

RADIOLOGISK HÅNDTERING AV CEREBRALE MENINGEOMER SOM TRENGER OPERASJON

En gjennomgang av et 2 års operasjonsmateriale ved Ullevål Universitetssykehus.

-

Vurdering av gjeldende litteratur og anbefalinger på området.

Av: stud.med. Lars Skretting Aurebekk , Universitetet i Oslo

Veileder: Professor dr. med Per Hjalmar Nakstad, Ullevål Sykehus

Innholdsfortegnelse

Abstract.....	Side 3
Innledning og metode.....	Side 4
Resultater.....	Side 5
Tabeller.....	Side 6
Om meningeomer.....	Side 7
Røntgenmodaliteter.....	Side 8
Preoperativ embolisering.....	Side 9
Diskusjon.....	Side 11
Konklusjon.....	side 12
Litteraturliste.....	Side 13

Abstract

Background and purpose: Radiology has an important role before the operation of a patient with a cerebral meningioma. The radiologic management of cerebral meningiomas at Ullevål Sykehus were investigated. We wanted to compare this with guidelines in litterature.

Methods: All patients operated for cerebral meningioma in the years 2003 and 2004 were identified, in total 61 patients, 38 ladies and 23 men. Their radiologic journals were searched through and compared with guidelines for radiological management in litterature. (Pubmed)

Results: Mean age at the operation time was 60.4 years. 49 of the patients had been to CT scan, and 55 had been to MR scan. Mean largest diameter at the time of operation was 4,1 cm (in the 46 patients where the size had been measured.) 17 patients (27.8%) had been to cerebral angiography and 8 (13.1%) patients had gone through a preoperative embolization. Mean largest diameter of these 8 embolized meningiomas were 6,1 cm. The konvexity was the most common location for embolization, with 4 of 8 patients. Also 2 falx and 2 skull base meningiomas where embolized. 10 pasients were operated for second time or more, and the skull base was the most common location for residiv of meningioma, with 6 of 10 operations.

Conclusion: The advant of MR has improved the diagnostic quality of meningiomas dramatically. We should therefore increase the MR frequency, from 90% in our findings, to 100% for optimal preoperative planning. Some controversy exist about the benefit of preoperative embolization. According to the litterature it seems to have most value in locations where blood supply not can be interrupted at the time of surgery. Our material is rather small. But maybe one could be at least more careful in performing cerebral angiography and preoperative embolization to skullbase meningiomas, and perhaps to large konvexity meningiomas. Non-invasive MR/CT angio could possibly replace a few of the cerebral angigraphys done in our material. Anyhow the risk and benefit of preoperative embolization should be waighed carefully in each case, by both the radiologist and the surgeon.

Keywords: meningioma, radiology, embolisation

Innledning

Meningeomer er svulster i hjernebinnen, vanligvis benigne, som er lokalisert enten intracranialt eller spinalt. Cerebrale meningeomer invaderer sjelden hjernen, og gir derfor oftest anledning til kurativ kirurgi. Men resttumorvev og vanskelig beliggenhet kan ofte gi tilbakefall etter operasjon. (1) Radiologiske bildeundersøkelser av hjernen er viktige i forkant av kirurgi på meningeomer for å stille diagnosen samt skaffe preoperativ oversikt. Preoperativ embolisering er utbredt i forkant av operasjon på meningeomer, da det sies å redusere tumors størrelse og blødning under inngrepet.

Hensikten med denne oppgaven er å se hvilke radiologiske undersøkelser og intervensjoner som ble gjort i forkant av operasjon på pasienter med cerebralt meningeom på Ullevål sykehus over en toårsperiode, og deretter sammenlikne dette med anbefalinger i litteraturen.

Jeg ønsker i denne oppgaven å diskutere to hovedtemaer:

1. Hvilke radiologiske undersøkelser gjøres i forhold til anbefalingene på meningeomer?
2. Hvilke lokalisjoner bør ha preoperativ embolisering? Emboliseres det for mye eller lite?

