



**TURUN
YLIOPISTO**

Ventrikulostomia – indikaatiot, laitteisto ja komplikaatiot

Lääketieteellinen tiedekunta
syventävien opintojen kirjallinen työ

Laatija:
Jiina Lehtonen

14.2.2025
Turku

TURUN YLIOPISTO
Lääketieteellinen tiedekunta
Syventävien opintojen kirjallinen työ

Oppiaine: Anestesiologia ja tehohoito

Tekijä: Jiina Lehtonen

Otsikko: Ventrikulostomia – indikaatiot, laitteisto ja komplikaatiot

Ohjaaja: Dos. Riikka Takala

Sivumäärä: 21 s, 1 liites

Päivämäärä: 14.2.2025

Ventrikulostomian laitto on neurokirurginen toimenpide, jossa ulkoinen katetri asennetaan porareiästä aivojen lateraaliventrikkeliin. Katetrin avulla voidaan mitata kallonsisäistä painetta, dreenerata likvoria ja ottaa likvorinäytteitä. Toimenpide on yleinen neurotehohoidossa olevilla potilailla. Potilaat ovat tyypillisesti hoidossa traumaattisen aivovaurion, aivoverenvuodon, aivoinfarktin tai keskushermostoinfektion vuoksi. Ventrikulostomian yleisin käyttöindikaatio on akuutin oireisen hydrokefaluksen hoito. Hydrokefalus kehittyy, kun likvorikierto häiriintyy joko obstruktion tai absorptiohäiriön vuoksi. Seurauksena voi olla merkittävä kallonsisäisen paineen nousu, mikä voi pahimmillaan johtaa potilaan kuolemaan.

Huolimatta yleisyydestään, laitteiston asennukseen ja käyttöön ei ole olemassa vakiintuneita suosituksia. Komplikaatioluvut eroavat merkittävästi eri lähteistä tarkasteltuna. Tähän vaikuttaa muun muassa se, ettei komplikaatioiden, kuten katetrin asennukseen liittyvien infektioiden, diagnosoimiseen ole yhtäläisiä ja vakiintuneita kriteerejä.

Tässä opinnäytetyönä tehdyssä syventävien opintojen kirjallisuuskatsauksessa käsittelen ventrikulostomian käyttöindikaatioita, laitteiston toimintaa sekä yleisimpiä komplikaatioita. Aluksi käsittelen kallonsisäisen paineen ja aivojen autoregulaation fysiologiaa. Lisäksi kerron likvorikierrosta, sen häiriöistä sekä neuroanomiasta soveltuvin osin. Lopuksi kerron toimenpiteen suorittamisesta, laitteiston käyttöön liittyvistä huomioista sekä merkittävimmistä komplikaatioista. Aineistona on käytetty Pubmed- ja Web of Science – tietokannoista löytyviä artikkeleita sekä aiheeseen liittyviä oppikirjoja soveltuvin osin.

Avainsanat: ventrikulostomia, kohonnut kallonsisäinen paine, likvorikierto, hydrokefalus, ventrikuliitti



Sisällysluettelo

1	JOHDANTO.....	4
2	KALLONSISÄINEN PAINE	5
3	AIVOKAMMIOT JA LIKVORIKIERTO	7
3.1	LIKVORIN MUODOSTUMINEN	7
3.2	LIKVORIKIERTO	8
3.3	LIKVORIKIERRON HÄIRIÖT	8
3.3.1	<i>Obstruktiivinen hydrokefalus</i>	<i>8</i>
3.3.2	<i>Non-obstruktiivinen hydrokefalus.....</i>	<i>9</i>
3.3.3	<i>Normaalipaineinen hydrokefalus.....</i>	<i>9</i>
4	VENTRIKULOSTOMIA	10
4.1	LAITTEISTO	10
4.2	KÄYTTÖINDIKAATIOT	13
4.2.1	<i>Kallonsisäisen paineen monitorointi</i>	<i>13</i>
4.2.2	<i>Likvorin dreneeraus.....</i>	<i>13</i>
4.2.3	<i>Intraventriculaarinen reitti</i>	<i>14</i>
4.2.4	<i>Kontraindikaatiot.....</i>	<i>14</i>
4.3	KOMPLIKAATIOT	14
4.3.1	<i>Toimenpiteeseen liittyvät infektiot</i>	<i>15</i>
4.3.2	<i>Verenvuoto.....</i>	<i>17</i>
4.3.3	<i>Likvorin ylidreneeraus</i>	<i>17</i>
5	YHTEENVETO	18
	LÄHTEET	19
	LIITTEET.....	22

1 Johdanto

Ventrikulostomian laitto on neurokirurginen toimenpide, jossa aivojen lateraaliventrikkeliin vietään kallonavauksesta ulkoinen katetri. Katetrin ja siihen liitetyn keräysvälineistön ja mitta-asteikon avulla on mahdollista mitata kallonsisäistä painetta, dreneerata likvoria, ottaa likvorinäytteitä sekä annostella antibiootteja suoraan keskushermostoon. Akuutti oireinen hydrokefalus on ventrikulostomian yleisin käyttöindikaatio. (5) Neurotehohoidossa ventrikulostomia on osana monen potilaan hoitoa. Tyypillisesti potilaat ovat hoidossa traumaattisen aivovaurion, aivoverenvuodon, aivoinfarktin, keskushermosto- tai suttinfektion vuoksi. Mikä tahansa edellä mainituista tiloista voi aiheuttaa häiriön potilaan likvorikiertoon joko tukkimalla likvorin kulkureitin tai estämällä sen takaisinimeytymisen.

Likvorikierron häiriöissä likvorin määrä aivokammioissa lisääntyy, mikä johtaa kallonsisäisen paineen nousuun. Kohonnut paine pyrkii purkautumaan pienimmän vastuksen suuntaan, jolloin aivoparenkyymissä nähdään siirtymiä tai mahdollinen hernioituminen luukanaviin. (1) Kohonnut kallonsisäinen paine uhkaa myös aivojen verenkiertoa vähentämällä aivojen perfuusiopainetta. (12) Nopeasti kohonnut kallonsisäinen paine on potilaan henkeä uhkaava tilanne ja vaatii aina päivystystoimenpiteitä.

