

Beyin Ventrikülleri ve Beyin-Omurilik Sıvısı Dolaşımının Anatomisi

Faruk Gazi Ceranoğlu¹

Mehmet Tuğrul Yılmaz²

Duygu Akin Saygın³

Özet

Merkezi sinir sistemi gelişme sürecinde iken beyin içerisinde bazı yerlerde genişlemeler gösterir. Her birine ventrikül denilen bu genişlemeler içerisinde beyin omurilik sıvısı (BOS) bulunur. BOS merkezi sinir sisteminin etrafını doldurur. Bundan dolayı çevrelediği yapıların vücutta meydana gelen sarsıntılardan hasar görmesini engeller. Bunun dışında sinir hücrelerinin madde alışverişinde de önemli rol oynar. BOS' un üretimi veya emiliminde sorunlar olması ya da dolaşımının bozulması farklı patolojik durumların ortaya çıkmasına sebep olabilir.

1. Ventriküllerin Gelişimi

Beynin ventriküler sistemi, merkezi kanalından gelişir. Spesifik olarak, lateral ventriküller tüpün gelişmekte olan ön beyinde bulunan kısmından kaynaklanır ve daha sonra gelişmekte olan telencephalon'da bulunur. Doğum öncesi gelişimin ilk üç ayı boyunca, merkezi kanal lateral, üçüncü ve dördüncü ventriküllere doğru genişler ve daha ince kanallarla birbirine bağlanır. Ventriculus lateralis, beyin omurilik sıvısı üreten plexus choroideus ortaya çıkar. Ventriculus quartus üzerinde orta beyin seviyesinde uzamadan aynı kalan bir nöral tüp aqueductus cerebri'yi oluşturur. Ventriculus quartus medulla spinalis ile devam ederken daralır ve canalis centralis haline gelir.

- 1 Doktora Öğrencisi, Necmettin Erbakan Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Anatomi AD. ceranoğlu.fg@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-5158-6318
- 2 Prof. Dr. Necmettin Erbakan Üniversitesi Tıp Fakültesi Anatomi AD. mehmet_tugruly@yahoo.com, ORCID ID: 0000-0001-5744-0902
- 3 Doç. Dr., Necmettin Erbakan Üniversitesi Tıp Fakültesi Anatomi AD. d.akin.42@yahoo.com, ORCID ID: 0000-0003-4260-9263

Gelişim sırasında, etrafta bulunan yapılar, ventriculus lateralis'te düzensiz girintili çıkıntılı bir yüzey oluşmasına yol açar (2,3).

2. Ventriküller

Ventriküller, beyinde beyin omurilik sıvısının üretildiği ve akış halinde olduğu boşluklardır. Ventriküler sistemde her iki hemisfer içerisinde bulunan lateral ventriküller (ventriculus lateralis), thalamus ve hypothalamus ile çevrili olan üçüncü ventrikül (ventriculus tertius) ve cerebellum, pons ve bulbus arasında bulunan dördüncü ventrikül (ventriculus quartus) olmak üzere başlıca dört adet ventrikül vardır. Bunlar dışında septum pellucidum yaprakları arasında önde kalan boşluklar beşinci ventrikül (cavum pellucidum), dışında septum pellucidum yaprakları arasında arkada kalan boşluklar altıncı ventrikül (cavum vergae) ve canalis centralis'in conus medullaris'e yakın genişlemesine altıncı ventrikül (ventriculus terminalis) denen ventriküller mevcuttur (3,4).

2.1. Ventriculus Lateralis

Lateral ventriküller pars centralis, cornu anterior (frontalis), cornu posterior (okspitalis) ve cornu inferior (temporalis) olmak üzere dört bölümde incelenir. Bu bölümlerin her birinin medial ve lateral duvarları, bir çatısı, bir tabanı ve bir ön duvarı vardır (5).