Metode

Våren 2005 ble operasjonsprotokollene på nevrologisk operasjonsstue Ullevål Sykehus gått systematisk igjennom. Operasjoner kodet med diagnosen ”cerebralt meningeom” i perioden januar 2003 til og med desember 2004 ble identifisert og plukket ut. Dette dreide seg til sammen om 61 operasjoner. Deretter ble røntgenjournalene på disse pasientene gjennomgått systematisk. Det ble registrert hvilke radiologiske undersøkelser og prosedyrer i forkant av operasjonen. Det ble særlig registrert hvilke meningeomer som var angiografert og embolisert i forkant av operasjonen. Det ble også registrert hvilke som ble reoperert. Det ble deretter søkt på Pubmed for å finne artikler som omhandlet disse temaene. (se litteraturliste) Søkeordene som ble brukt var ”meningioma, imaging, radiology, embolization, intervention.” Resultatene fra registreringen ble så satt sammen og sammenliknet med anbefalinger i litteraturen.

Resultater

Til sammen 61 elektive operasjoner ble gjort på pasienter med cerebralt meningeom i perioden 2003-2004. 38 av pasientene var damer og 23 var menn. Yngste pasient som ble operert var 26 år og eldste pasient var 84 år gammel. Gjennomsnittlig alder på pasientene ved operasjonstidspunktet var 60.4 år.

Gjennomsnittlig største diameter på de 46 meningeomene der radiologene har målt, er 4,1 cm. Konveksiteten var den lokalisasjonen der det ble operert flest meningeomer med 23 stk. 22 av meningeomene som ble operert var lokalisert til skallebasis, 10 var lokalisert til falx/tentorium og 6 var lokalisert i bakre skallegrup. Det ble ifølge røntgenjournalene gjort CT i forkant av 49 av operasjonene, og MR i forkant av 55 av operasjonene. På 17 (27.8%) av pasientene var det i forkant av operasjonen gjort cerebral angiografi. CT angio ble gjort på kun 2 pasienter, og MR angio hos bare 1 pasient.

Av de 17 pasientene som det ble gjort angiografi på, så var det her 8 stk. der det videre ble gjort preoperativ embolisering av meningeomet. Dette gir en emboliseringsfrekvens på 13.1 % av hele pasientmaterialet. Disse 8 som ble embolisert var alle relativt store med en gjennomsnittlig største diameter på 6,0 cm. Fire av disse emboliseringene ble gjort på konveksitetsmeningeomer, 2 var lokalisert på skallebasis og to var lokalisert til falx. Ingen meningeomer i bakre skallegrup ble embolisert.

10 av operasjonen var meningeomresidiver som nå ble operert minst for andre gang. Skallebasis var hyppigste lokalisasjon for residivmeningeomene da 6 (60%) av dem var lokalisert her. 2 av residivene var i falx, og 2 residiver var i konveksiteten. 2 av residiv meningeomene ble angiografert, begge i skallebasis, men ingen av dem ble preoperativt embolisert.

Tabeller

Tabell I: Lokalisasjon og undersøkelser

	Lokalis.	CT	MR	Angio	CT angio	MR angi	Embolisert
Tent/falx	10	10	10	2	1		2
Konveks	23	19	19	6			4
Basis	22	17	20	8	1	1	2
Bakre sk.	6	3	6	1			
	61	49	55	17	2	1	8

Tabell II Residivlokalisasjon og undersøkelser

	residiv	CT	MR	Angio	CT angio	MR angi	Embolisert
Tent./falx	1	1	1				
konveksitet	2	2	1				
Skallebasis	6	4	6	2			
Bakre sk.	1		1				
	10	6	10	2	0	0	0