Ventrikulostomian yleisimpiä komplikaatioita ovat katetrin tukkeumat, katetrin väärä sijainti, verenvuoto katetrin kulkureitillä sekä aivokammion tulehdus eli ventrikuliitti. (11) Näistä jälkimmäistä voidaan pitää komplikaatioista merkittävimpänä. Ventrikuliitin on todettu lisäävän potilaiden sairastavuutta ja kuolleisuutta, pidentävän hoitojaksoja ja lisäävän potilaan sairaanhoitokustannuksia. Ventrikuliitin diagnosoiminen on osoittautunut haastavaksi. Diagnosoimisen haasteet saattavat viivästyttää antimikrobihoidon aloitusta ja toisaalta lisätä myös turhaa antimikrobilääkkeiden käyttöä. (20)

2 Kallonsisäinen paine

Aivot sijaitsevat luisessa kallo-ontelossa, jossa on useita luukanavia. Kallo-ontelon tilavuus on noin 1700 cm³ ja sen voidaan olettaa koostuvan kolmesta komponentista. Aivokudoksen osuus tilavuudesta on noin 1400 cm³, veritilavuuden osuus noin 150 cm³ ja likvorin osuus noin 100 cm³. (1) Luinen kallo ei jousta, joten sen tilavuutta voidaan pitää vakiona. Monro-Kellien hypoteesin mukaan yhden komponentin tilavuuden kasvaessa on toisen tai molempien pienennyttävä samassa suhteessa. (12) Jos näin ei tapahdu, kallonsisäinen paine (engl. intracranial pressure, ICP) kohoaa.

Aivot saavat verenkiertonsa oikean ja vasemman sisemmän kaulavaltimon (arteria carotis interna) sekä oikean ja vasemman nikamavaltimon (arteria vertebralis) kautta. Laskimopaluu tapahtuu aivolaskimoiden kautta laskimosinuksiin ja edelleen kaulalaskimoihin. Aivojen verenvirtaus (engl. cerebral blood flow, CBF) on keskimäärin 700 ml/min, joka vastaa noin 15% sydämen minuuttitilavuudesta. (12) Aivot ovat riippuvaisia glukoosin oksidatiivisesta metaboliasta ja näin ollen sietävät huonosti hypoksiaa sekä hypoglykemiaa. Tämän vuoksi aivojen verenkierron ja aivoverenvirtauksen tulee olla tehokasta ja pysyä stabiilina huolimatta systeemisen verenpaineen vaihtelusta. Verenpaineen laskiessa arteriolit laajenevat, jolloin virtausvastus vähenee. Verenpaineen noustessa arteriolien supistuminen suojaa aivokudosta korkean paineen vaikutuksilta. Tätä ilmiötä kutsutaan aivojen autoregulaatioksi. (12) Keskeistä aivojen verenkierron kannalta on riittävä perfuusiopaine (engl. cerebral perfusion pressure, CPP). Perfuusiopaine voidaan laskea keskiverenpaineen (mean arterial pressure, MAP) ja ICP:n erotuksesta $CPP = MAP - ICP$. CPP on normaalisti yli 70 mmHg. (12)

Makuulla mitattuna ICP on aikuisella normaalisti alle 10 mmHg. (1) ICP kohoaa, jos jonkin kallonsisäisten komponenttien tilavuus kasvaa yli muiden kompensointikyvyn. Yli 20 mmHg suuruista painetta pidetään vaarallisena. (1) Kohonnut paine pyrkii purkautumaan pienimmän vastuksen suuntaan. Aivokudoksessa voidaan aluksi nähdä keskilinjasiirtymä, sillä aivohemisfäärien välissä oleva kovakalvon muodostama aivosirppi (falx) joustaa hieman. Paineen edelleen noustessa aivokudos työntyy falxin alle, jolloin puhutaan falxin alaisesta herniaatiosta. Prosessin jatkuessa aivokudos työntyy alaspäin aivoteltan (tentorium) muodostaman aukon läpi. Tentoriumherniaatioissa aivorunko ja n. oculomotorius puristuvat, jolloin potilaan tajunnan taso tyyppillisesti laskee. Oculomotoriuspareesissa potilaan pupilli on

laaja ja valojäykkä sekä silmä karsastaa alas-ulos-suuntaan. Jos tentoriumherniaatioon ei reagoida tarpeeksi nopeasti voi seurauksena olla foramen magnum-herniaatio ja potilaan kuolema. (1) Uhkaavassa herniaatiotilanteessa autonominen hermosto pyrkii reagoimaan kriittisesti koholla olevaan paineeseen. Potilaalla voidaan nähdä Cushingin oiretriadi, johon lukeutuu hypertensio, bradykardia sekä epäsäännöllinen hengitys. (19)

3 Aivokammiot ja likvorikierto

Aivokammiojärjestelmä koostuu neljästä aivokammioista eli ventrikkelistä.

Lateraaliventrikkelit sijaitsevat kummassakin aivohemisfäärissä. Ne ovat kooltaan suurimmat ja ne voidaan jakaa anatomisesti neljään osaan: etusarvi, runko-osa, takasarvi ja alasarvi.

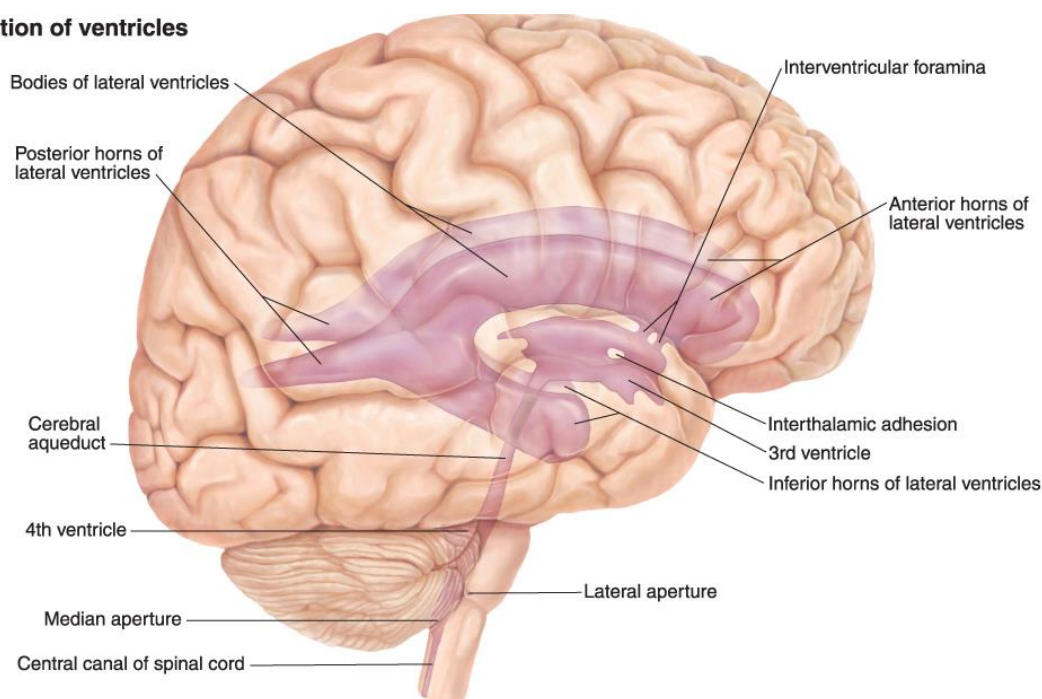
Lateraaliventrikkelit yhdistyvät foramen Monron kautta kolmanneksi aivokammioiksi, joka sijaitsee talamuksen ja hypotalamuksen välissä. Se yhdistyy aivonesteviemäriin (engl.

