Table 1. Results of randomized prospective trials of MMA embolization in cSDH

Název studie	Rok publikace	Počet pacientů	Randomizace	Embolizační materiál	Doba sledování	Míra recidivy (standardní léčba + MMAE vs. standardní léčba)	Závažné komplikace
EMBOISE	2024	400	1 : 1	EVOH (Onyx)	90 dní	4,1 % vs. 11,3 %	2,0 %
MAGIC-MT	2024	722	1 : 1	EVOH (Onyx)	90 dní	6,7 % vs. 9,9 %	0,3 %
STEM	2024	310	1 : 1	EVOH (Squid)	6 měsíců	16 % vs. 36 %	3 %
MEMBRANE	2025	376	1 : 1	n-BCA (TRUFILL)	6 měsíců	8,5 % vs. 20,2 %	3 %
EMPROTECT	2025	342	1 : 1	mikročástice (Embosphere 300–500 µm)	6 měsíců	14,8 % vs. 21,0 %	≤ 2 %

a STEM prokázaly statisticky i klinicky významné snížení recidivy (8, 9). Tento efekt je pravděpodobně dán vysokou distální penetrací EVOH činidla.

Použití embolizačních činidel na bázi EVOH je však spojeno s praktickými omezeními. Nutnost proplachu DMSO může vyvolat výraznou bolest nebo trigeminokardiální reflex, proto je výkon často prováděn v celkové anestezii (13). Tyto faktory je nutné zohlednit u polymorbidních a fragilních pacientů. Alternativu k EVOH představují kyanoakrylátová lepidla, především n-BCA (studie MEMBRANE) (10), kdy hlavní předností je možnost provedení výkonu v lokální anestezii. Nevýhodou n-BCA zůstává rychlá polymerizace; u novějšího n-HCA (Magic Glue) s výhodou pomalejší polymerizace jsou v současnosti k dispozici pouze retrospektivní data (15). Naproti tomu jediná dosud publikovaná prospektivní randomizovaná studie hodnotící embolizaci MMA pomocí polyvinylalkoholových částic (EMPROTECT) tento přínos neprokázala. Tyto výsledky je však nutné interpretovat s ohledem na metodologická omezení studie, zejména použití relativně velkých částic (300–500 µm), které mohou vést k nedostatečné distální penetraci a neúplné devaskularizaci patologických membrán, a dále selekci pacientů s vysokým rizikem recidivy

po chirurgické evakuaci, což mohlo vést k významnému selektivnímu zkruslení. Na rozdíl od toho retrospektivní studie ukazují, že MMAE pomocí částic (PVA, TAGM) může dosahovat výsledků srovnatelných s tekutými embolizačními činidly (16, 17).

Recentní metaanalýzy ukazují, že mezi různými materiály nebyl prokazatelný statisticky významný rozdíl v účinnosti (18, 19). Souhrnná analýza dat uvádí srovnatelné recidivy u PVA, n-BCA i EVOH a obdobnou incidenci komplikací (18, 19). Některé další analýzy dokonce ukazují, že účinnost MMAE obecně není samotnou volbou materiálu ovlivněna (18–22).

KLINICKÝ KONSENZUS

Multidisciplinární konsenzus European Association of Neurosurgical Societies/ European Society of Minimally Invasive Neurological Therapy (EANS/ESMINT) doporučuje MMAE jako adjuvantní metodu ke standardní chirurgické léčbě u všech recidivujících cSDH, případně jako samostatnou léčbu v situacích, kdy je chirurgický zákrok nevhodný (13). Aktuální doporučení American Heart Association/Society of Vascular and Interventional Neurology (AHA/SVIN) z roku 2024 dále upřesňují indikační rámec MMAE, kdy je výkon indikován

jako adjuvantní léčba (třída doporučení IIa) po chirurgické evakuaci u pacientů se zvýšeným rizikem recidivy, například u membranózních či septovaných hematomů, zatímco jako samostatná alternativa (třída doporučení IIb) je MMAE vhodná u klinicky stabilních pacientů s vysokým operačním rizikem, u nichž není chirurgie bezprostředně nutná (14). Rozhodnutí o indikaci MMAE by nemělo vycházet pouze z velikosti hematomu, ale z celkové klinické strategie a individuálního rizika pacienta.

ZÁVĚR

Prospektivní randomizované studie (EMBOLISE, STEM, MEMBRANE) potvrdily, že adjuvantní MMAE významně snižuje riziko reoperace a selhání léčby cSDH – v některých studiích je uváděna až trojnásobná redukce rizika recidivy (2, 10, 15). MMAE se tedy stává klíčovým, minimálně invazivním nástrojem, který by měl být integrován do multidisciplinárního algoritmu léčby cSDH (14, 18).