Tabell III: Emboliseringslokalisasjon og undersøkelser

	Emboliserte	CT	MR	Angio	CT angio	MR angi
falx	2	2	2	2		
Konveksitet	4	4	4	4		
Skallebasis	2	2	1	2		
	8	8	7	8	0	0

Om meningeomer

Meningeomdefinisjon

Meningeomer oppstår vanligvis fra celler i aracnoidea, og kanskje fra forløperen til meningene, den såkalte meningoblast derivert fra meningoteliale (araknoide) celler.(2) De er oftest festet til dura, og opptrer spesielt i områder med mange araknoide villi. (3)

Forekomst

Meningeomer utgjør mellom 15 og 20% av alle primære interkranielle svulster. Kvinner og eldre mennesker er hyppigere rammet. Høyeste insidens ligger rundt 40 år. Meningeomer er sjeldent hos barn og utgjør bare 1-2% av hjernesvulstene. (1)

Etiologi og patogenese

De fleste meningeomer opptrer spontant. Man har nå gått bort fra teorien om hodetraume som utløsende årsak. (1) Stråleterapi gi økt risiko for dannelse meningeomer, og er direkte relatert til stråledosen. Genetiske sykdommer, spesielt neurofibromatose type 2, kan også være årsak til meningeomer. Viktigheten av kjønns hormoner og deres reseptorer synliggjøres av epidemiologiske data av meningeomene. (13) De er hyppigere hos kvinner, vokser raskere under graviditeten og har blitt linket med brystkreft. (1)

Symptomer

De fleste meningeomer er asymptomatiske, og blir funnet tilfeldig ved radiologisk undersøkelse. (5) Det er ikke noe enkeltfunn eller symptom som alene identifiserer hvilke pasienter som har intracranialt meningeom. (1) Meningeomene vokser vanligvis langsomt og hjernen kan derfor tilpasse seg veksten så lenge de ikke blir for store. De kan gi seg til kjenne ved fokale nevrologiske utfall, hjernenerveutfall, symptomer på forhøyet intrakranielt trykk eller innvekst i dura som inneholder smertefibre.(2) Hodepine og pareser er vist å være de mest vanlige symptomer og funn, og oppstår i henholdsvis 36% og 30% av pasientene (1)

Terapi

Meningeomer er som regel godartede, velavgrensede svulster som vokser langsomt. Ved små svulster som gir lite plager må man derfor overveie om man skal operere. Hos eldre pasienter kan det være riktig å observere med regelmessig CT eller MR-kontroll. Kirurgi er førstevalget for behandling, og vurderes dersom tumorvekst kan forringe eller forkorte pasientens liv. Etter subtotal reseksjon bør man overveie stereotaktisk ekstern bestråling av restsvulst. (15)

Om de ulike røntgenmodalitetene

Vanlig røntgen av hodet er nok ikke så aktuelt lenger. Men lokalt økt bentetthet og tykkelse er vanlige funn i tilknytning til meningeomer hvis det først tas et røntgenbilde. (5) CT undersøkelse er derimot den undersøkelsen som vanligvis først gjøres når en pasient skal utredes på sykehus i dag. Vanlige kjennetegn ved CT på meningeom er at de er velavgrensede, har bradbaset dural feste med økt tetthet i forhold til omliggende hjernevev, som oftest er skjøvet tilsiden av tumor. (5) Kalsifisering er også et vanlig funn ved meningeomer. CT kan gi informasjon om meningeomets størrelse, konsistens, beninvolvering og tilstedeværelse av masseeffekt. Sensitiviteten ved en CT undersøkelse på en meningeomdiagnose skal være mellom 90 og 95%. (21) MR er nå gullstandarden for diagnostisering av meningeomer. Muligheten til å fremstille tumor i flere plan gir en klar fordel i forhold til CT, samtidig som man får mer informasjon om anatomiske omliggende strukturer slik som dura, nerver og vaskulære strukturer. (6) T2 vektete MR bilder gir også mulighet til å si noe om tumors konsistens, med hyperintensitet som indikerer en mykere tumor. (6) Noen ganger er alikelvel ikke MR nok til å skille meningeomer fra sine imitatorer, særlig schwannomer, gliomer og metastaselesjoner. Magnetisk resonsans spektroskopi (MRS) er på prøvestadiet og kan da skille ut sannsynlige meningeomene på tilstedeværelsen av alanin, samt cholin og glutamin. (5,6) Cerebral angiografi gir et typisk bilde på meningeomer, og en fremstilling meningeomets vaskulære struktur som er svært nyttig for intraoperativ guiding. Dobbel blodforsyning er vanlig etter hvert som meningeomet vokser, da det i tillegg til meningeal blodforsyning også blir blodforsyning fra piale årer. (5) Angiografi er beste måten å avgjøre om det kan gjøres preoperativ embolisering. Risikoen for alvorlig komplikasjon ved angiografi hos en tumor pasient er i trenede hender svært liten, men tilstede. (6)