aquaeductus cerebri) välityksellä neljänteen aivokammioon, joka sijaitsee pikkuaivojen

työssä. Neljäs aivokammio yhdistyy subaraknoidaalitilaan kolmen aukon kautta, joita on

yksi keskiviivassa (foramen Magendie) ja kaksi sivupoukamissa (foramen Luschkae). (1, 3)

A. Location of ventricles



Aivokammiojärjestelmä (liite 1)

3.1 Likvorin muodostuminen

Aivokammioita verhoavaa epiteeliä kutsutaan endyymiksi. Osa aivovaltimoiden haaroista työntyy endyymin alle muodostaen suonipunoksen, eli koroidaalipleksuksen (engl. plexus Chorioideus). (1) Sen sijaintipaikat ovat lateraaliventrikkeleiden runko-osassa ja alasarvessa, foramen Monrossa, kolmannen ventrikkelin katossa ja neljännen ventrikkelin katon takaosassa. (3) Se koostuu villuksista, joita päällystää koroidaalinen epiteeli. Villuksen ydin sisältää runsaasti fenestroituneita kapillaareja, joita ympäröi sidekudosstrooma.

Koroidaalipleksus saa verenkiertonsa anterioristen ja posterioristen koroidaalivaltimoiden sekä alempien pikkuaivovaltimoiden kautta. (4) Likvori muodostuu seerumin suodattuessa koroidaalipleksuksen kapillaareista endyymien läpi ventrikkeleihin. (1) Suodatuksessa seerumin koostumusta muokataan diffuusion ja aktiivisen kuljetuksen avulla. (2) 60% likvorista muodostuu ventrikkeleissä, josta puolet muodostuu koroidaalipleksusten kautta. Likvorin suodatusnopeus on noin 0,35 ml/min ja sitä tuotetaan noin 500 ml/vrk. Aikuisen keskimääräinen likvorin kertatilavuus on noin 140 ml, josta suurin osa on sijoittuneena subaraknoidaalitilaan. Ventrikkeleissä sijaitsevan likvorin määrä on noin 30 ml. Likvori vaihtuu 4-5 kertaa vuorokauden aikana. (2)

3.2 Likvorikierto

Likvori virtaa lateraaliventrikkeleistä foramen Monron kautta kolmanteen aivokammioon, josta se jatkaa aivonesteviemäriä kautta edelleen neljanteen aivokammioon. Neljännestä aivokammioista likvori kulkeutuu subaraknoidaalitilaan foramen Magendien ja foramen Luschkaen kautta. Aivoverenkierron pulssi liikuttaa likvoria eteenpäin. (1) Likvorin imeytyminen laskimosiin tapahtuu pääosin araknoidean granulaatioiden kautta. Laskimosinusten ja kallonsisäisen paineen välinen gradientti edistää takaisinimeytymistä granulaatioissa. (1) Muita imeytymispaikkoja ovat leptomeningeaaliset verisuonet, aivokammioita verhoava endyymi sekä aivo- että selkäydinhermojen hermotupet. (2)

3.3 Likvorikierron häiriöt

Likvorikierron häiriöissä likvorin kulku tai imeytyminen on estynyt. Tämä johtaa likvorin kertymiseen, aivokammioiden laajenemiseen ja kallonsisäisen paineen nousuun. Oireiden ilmaantumiseen ja etenemiseen vaikuttaa se missä ajassa ICP on noussut. (1) Tyypillisiä likvorikierron häiriön oireita ovat päänsärky ja oksentelu sekä erilaiset näköön liittyvät oireet. Parinaudin syndrooma on näköoireiden kokonaisuus, joka johtuu keskiaivojen rostraalisen osan komprimoitumisesta ylemmän nelikukkulan (eng. superior colliculus) tasolla. Taustalla voi olla useampi eri etiologia mutta oirekuva tavataan etenkin likvorikierron häiriöissä. Parinaudin syndroomassa potilas ei pysty suuntaamaan katsettaan ylöspäin, potilaalla on konvergenssi-retraktio-nystagmus ja pupillien hyporefleksia. (24)

3.3.1 Obstruktiivinen hydrokefalus

Obstruktiivisessa hydrokefaluksessa virtauseste estää likvorin normaalin virtauksen, jolloin ventrikkelit laajenevat esteen proksimaalipuolella. (1) Tyypillisiä paikkoja ovat

aivokammiojärjestelmän kapeat aukot ventrikkeliin välillä sekä likvorin ulosvirtauskanavat.

(1) Likvorin kulku voi estyä, jos aivokammiojärjestelmään kohdistuu kompressiota joko suoraan tai prosessin aiheuttaman ödeeman kautta. Tällaisia prosesseja ovat esimerkiksi erilaiset kasvaimet, vuodot sekä infarktit. Märkäinen meningiitti tai lukinkalvon alainen verenvuoto (eng. subarachnoid hemorrhage, SAV) voivat aiheuttaa kiinnikkeitä tai tukkia likvorin kulkureitit kokonaan. (1)

3.3.2 Non-obstruktiivinen hydrokefalus

Non-obstruktiivisessa hydrokefaluksessa likvorin kulku aivokammioiden ja subaraknoidaalitilan välillä tapahtuu normaalisti. Este on tällöin aivojen ulkopuolella tai likvorin takaisinimeytyminen araknoidean granulaatioiden kautta on estynyt. Tyypillisiä aiheuttajia ovat fibriinikertymät lukinkalvonalaisen verenvuodon seurauksena tai meningiitin aiheuttaman kiinnikkeet. Sinustromboosi tai vaikea sydämen vajaatoiminta voivat estää normaalin laskimopaluun, jolloin likvorin imeytyminen laskimosinuksiin estyy. (1)

Harvinaisissa tapauksissa non-obstruktiivinen hydrokefalus on seurausta likvorin ylituotannosta. Tällöin taustalla voi olla koroidaalipleksuksen papillooma tai karsinoma. (6)