V návaznosti na tato zjištění a s ohledem na omezená prospektivní data u MMAE pomocí částic a kyanoakrylátových lepidel navrhuje zvážit provedení česko-slovenské multicentrické studie s použitím těchto embolizačních činidel. ●

LITERATURA

1. Klus R, Hes K, Sova J, et al. Endovaskulární léčba chronického subdurálního hematomu. *Ces Radiol*. 2023; 77(2): 107–114.
2. Liu J, Ni W, Zuo Q, et al. Middle Meningeal Artery Embolization for Nonacute Subdural Hematoma (MAGIC-MT trial). *N Engl J Med*. 2024; 391: 1901–1912.
3. Zhu X, Cheng J, Yang T, et al. Updates in Chronic Subdural Hematoma: From Epidemiology, Pathogenesis, and Diagnosis to Treatment. *Neurosurgical Subspecialties* 2025; 1(3): 115–124.
4. Henry J, Amoo M, Kissner M, et al. Management of Chronic Subdural Hematoma: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Neurosurgery* 2022; 91(6): 789–805.
5. Cofano F, Pesce A, Vercelli G, et al. Risk of Recurrence of Chronic Subdural Hematomas After Surgery. *Front Neurol*. 2020; 11: 584254.
6. Jeon GJ, Rim HT, Lee HS, et al. Factors for Predicting Recurrence After Burr Hole Drainage for Chronic Subdural Hematoma. *Neurosurg Rev*. 2023; 46: 123–134.
7. Liu LX, Cao XD, Ren YM, et al. Risk Factors for Recurrence of Chronic Subdural Hematoma. *World Neurosurg*. 2019; 122: e1410–e1417.
8. Fiorella D, Monteith SJ, Hanel R, et al. Embolization of the Middle Meningeal Artery for Chronic Subdural Hematoma (STEM). *N Engl J Med*. 2025; 392: 855–864.
9. Davies JM, Knopman J, Mokin M, et al. Adjunctive middle meningeal artery embolization for subdural hematoma (EMBOLISE). *N Engl J Med*. 2024; 391: 1890–1900.
10. Kellner CP, et al. Middle meningeal artery embolization with n-butyl cyanoacrylate: The MEMBRANE study. *Stroke Vasc Interv Neurol*. 2025; 5(6).
11. Shotar E, Mathon B, Salle H, et al. Meningeal embolization for preventing chronic subdural hematoma recurrence (EMPROTECT). *JAMA* 2025; 334(2): 127–135.
12. Koneru M, Thomas AJ, Siddiq F, et al. Chronic Subdural Hematoma Treatment with Embolization Versus Surgery Study (CHESS). *Int J Cerebrovasc Dis Stroke*. 2025; 8(1).
13. Barteck J, Biondi A, Bonhomme V, et al. Multidisciplinary consensus-based statement on the current role of MMAE in cSDH. *Brain Spine* 2024; 4: 104143.
14. Siddiq F, Shakir M, Nguyen TN, et al. Consensus statement on MMAE in cSDH: a guideline from the SVIN. *Stroke Vasc Interv Neurol*. 2025; 5(6).
15. Lehnen NC, Böhnert D, Dracini D, et al. N-hexyl cyanoacrylate (Magic Glue) for MMAE: a retrospective multicenter analysis. *J Neurointerv Surg*. 2025.
16. Sadasivan C, Dashti N, Marfoglio S, Fiorella D. In vitro comparison of MMAE with Squid and PVA particles. *J NeuroIntervent Surg*. 2024; 16: 280–284.
17. Pulappadi VP, et al. Comparison of PVA particles and tris-acryl gelatin microspheres for MMAE in cSDH. *J NeuroIntervent Surg*. 2025.
18. Abdollahifard S, et al. Middle meningeal artery embolization for cSDH: a systematic review and meta-analysis. *Acta Neurochir (Wien)*. 2025; 167(1): 45–56.
19. Elfil M, et al. Embolic agents for MMAE in cSDH: a systematic review and comparative pooled analysis. *Neurosurg Rev*. 2025; 48: 205–215.
20. Safety and efficacy comparison of embolic agents for MMAE: systematic review. *J Neurointerv Surg*. 2025.
21. Liquid embolic agents for MMAE in cSDH: systematic review. *J Clin Neurosci*. 2025.
22. Mortezaei N, et al. Meta-analysis of Middle Meningeal Artery Embolization for Chronic Subdural Hematoma. *J NeuroIntervent Surg*. 2025.