Preoperativ embolisering

Preoperativ embolisering

Meningeomer har typisk en rik blodforsyning, og preoperativ embolisering av meningeomer ble først beskrevet av Menelfe et al i 1973. (12) De siste tiårene har det vært en rask utvikling av mikrokatetere og emboliseringsmateriale til bruk i intervensjonsradiologi. Dette har sammen med økt erfaring, gjort det utbredt å utføre preoperativ embolisering for å gi en lettere reseksjon av tumor.(7) Preoperativ embolisering sies å gjøre meningeomet mindre, mykere og mindre vaskulert, og dermed blir det lettere å manipulere og fjerne tumor ved det kirurgiske inngrepet, samt at det blir mindre blodtap.(6)

Emboliseringsteknikk

Embolisering innebærer devaskularisering av tumors blodforsyning gjennom plassering av tilstoppende materiale via mikrokateter i tilførende arterie, oftest a. meningeae media. Digital subtraksjonsangiografi gir nesten momentan avbildning av blodårer og kateterets posisjon. Når mikrokateteret er kommet i riktig posisjon kan det emboliske materialet innføres. Polyvinylalkoholpartikler og microspheres foretrekkes brukt.(7,8) Emboliseringsteknikken har blitt forbedret ved å gå ned på størrelsen på de injiserte partiklene, noe som gir mer distal kapillær fordeling og tumor nekrose. Etter at mikrokateteret er fjernet, blir det gjort en ny angiografi for å vurdere resultatet.(7)

Komplikasjoner

Fordelen med preoperativ embolisering av meningeomet må veies nøye opp mot risikoen prosedyren innebærer. Nevrologiske komplikasjoner inkluderer ischemi, blødning og skadelig tumor-ødem i etterkant av emboliseringen. Frekvensen på komplikasjoner varierer i forskjellige studier fra 0,5% (11) til 2,5% (6), men en nyere studie av Bendszus et al konkluderte med hele 6.5% nevrologiske komplikasjoner ved bruk av mikropartikler.(12) Man skal være spesielt obs på risiko for blødning ved store og nekrotiske eller cystiske meningeomer.(14) Men i riktig selekterte pasienter og med en erfaren intervensjonsradiolog er risikoen ved embolisering liten.(11)