3.3.3 Normaalipaineinen hydrokefalus

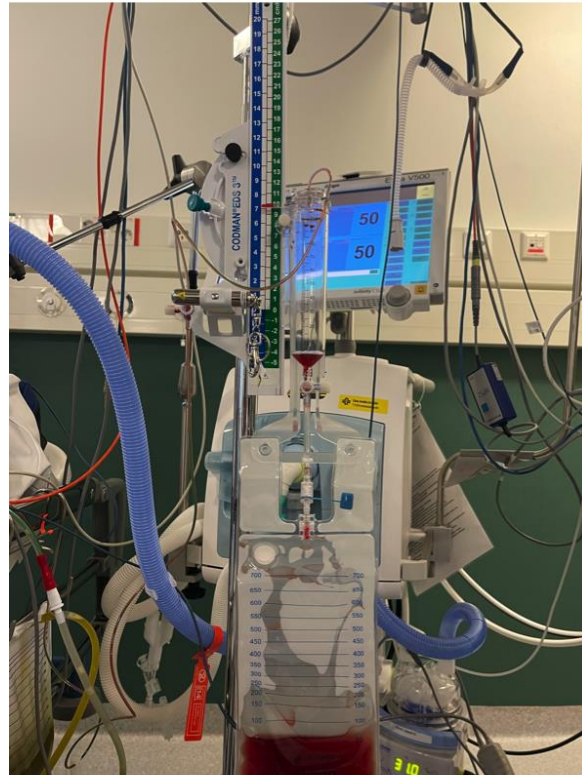
Normaalipaineisella hydrokefaluksella tarkoitetaan tilaa, jossa ventrikkelit ovat laajentuneet, mutta potilaalla ei ole kallonsisäisen paineen noususta johtuvia oireita. Kallonsisäinen paine on vain ajoittain koholla eikä kasva yhtä suureksi kuin edellä mainituissa tiloissa. (6) Tilaa tavataan lähinnä vanhuksilla. Siihen kuuluu tyypillinen oiretriadi (Hakims-Adams triad), johon lukeutuu kävelyn vaikeutuminen, virtsainkontinenssi sekä kognition heikentyminen. (6)

4 Ventrikulostomia

Ventrikulostomian laitto (engl. external ventricular drain, EVD) on neurokirurginen toimenpide, jossa ulkoinen katetri asetetaan kallon avauksesta kovakalvon ja aivoparenkyymin läpi aivojen lateraaliventrikkeliin. (5) Toimenpiteen aikana potilas makaa selällään pääpuoli kohotettuna. Trepanaatiokohta voidaan määrittää anatomisia maamerkkejä hyödyntäen piirtämällä 10 cm pituinen viiva keskilinjaa pitkin glabellasta posteriorisesti, jonka jälkeen edetään 2.5 cm keskiviivasta lateralisuuntaan. Määritettyä aluetta kutsutaan Kocherin pisteeksi. (5) Nykyisin käytetään myös lisääntyvässä määrin erilaisia neuronavigaatioon perustuvia laitteita, joilla katetrin vieminen oikealle paikalle on todennäköisempää. (10) Katetri viedään sisäänviejällä aivokammioon noin 6,5-7,0 cm pituudelta. Tavoitteena on saada katetri sijoitetuksi lateraaliventrikkelissä sijaitsevaan foramen Monroon. Katetri tunneloidaan ihoon sen paikallaan pysymisen varmistamiseksi. Lopuksi katetri liitetään keräysvälineistöön. (5)

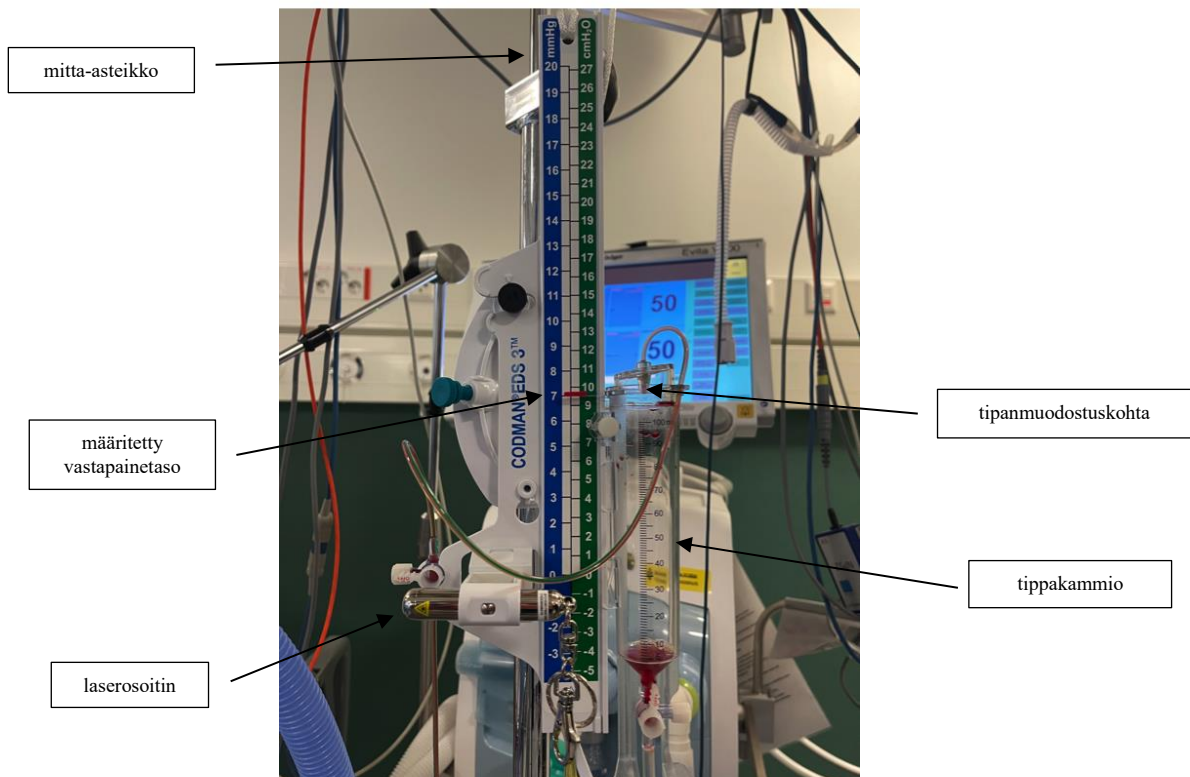
4.1 Laitteisto

Laitteisto koostuu ventrikkeliin viedystä katetrista sekä siihen liitetystä keräysvälineistöstä ja mitta-asteikosta. Potilaan lateraaliventrikkeliin viety katetri liitetään keräysvälineistöön, joka on kiinnitetty potilassängyn vierelle tippatelineeseen. Ennen välineistön kytkemistä, keräysletkusto tulee täyttää steriilillä NaCl-liuoksella, jotta letkustoon ei synny ilmalukkoa eikä letkustosta siirry ilmaa ventrikkeliin. (19)



Keräysvälineistö

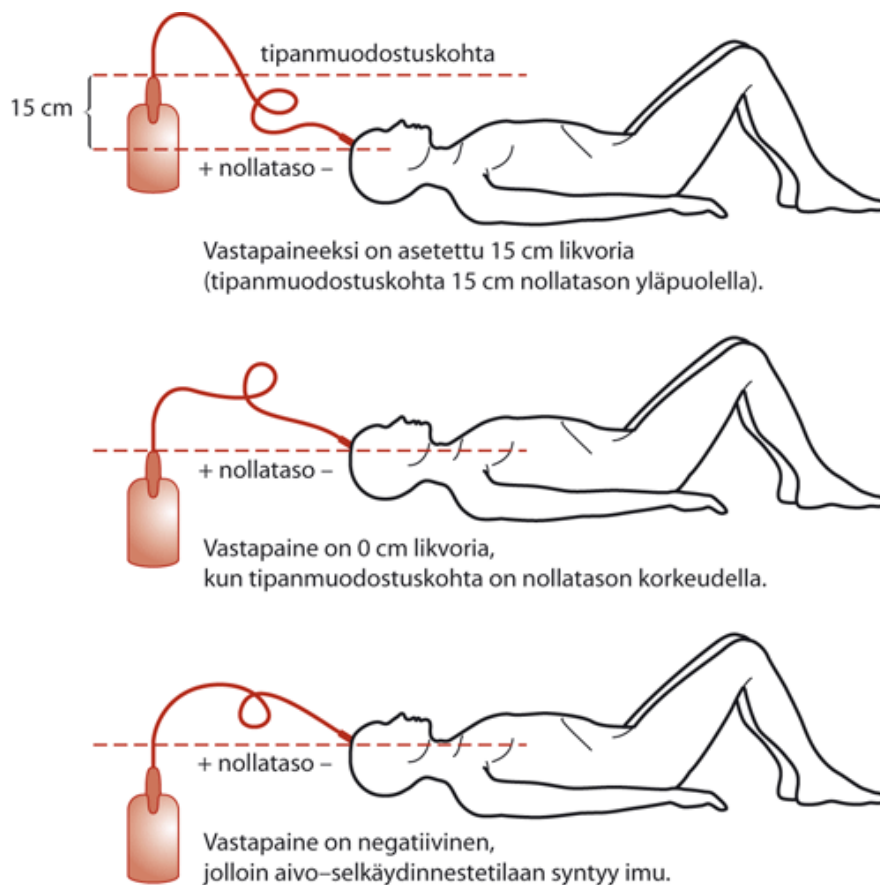
©J. Lehtonen 2024



Mitta-asteikko ja vastapainetaso

©J. Lehtonen 2024

Mitta-asteikossa on tyypillisesti kaksi erilaista asteikkoa, johon on kirjattu vesisenttimetrit (cmH₂O) ja elohopeamillimetrit (mmHg) rinnakkain. Mitta-asteikon yhteydessä on laserosoitin ja vatupassi, joiden avulla määritetään laitteiston nollataso. Nolлатaso määritetään aina potilaan korvakäytävän tasolle ja se tulee tarkistaa säännöllisesti sekä aina asennonvaihdon yhteydessä. (19) Keräysletkuston tipanmuodostuskohta säädetään halutulle vastapainetasolle. Vastapainetaso tarkoittaa sitä ICP:n elohopeamillimetri- tai vesisenttilukemaa, jonka likvorissa olevan paineen tulee ylittää, jotta likvoria virtaisi keräysvälineistöön. (18) Vastapaine on nolлатason ja letkuston tipanmuodostuskohtan välinen etäisyys (cm). Vastapaine ei saa koskaan olla negatiivinen. Tällöin ventrikkeliin kohdistuu imu, mikä voi johtaa likvorin ylidreneeraukseen, siltalaskimoiden repeämiseen ja kovakalvonlaiseen verenvuotoon. (18, 19) Vastapaineen ei tule olla myöskään liian korkea, koska silloin likvoria ei dreneeraudu riittävästi ja ICP kohoaa. (19) Dreneeratun likvorin määrää ja laatua tulee seurata säännöllisesti.



Vastapaineen määrittäminen (liite 2)

4.2 Käyttöindikaatiot

Ventrikulostomian käyttöindikaatiot voidaan karkeasti jaotella kolmeen eri kategoriaan: 1) kallonsisäisen paineen monitorointi, 2) likvorin dreneeraus ja 3) intraventrikulaarisen reitin käyttö joko lääkkeiden annosteluun tai näytteiden ottoa varten. (5) Akuutti oireinen hydrokefalus on ventrikulostomian yleisin käyttöindikaatio. Hydrokefaluksen taustalla voi olla aivoverenvuoto, keskushermostoinfektio, aivokasvain tai aiemmin asetetun shuntin toimintahäiriö. (7, 11)

4.2.1 Kallonsisäisen paineen monitorointi

ICP:ta voidaan mitata aivoparenkyymin asetettavalla paineanturilla tai EVD:n avulla. Jälkimmäinen tarjoaa vaihtoehdon myös kohonneen ICP:n hoitoon. Käytännössä molemmat menetelmät ovat yhtä tarkkoja. (19) Aivovaurion tyyppi, aivojen turvotus ja paikalliset käytänteet vaikuttavat menetelmän valintaan. (14) Molemmat mittaustavat ovat invasiivisia ja niihin liittyy infektioriski.

ICP-mittaukseen tulee aina liittää aivojen perfuusiopaineen mittausta (CPP), joka saadaan keskiverenpaineen (MAP) ja ICP:n erotuksesta. (14) Erilaisten ohjelmistojen avulla voidaan yhdistää ICP:n ja valtimopaineen mittausta ja laskea paine-reaktiivisuusindeksi (engl. pulse reactivity index, PRx), mikä kuvastaa systeemiverenpaineen muutosten vaikutusta ICP:hen. PRx kertoo aivojen autoregulaation toiminnasta. (19)

4.2.2 Likvorin dreneeraus

Ventrikulostomian avulla on mahdollista dreneerata likvoria ja siten laskea kallonsisäistä painetta. Potentiaalisesti tämä on potilaan hengen pelastava toimenpide, jolla estetään liiallisen paineen nousun aiheuttamat aivovauriot. Ventrikulostomiaa voidaan hyödyntää myös tilanteissa, joissa ventrikkeleihin on kertynyt verta tai muuta proteiinipitoista materiaalia esimerkiksi lukinkalvonalaisen verenvuodon seurauksena. Tyhjentämällä ventrikkeli tällaisesta materiaalista, estetään araknoidean granulaatioiden tukkeutuminen, jolloin likvorin takaisin imeytyminen tapahtuu normaalisti ja hydrokefalusta ei kehity. (5)

4.2.3 Intraventrikulaarinen reitti

Dreeni ja keräysvälineistö mahdollistaa likvorinäytteiden oton helposti. Lisäksi ventrikulostomiakatetri mahdollistaa lääkeaineiden annostelun suoraan intraventrikulaaritilaan. Tämä voi olla hyödyllistä esimerkiksi tiettyjen antibioottien käytössä. Annostelemalla lääkeaine suoraan intraventrikulaaritilaan saadaan veri-aivoeste (engl. blood-brain barrier) ja veri-likvorieste (engl. blood-CSF) ohitettua sekä saavutetaan suurempi likvorin lääkeainepitoisuus kuin suonensisäisellä lääkityksellä yksinään. (13)

Intraventrikulaarinen reitti on harvoin yksinään indikaatio ventrikulostooman asettamiselle, mutta sitä voidaan hyödyntää osana muuta hoitoa. (5)

4.2.4 Kontraindikaatiot

Kontraindikaatiot EVD:n asettamiselle ovat koagulopatia ja katetrin sisäänvientialueen infektio. Lisäksi kasvaimet voivat estää katetrin asennuksen, mikäli ne sijaitsevat katetrin kulkureitillä. (5, 17) Society for Neuroscience in Anesthesiology and Critical Care (SNACC) suosittelee arvioimaan potilaan veren hyytymistä ennen katetrin asennusta sekä sen poiston yhteydessä. Koagulopatiat on pyrittävä diagnosoimaan ja korjaamaan molemmissa tilanteissa. (17)

4.3 Komplikaatiot

Huolimatta toimenpiteen yleisyydestä, EVD:n asentamiseen ja hoitoon ei ole olemassa vakiintuneita suosituksia. (7) Korkealaatuinen näyttö tiettyjen hoitokäytäntöjen tueksi puuttuu ja niiden laatimista vaikeuttaa myös se, ettei vakiintuneita, yhtäläisiä kriteereitä esimerkiksi ventrikulostomiaan liittyvän infektion diagnosoimiseen ole. (7) Komplikaatioiden esiintyvyys eroaakin merkittävästi eri lähteistä tarkasteltuna.