Hvilke lokalisasjoner har nytte av preoperativ embolisering

Noen artikkelforfattere ser fortjeneste i å preoperativt embolisere både konveksitets og skallebasismeningeomer. Andre ser det mer hensiktsmessig å embolisere på kirurgisk vanskelige lokalisasjoner, særlig skallebasis. (6) En studie av Dean et al har vist at preoperativ embolisering av store konveksitets-meningeomer kunne redusere blodtapetsignifikant i forhold til ikke emboliserte meningeomer, med blodtap på 533 ml vs 836 ml i to matchede grupper. (16,17) Konveksitetsmeningeomer har oftest blodforsyning fra a. meningeo media fra a. carotis externa, og jo nærmere midtlinjen jo større er sjansen for at det er bilateral blodforsyning. Disse konveksitetsmeningeomene har oftest tilstrekkelig økt vaskularisering til å gi fordel av embolisering, i motsetning til skallebasismeningeomer der bare halvparten har det samme.(11) Men Gruber et al finner preoperativ embolisering mest hensiktsmessig for store, vaskulære skallebasismeningeomer med blodforsyning som er vanskelig å kontrollere intraoperativt. (17). Meningeomer i bakre skallegrup kan forsynes med blod fra en rekke arterier, bl.a. grener fra a.vertebralis noe som kan gjøre embolisering vanskelig og risikofyllt. (11) Mcpherson har sammenliknet en gruppe preoperativt emboliserte pasienter med en gruppe ikke-emboliserte. Han fant her at preoperativ embolisering hadde effekt på redusert blødning under operasjon, men uten å tallgi verdiene eller lokalisasjon(20). Bendzus al et har i en studie fra 2000 sammenliknet to grupper meningeomer uavhengig lokalisasjon, der bare den ene gruppen ble embolisert før operasjon. Han fant der ut at preoperativ embolisering *ikke* førte til bedre klinisk resultat eller signifikant reduksjon i blodtap, sammenliknet med kun kirurgi. Embolisering hadde effekt for blodtap bare på pasienter med komplett tumor devaskularisering, dvs over 90%.(20) Også Bendszus er av den oppfatning at skallebasismeningeomer er mer hensiktsmessige å embolisere enn de overflatiske.

Tidsintervall mellom embolisering og operasjon

Tidspunktet for preoperativ embolisering er omdiskutert. Noen tidlige anbefalinger gikk ut på å fjerne meningeomet kirurgisk umiddelbart etter embolisering for å hindre revaskularisering. Men i to nyere kliniske nyere studier anbefales det å avvete etter embolisering før operasjon. Hvis man venter minst 24 timer etter emboliseringen med det kirurgiske inngrepet vil det bli mindre intraoperativt blodtap. (18) En annen studie har vurdert meningeomets konsistens, og funnet ut at optimalt intervall mellom embolisering og operasjon er 5-7 dager, noe som gir størst grad av tumormykning (19)

Diskusjon:

Vårt materiale er relativt lite. Men man kan kanskje tyde trekk likevel. Det virker som fordelene MR bilder gir, utnyttes relativt bra på Ullevål da det er gjort MR hos 90 % av pasientene i forkant av operasjon. Men man burde nok opp på full dekning her på sikt da MR er overlegen mhp. omliggende kritiske strukturer samt informasjon om meningeomets konsistens.(6) Det er gjort cerebral angiografi på 17 av 61 pasienter, dvs. 27.8 % av alle de opererte. Dette kan jo virke som et fornuftig tall, men det er vanskelig å finne noen tilsvarende tall i litteraturen å sammenlikne med. Angiografi er uansett nyttig enten det ender med preoperativt embolisering eller okkludering intraoperativt av nevrokirurg, men det bør jo ikke gjøres unødvendig da det er ressurskrevende og også har en liten risiko. Det er iallefall bra at nesten 50% av angiografiene ble gjort på skallebasismeningeomene. Det er tatt veldig lite CT angio og MR angio med kun 3 pasienter. Dette er jo en ikke-invasiv prosedyre som kunne erstatte noen av cerebrale angiografier der man ikke regner med å embolisere, men vil gi kirurgen oversikt over blodforsyningen. Preoperativ embolisering er gjort i forkant av 8 av 61 operasjoner, dvs. 13.1% av alle opererte. Rodiek et al har til sammenlikning i deres studie en preop. emboliseringsfrekvens på rundt 3 prosent av alle deres opererte meningeomer, mens Gruber et al har i deres materialer en emboliseringsfrekvens på 7.6%. (7,9) Preoperativ embolisering av meningeomer er et omdiskutert tema i litteraturen. (16,20,21) Seks av 8 preoperativt emboliserte pasienter har meningeomet lokalisert til konveksiteten eller falx. Kanskje kunne noen av disse istedet fått okkludert sin blodforsyning i startfasen av det kirurgiske inngrepet. Da vil man slippe den lille risikoen man har ved embolisering, samtidig som man likevel vil redusere blødningen. Men samtidig vil jo preoperativ embolisering gi nekrose og oppmykning av tumor, bedre manipulasjon av lesjonen og mindre traksjon på hjerneparenkymet under operasjonen.(19) I og med at våre emboliserte meningeomene lokalisert til konveksiteten er store, med en største diameter minst 5 cm kan dette absolutt være hensiktsmessig likevel. Med lokalisasjoner her må nevroradiolog og nevrokirurg sammen vurdere om embolisering er hensiktsmessig i hvert enkelt tilfelle. Det kan i litteraturen følge virke som at det nå satses mer på å embolisere skallebasismeningeomer der blodtapet ikke kan kontrolleres peroperativt.(21) Det er gjort angiografi av 8 og videre embolisert kun 2 av skallebasismeningeomene, som det jo til sammen er 22 stk av. Sett i lys av at 6 av 10 residivoperasjoner er i skallebasis, så er det viktig at kirurgen får den beste tilgang til dette vanskelige området. Man skulle nok utført litt flere angiografier og emboliseringer her, men det er samtidig et krevende område å embolisere i.

Konklusjon:

CT scanning, MR bilder og cerebral angiografi kan bli brukt komplementært til å diagnostisere, evaluere og behandle pasienter med meningeomer. CT undersøkelse blir oftest gjort som en første screening ved innleggelse på sykehus. Videre anbefales MR undersøkelse for å kartlegge meningeomets beliggenhet i forhold til kritiske strukturer, samt informasjon om konsistens. MR ble i vårt materiale tatt i forkant av 90% av operasjonene, dette tallet bør nok økes til nær 100% for optimal preoperativ planlegging. Angiografi blir brukt for å bestemme tumors blodforsyning, det er en undersøkelsesfrekvens hos oss på 27.8% av de opererte. Noen av disse kan sannsynligvis erstattes av MR eller CT angio. Når det gjelder preoperativ embolisering har vi en frekvens på 13.1%, noe som er et litt høyere tall enn i andre studier. Det er noe uenighet i litteraturen om preoperativ embolisering, særlig når det gjelder på konveksiteten. (20,21) De utgjør 50% / 75% av de som er embolisert hos oss. Det virker det som om det er en dreining til at man nå anbefaler å la nevrokirurgen får vaskulær kontroll på disse intraoperativt. Et unntak her kan være svært store konveksitetsmeningeomer, noe de som er embolisert hos oss jo må sies å være. Men på skallebasismeningeomer bør det i alle fall tas angiografi. På disse der det er teknisk mulig uten for stor risiko, samt stor blodforsyning, anbefales preoperativ embolisering. Dette for å lette kirurgens oversikt i et område der det er vanskelig å kontrollere blodtapet intraoperativt.

Forslag til enhetlig preoperativ håndtering av pasienter med cerebrale meningeomer

Det anbefales MR undersøkelse av alle meningeompasienter. Videre cerebral angiografi og embolisering hvis mulig på skallebasismeningeomer. Evt. også angiografi og embolisering på konveksitetsmeningeomer der $D > 5\text{cm}$. MR/CT angio på alle andre mer overflatiske lokalisasjoner der kirurgen ønsker oversikt for stoppe blodforsyningen intraoperativt.

Litteratur refs.