Laitteiston tukkeuma on ventrikulostomian tavallisimpia komplikaatioita. Tukkeuman todennäköisyyden on huomattu lisääntyvän, mikäli likvoria dreenerataan jatkuvalla tavalla. (11) Muita tyypillisiä komplikaatioita ovat verenvuoto ja katetrin väärä sijainti. Merkittävimpänä komplikaationa voidaan kuitenkin pitää alueen infektiota, joka kehittyessään lisää potilaiden sairastuvuutta ja kuolleisuutta, pitkittää hoitajaksoja ja lisää potilaiden sairaanhoitokustannuksia. (15)

4.3.1 Toimenpiteeseen liittyvät infektiot

Aivokammion tulehdus eli ventrikuliitti on ventrikulostomian merkittävin komplikaatio. (16, 20) Sen ilmaantuvuus on 11 per 1000 katetrin käyttöpäivää (95% CI 8-13) ja 9-20% potilaista kehittää katetriin liittyvän infektion. (20) Ventrikuliitin diagnosointi on osoittautunut haastavaksi. SAV-potilailla likvorin sekaan on sekoittunut verta, jolloin infektiolle tyypilliset löydökset likvorin koostumuksessa hämärtyvät. Tila, jonka vuoksi potilas on ventrikulostomian tarpeessa voi peittää alleen infektion aikaansaamat kliiniset löydökset. Myös neurokirurgiset toimenpiteet itsessään voivat aiheuttaa steriilin tulehdusreaktion, jonka oirekuva on samankaltainen kuin infektiossa. Diagnoimisen haasteet voivat viivästyttää antimikrobihoidon aloitusta ja toisaalta lisätä myös turhaa antimikrobilääkkeiden käyttöä. (20)

Infektiota epäiltäessä dreenistä otetaan likvorinäyte, josta tutkitaan bakteeriviljely, gram-värijäys, leukosyyttien määrä ja erilaistuminen sekä glukoosi- ja proteiinipitoisuudet. (20) Dorresteijn et al. (2019) ovat tuottaneet meta-analyysin, jossa tutkittiin eri kliinisten löydösten ja laboratoriomarkkereiden diagnostista tarkkuutta ventrikuliitin todentamisessa. Meta-analyysi sisälsi 42 tutkimusta vuosilta 1984-2018 ja 3035 potilasta, joille oltiin tehty ventrikulostomia ja joista 697 (23%) kehitti ventrikuliitin. Meta-analyysin perusteella, mikään yksittäinen likvori- veri- tai mikrobiologinen löydös ei pysty erottamaan ventrikuliittiä steriilistä tulehduksesta ventrikulostooman saaneilla potilailla. (20) Diagnostiikan haasteet ovat lisänneet tutkimusta erilaisten biomarkkereiden hyödyntämisestä diagnostiikan tukena. Likvorin laktaattipitoisuudella on raportoitu olevan 86% sensitiivisyys ja spesifisyys ventrikuliitin toteamisessa, kun poikkeavana raja-arvona pidettiin > 4.15 mmol/l pitoisuutta. (16) Bakteerimeningiittia sairastavien potilaiden likvorissa on havaittu lukuisia sytokiineja kuten interleukiini-6 (IL6), interleukiini-8 (IL8), interleukiini-1-beta (IL1b) ja tuumorinekroositekijä alfa (TNF α). Erityisesti interleukiini-1-beta:lla näyttäisi olevan korkea sensitiivisyys ja spesifisyys aseptisen ja bakteerimeningiitin erottamisessa. (16) Kuitenkaan yhtäkään edellä mainituista sytokiineista ei ole spesifisesti tutkittu juuri ventrikuliitin diagnosoinnissa EVD:n saaneilla potilailla. (16) Tutkimusten laajempaa käyttöä rajoittavat myös niiden korkea hinta ja heikko saatavuus.

Infektioon johtava kontaminaatio tapahtuu usein toimenpiteen tai dreenin käsittelyn yhteydessä. Steriliteetin puuteellisuus, ei-tunneloidun katetrin käyttö, intraventrikulaarinen verenvuoto, useat kaetetrin manipulaatiot ja katetrin pidentynyt käyttöaika ovat riskitekijöitä

infektion kehittymiselle. (17) Tyypillisimmät aiheuttajapatogeenit ovat iholla tavattavat koagulaasinegatiiviset stafylokokit, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, akineto- ja klebsiellabakteerit. Monet edellä mainituista bakteereista kykenevät muodostamaan biofilmin katetrin pinalle. (20) Antibioottipäällysteiset katetrit estävät tehokkaasti bakteerikolonisaatiota ja siten vähentävät katetri-infektioiden määrää. Ventrikulostomiakatetrit ovat nykyisin antibioottipäällysteisiä, koska niiden on osoitettu vähentävän ventrikuliitin kehittymisen riskiä. (22, 23)

Preoperatiivisesti annostellulla systeemisellä antibiootilla on myös todettu olevan näyttöä ventrikuliitin ehkäisyssä. Pitkittyneen systeemisen antibiootihoidon hyödystä ei kuitenkaan ole yhtä selkeää näyttöä. (16, 21) Murphy et al. (2015) tuottamassa retrospektiivisessä kohorttitutkimuksessa tarkasteltiin pidennetyn (> 24 tuntia kestävä) systeemisesti annostellun antibiootihoidon tehoa ventrikuliitin ehkäisyssä potilaille, joille oltiin asennettu antibioottipäällysteinen ventrikulostomiakatetri. Tutkimuksessa tarkasteltiin kahta eri ajanjaksoa vuosien 2009 – 2013 välillä. Ajanjaksolla 1 potilaille annosteltiin systeemistä antibioottia katetrin poistoon asti. Ajanjaksolla 2 potilaille annosteltiin systeemistä antibioottia perioperatiivisesti korkeintaan 24 tunnin ajan. Ventrikuliitin esiintyvyydessä ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa ajanjaksojen välillä (ajanjaksolla 1 1.35 tapausta per 1000 katetrin käyttöpäivää vrt. ajanjaksolla 2 0.54 tapausta per 1000 katetrin käyttöpäivää, $p = 0.26$) Sen sijaan sairaalainfektioiden kuten ventilaattoripneumonian (VAP) ja verenkiertoinfektioiden (BSI) määrä oli suurempi ajanjaksolla 1 verrattuna ajanjaksoon 2 (2.0 % vrt. 0.0 %, $p = 0.0261$). (21)

Intaventrikulaarisesti annosteltua antibioottia on käytetty tapauksissa, joissa systeemisellä antibiootilla ja EVD-katetrin vaihdolla ei olla saatu vastetta ventrikuliitin hoidossa. Aivojen verisuonten seinämä muodostaa veri-aivoesteen, (engl. blood-brain barrier, BBB) joka ylläpitää homeostaasia keskushermostossa ja estää haitallisten yhdisteiden ja patogeenien pääsyn keskushermostoon. Monet antibiooteista, etenkin hydrofiiliset antibiootit, eivät läpäise BBB:ta terapeuttisina pitoisuuksina. Ventrikuliitin hoidossa antibioottien aloitus- ja ylläpitoannosten tulee olla suuremmat kuin hoidettaessa keskushermoston ulkopuolisia infektioita. (16) Annostelemalla lääkeaine intraventrikulaarisesti voidaan saavuttaa suurempi likvorin lääkeainepitoisuus kuin suonensisäisellä annostelulla. Eräitä antibiootteja, kuten aminoglykosideja, ei voida käyttää suonensisäisesti ventrikuliitin hoidossa, sillä ne läpäisevät veri-aivoesteen huonosti. Niitä on käytetty kuitenkin menestyksekkäästi intaventrikulaarisesti

annosteltuna. (16) Intraventrikulaarinen annostelu tulisi kuitenkin jättää vain vaikeimpiin tapauksiin, eikä niitä sovi käyttää profylaktisesti.

4.3.2 Verenvuoto

EVD:n asennukseen liittyvä verenvuodon riski vaihtelee kirjallisuudessa eri lähteiden mukaan 5–33 %. Kliinisesti merkittävien vuotojen esiintyvyys on 2.5 %. (5) Verenvuodon riskiä voidaan pienentää korjaamalla koagulopatia, trombosytopenia ja hypertensio ennen EVD:n asennusta. (5) Asennustekniikalla on myös vaikutusta verenvuodon riskiin. Anatomisten maamerkkien tai neuronavigaatiolaitteiden hyödyntäminen asennuksen yhteydessä lisää asennuksen tarkkuutta ja siten vähentää tarvittavien yritysten lukumäärää ja katetrin kulkureiteille mahdollisesti syntyviä verenvuotoja. (5)

4.3.3 Likvorin ylidreneeraus

Dreneeratun likvorin määrää ja laatua tulee seurata säännöllisesti. Mikäli likvorin tuntieritys on yli 15–20 ml/h on riski likvorin ylidreneeraukseen. (17) Tyypillisesti likvorin liian nopeaa dreneerausta tapahtuu, kun potilaan asento vaihtuu ja keräysvälineistön tipanmuodostuskohta siirtyy aiemmin määritetyn nollatason alapuolelle. Tällöin vastapaine on negatiivinen ja ventrikkeliin kohdistuu imu. Tämän vuoksi ventrikulostomialetkusto tulisi aina sulkea asennonvaihtojen yhteydessä ja laitteiston nollataso tarkistaa.

Likvorin liiallinen dreneeraus voi saada ventrikkelit painumaan kasaan, jolloin aivoparenkyymi vetäytyy pois päin kovakalvosta ja luisista kallon rakenteista. Siltalaskimoihin syntyy tällöin jännite, joka voi johtaa niiden repeämiseen ja akuutin subduraalihakematooman kehittymiseen. (17) Potilailla, joilla on hoitamaton aneurysmaattinen subaraknoidaalivuoto (aSAV), liian nopea likvorin dreneeraus voi nostaa aneurysmaattisen verisuonen transmuraalipainetta, mikä voi provosoida aneurysmaan uusintavuodon. (17)

5 Yhteenveto

Ventrikulostomian käyttö tulee kyseeseen monen neurokirurgisen potilaan kohdalla, joiden likvorikierto on häiriintynyt. Taustalla voivat olla lukuisat eri kallonsisäiset prosessit. Ventrikulostomian käyttö voi olla monen potilaan kohdalla hengen pelastava toimenpide mutta invasiivisuudestaan johtuen sen käyttö ei kuitenkaan ole ongelmatonta.

Viime vuosina on herätty siihen, että laajasta käytöstään huolimatta, ventrikulostomian asennukseen ja ventrikulostooman saaneiden potilaiden hoitoon ei ole olemassa vakiintuneita suosituksia. Satunnaistetut, kontrolloidut tutkimukset eri käytänteiden tueksi puuttuvat. Neurocritical Care Society (NCS) on julkaissut vuonna 2016 näyttöön perustuvan konsensuslausuman ventrikulostomian hoitokäytänteistä ja komplikaatioiden ehkäisystä. NCS toteaa lausumassaan, että ylipäätään neurotehohoidossa olevien potilaiden kohdalla laadukasta, näyttöön perustuvaa tietoa on vähän saatavilla. (7)

Komplikaatioluvut eroavat merkittävästi eri lähteistä tarkasteltuna. Merkittävimpänä komplikaationa pidetään kuitenkin yhtäläisesti ventrikulostomian yhteydessä ilmenevää aivokammion tulehdusta. Ventrikuliitin ehkäisyyn tähtäävissä tutkimuksissa olisi tärkeää, että ventrikuliitille kehitettäisiin yhtenäinen määritelmä. (7) The Center For Disease Control määrittelee ventrikuliitin joko likvorin positiivisena bakteerilöydöksenä ja/tai poikkeavina kliinisten oireiden, likvori- ja verilöydösten yhdistelmänä. (16) Kuitenkin osassa tehdyissä tutkimuksista ventrikuliitin määritelmäksi on riittänyt vain yleiset infektion merkit kuten seerumin kohonneet infektioparametrit, kuume tai potilaan alentunut tajunnantaso. (16) Kaikki edellä mainitut voivat kuitenkin olla seurausta jo pelkästään potilaan neurokirurgisesta tautitilasta tai neurokirurgisten toimenpiteiden aiheuttamasta steriilistä tulehdusreaktiosta. Epäselvä määritelmä johtaakin huomattavaan vaihteluun ventrikuliitin esiintyvyydessä.

Ventrikulostomiolla tulee jatkossakin olemaan paikkansa neurokirurgisten potilaiden hoidossa. Aiheesta on kuitenkin tehtävä lisää tutkimusta, jotta hoitokäytänteiden optimointi olisi mahdollista.