Det er egentlig ikke nok å stole på kassuserier mhp. effektiviteten av preoperativ embolisering, uten å ha en skikkelig kontrollgruppe. Men det er vanskelig å lage en bra randomisert, kontrollert studie på embolisering av meningeomer. To av studiene som viser fordel av preoperativ embolisering har begge seleksjonsbias. (16,21) Studien av Bendzus et som er mer pessimistisk mhp. effekt av preoperativ embolisering, har også bias i og med at pasientene ble fulgt opp i forskjellige sentre.(20) Mer forskning trengs altså på dette feltet.

Litteraturliste

1. Andrew H. Kaye et al. Brain Tumors second ed. 2001;723
2. Leif Gjerstad. Nevrokirurgi ;446
3. Awatif I. Al Nafussi. Tumor Diagnosis, second ed. 2005;108
4. Rubin`s pathology 4th ed. 2005;1486
5. Raksin PB. Imaging of meningiomas, Seminars in Neurosurgery 2003;3;193-201
6. Engelhard HH. Meningiomas: Imaging and embolization, Surg Neurol 2001;55;89-101
7. Dowd CF, Halbach VV, Higashida RT. Meningiomas: the role of preoperative angiography and embolization. Neurosurg. Focus 15;2003;10
8. Nakstad PH. Neuroradiologisk embolisering. Tidsskriftet nr 25;1994;114
9. Rodiek SO, Stölzle A. Preoperative Embolization of intracranial meningiomas with embospheres microspheres. Minim Invas Neurosurg 2004;47;299-305
10. Probst EN, Grzyska U, Westphal M, Zeumer H. Preoperative embolization of intracr. meningiomas with a fibrin glue preparation. Am J Neuroradiol 1999;20:1695-1702
11. Vinuela F, Halbach VV, Dion JE. Interventional neuroradiology 1992; 17-24
12. Bendszus M, Monoranu CM, Schutz A, Nolte I. Neurologic complications after particle embolization of intracranial meningiomas. Am J Neuroradiol 26 2005;1413-1419
13. Helseth A. Incidence and survival of intracranial meningioma patients In Norway 1963-1992. Neuroepidemiology 1997;16:53-59
14. Yu CHs, Boet R, Wong GKCP, Lam WWM, Poon WS. Postembolization hemorrhage of a large and necrotic meningioma. Am J Neuroradiol 25:506-508, march 2004
15. Helseth E, Meling T, Lundar T, Scheie D, Skullerud K, Lote K, Unsgård G, Kloster R. Intrakranielle svulster hos voksne. Tidsskriftet nr. 4, 2003;123:456-61
16. Dean BL, Flom RA, Wallace RC, Khayata MH, Obuchowski NA, Hodak JA, Zabramski JM, Spetzler RF. Efficacy of endovascular treatment of meningiomas: evaluation with matched samples. Am J Neuroradiol 1994 Oct;15(9):1675-80
17. Gruber A, Killer M, Mazal P, Bavinzski G, Richling B. Preoperative embolization of intracranial meningiomas: A 17 years single center experience. Minim Invas Neurosurg 2000;43:18-29
18. Chun JY, McDermott MW, Lamborn KR, Wilson CB, Higashida R, Berger MS. Delayed surgical resection reduces intraoperative blood loss for embolized meningiomas. Neurosurgery. 2002 Jun;50(6):1231-5
19. Kai Y, Hamada J, Morioka M, Yano S, Todaka T, Ushio Y. Appropriate interval between embolization and surgery in patients with meningioma. AJNR Am J Neuroradiol. 2002 Jan;23(1):139-42.
20. Bendszus M, Rao G, Burger R, Schaller C, Scheinemann K, Warmuth-Metz M, Hofmann E, Schramm J, Roosen K, Solymosi L. Is there a benefit of preoperative meningioma embolization? Neurosurgery. 2000 Dec;47(6):1306-11; discussion 1311-2.
21. Mcpherson P. The value of pre-operative embolisation of meningioma estimated subjectively and objectively