Lähteet

1. Soinila S, Kaste M & Somer H. *Neurologia - Duodecim Oppiportti*. (Duodecim, 2015)
2. Afifi A., Bergman R. 2005. Cerebrospinal fluid and the barrier system. *Functional Neuroanatomy: Text and Atlas, Second Edition*. The McGraw-Hill Companies, Inc.
3. Crossman A., Neary D. 2020. Ventricular system. *Neuroanatomy: an Illustrated Colour Text, Sixth Edition.*, 2020:55–59. Elsevier Limited.
4. Damkier, Helle H., Peter D. Brown, ja Jeppe Praetorius. ”Cerebrospinal Fluid Secretion by the Choroid Plexus”. *Physiological Reviews* 93, nro 4 (1. lokakuuta 2013): 1847–92.
5. Slottje D., Jallo J. 2021. External Ventricular Drain: *Neuro ICU Procedure Atlas*. Thieme.
6. Sivagnanam M., Neilank K. Hydrocephalus: An Overview. *Hydrocephalus*. Sadip Pant & Iype Cherian, Ch. 1. Rijeka: IntechOpen, 2012.
7. Fried, H.I., Nathan, B.R., Rowe, A.S. *et al.* The Insertion and Management of External Ventricular Drains: An Evidence-Based Consensus Statement. *Neurocrit Care* 24, 61–81 (2016).
8. Muralidharan, Rajanandini. ”External ventricular drains: Management and complications”. *Surgical Neurology International* 6, nro Suppl 6 (25. toukokuuta 2015): S271–74.
9. Ofoma, Hiest, Barry Cheaney, Nolan J. Brown, Brian V. Lien, Alexander S. Himstead, Elliot H. Choi, Sebastian Cohn, Jessica K. Campos, ja Michael Y. Oh. ”Updates on techniques and technology to optimize external ventricular drain placement: A review of the literature”. *Clinical Neurology and Neurosurgery* 213 (1. helmikuuta 2022): 107126.
10. Kirkman, Matthew A., William Muirhead, ja Nick Sevdalis. ”The Relative Efficacy of 3 Different Freehand Frontal Ventriculostomy Trajectories: A Prospective Neuronavigation-Assisted Simulation Study”. *Journal of Neurosurgery* 126, nro 1 (1. tammikuuta 2017): 304–1
11. Bertuccio, Alessandro, Stefano Marasco, Yaroslava Longhitano, Tatsiana Romenskaya, Angela Elia, Gianluca Mezzini, Matteo Vitali, Christian Zanza, ja Andrea Barbanera. ”External Ventricular Drainage: A Practical Guide for Neuro-Anesthesiologists”. *Clinics and Practice* 13, nro 1 (helmikuuta 2023): 219–29.

12. Oswal, Ashwini & Ahmed K. Toma. "Intracranial Pressure and Cerebral Haemodynamics". *Anaesthesia & Intensive Care Medicine* 18, nro 5 (toukokuuta 2017): 259–63.
13. Karvouniaris, Marios, Alexandros Brotis, Konstantinos Tsiakos, Eleni Palli, ja Despoina Koulenti. "Current Perspectives on the Diagnosis and Management of Healthcare-Associated Ventriculitis and Meningitis". *Infection and Drug Resistance* 15 (28. helmikuuta 2022): 697–721.
14. Olkkola K., Kiviluoma K., Saari T., Tallgren M., Uusaro A., Yli-Hankala A. *Anestesiologia, teho-, ensi-, ja kivunhoito - Duodecim Oppiortti*. (Duodecim, 2020)
15. Walek, Konrad W., Owen P. Leary, Rahul Sastry, Wael F. Asaad, Joan M. Walsh, Jean Horoho, ja Leonard A. Mermel. "Risk factors and outcomes associated with external ventricular drain infections". *Infection Control and Hospital Epidemiology* 43, nro 12: 1859–66.
16. Ramanan, Mahesh, Andrew Shorr, ja Jeffrey Lipman. "Ventriculitis: Infection or Inflammation". *Antibiotics* 10, nro 10 (14. lokakuuta 2021): 1246.
17. Lele, Abhijit V., Amie L. Hoefnagel, Nina Schloemerkerper, David A. Wyler, Nophanan Chaikittisilpa, Monica S. Vavilala, Bhiken I. Naik, James H. Williams, Lakshmikummar Venkat Raghavan, ja Ines P. Koerner. "Perioperative Management of Adult Patients With External Ventricular and Lumbar Drains: Guidelines From the Society for Neuroscience in Anesthesiology and Critical Care". *Journal of neurosurgical anesthesiology* 29, nro 3 (heinäkuuta 2017): 191–210.
18. Salmenperä R., Tuli S., Virta M. (toim.) Neurologisen ja neurokirurgisen potilaan hoitotyö. Kustannusosakeyhtiö Tammi. 2002, Helsinki.
19. Ahlmén-Laiho U., Katomaa J., Kalliomäki M-L., Laine H., Olkkola K., Soljanlahti S., Tiala T., Väyrynen M. *Anestesiakäsikirja – Duodecim Oppiortti*. (Duodecim 2022)
20. Dorresteijn, K. R. I. S., Brouwer, M. C., Jellema, K., & van de Beek, D. (2020). Bacterial external ventricular catheter-associated infection. *Expert Review of Anti-Infective Therapy*, 18(3), 219–229.
21. Murphy, R. K. J., Liu, B., Srinath, A., Reynolds, M. R., Liu, J., Craighead, M. C., Camins, B. C., Dhar, R., Kummer, T. T., & Zipfel, G. J. (2015). No additional protection against ventriculitis with prolonged systemic antibiotic prophylaxis for

- patients treated with antibiotic-coated external ventricular drain. *Journal of Neurosurgery JNS* 122, 5, 1120-1126.
22. Wang, Xiang, Yan Dong, Xiang-Qian Qi, Yi-Ming Li, Cheng-Guang Huang, ja Li-Jun Hou. "Clinical review: Efficacy of antimicrobial-impregnated catheters in external ventricular drainage - a systematic review and meta-analysis". *Critical Care* 17, nro 4 (2013): 234.
23. Root, Brandon K., Benjamin G. Barrena, Todd A. Mackenzie, ja David F. Bauer. "Antibiotic Impregnated External Ventricular Drains: Meta and Cost Analysis". *World Neurosurgery* 86 (helmikuuta 2016): 306–15.
24. Feroze, K. B., & Patel, B. C. (2023). Parinaud Syndrome. In *StatPearls*. StatPearls Publishing.

Liitteet

1. Gest, T.R. 2020. The head and neck. *Lippincott® Atlas of Anatomy, 2e*. Lippincott Williams & Wilkins, a Wolters Kluwer.
<https://integratedsciences.lwwhealthlibrary.com/content.aspx?bookid=2991§ionid=249368988>
2. TERVEYSKYLÄPRO Neurohoitajan käsikirja, HUS Neurologia; Neurokirurginen potilas 4.17 Hoitotoimien hallinta 4.17.4 Ventrikulostoma