Pars centralis bölümü parietal lobda yer alır ve for. (foramen) interventriculare'nin (for. Monro) arka kenarından septum pellucidum'un sona erdiği nokta arasında uzanır. Yan taraflarının üst kısmında nucleus caudatus, alt tarafında ise thalamus yer alır. Bu yapılar ise v. (vena) thalamostriata ve stria terminalis'in seyrettiği sulcus striothalamicus denen oluk ile birbirinden ayrılır. Medial duvarın üst kısmı septum pellucidum alt kısmı fornix gövdesi tarafından oluşturulur. Tabanında thalamus, çatısında ise corpus callosum yer alır. Pars centralis'te plexus choroideus bulunur (3, 6, 7).

Cornu occipitalis parietal ve oksipital lobda bulunur. Pars centralis'ten itibaren posteromediale doğru yönelir ve üçgen ya da elmas şekline benzetilir. Hiç bulunmama ya da çok uzun olma gibi varyasyonları görülebilir. Medial duvarında calcar avis adında bir çıkıntı görülür. Çatısı ve lateral duvarı corpus callosum'un tapetum'u tarafından oluşturulur. Tabanında cornu inferior'a yakın olarak trigonum collaterale bulunur. Cornu occipitalis'te plexus choroideus bulunmaz (5,6,8).

Cornu inferius, lateral ventriküllerin en büyük bölümüdür. Temporal lobda yer alır. Pulvinar'ın etrafında aşağıya dışa ve öne doğru uzanır ve ön

tafta corpus amygdaloideum'un hemen arkasında sonlanır. Tabanında hippocampus, lateralinde ise eminentia collateralis adındaki kabarıntı bulunur. Tabanın arka tarafında ise trigonum collaterale ve calcar avis yer alır. Çatısını tapetum ve cauda nuclei caudati oluşturur. Lateral kısım korpus kallozumun tapetumu tarafından oluşturulur ve bu da temporal boynuzun lateral duvarını oluşturmak üzere inferiora doğru süpürülür. Medial duvar, fissura choroidea tarafından oluşturulur. Bu bölümde plexus choroideus bulunur (3, 6,5,7,8).

Cornu frontalis, for. interventriculare'nin ön tarafında kalan kısımdır. Frontal loba doğru uzanır. Üst duvarında corpus callosum, alt duvarında caput nuclei caudati ön tarafında ise genu ve rostrum corporis callosi bulunur. Medial duvarı septum pellucidum ile şekillendirilir. Koronal kesitlerde üçgen şeklinde görülür. Bu bölümde plexus choroideus yoktur (3,7).

2.2. Ventriculus Tertius

Her iki tarafın diencephalon'u arasındaki boşluktur. Ön üst tarafta for. interventriculare ile ventriculus lateralis'lere, arka alt tarafta ise aqueductus mesencephali ile ventriculus quartus'a bağlanır. Altı adet duvarı vardır. Ön duvarı yukarıdan aşağıya doğru fornix, commissura anterior, lamina terminalis ve recessus supraopticus'tan oluşur. Üst duvarında columna fornicis yer alır. Arka duvarında ise recessus suprapinealis, commissura habenularum, recessus pineale, commissura posterior ve aqueductus mesencephali yer alır. Ventrikülün lateral duvarlarının üst kısmı thalamus'un medial yüzeyinden alt kısmı ise önde hypothalamus arkada subthalamus'tan oluşur. Thalamus ve hypothalamus'u birbirinden ayıran sulcus hypothalamicus for. interventriculare ile aqueductus mesencephali arasında düzgün bir biçimde görülebilir. Thalamus'a bakan yüzlerin üst sınırında stria medullaris thalami yer alır. Alt duvarında chiasma opticum, infundibulum, tuber cinerium, corpus mamillare ve substantia perforata posterior bulunur. Ventrikülün orta kısmında ise her iki thalamus'u birbirine bağlayan adhesio interthalamica bulunur. Ventriculus tertius'ta plexus choroideus mevcuttur (3,7).

2.3. Ventriculus Quartus

Ventriculus quartus, cerebellum'un önünde pons ve bulbus'un arkasında bulunan ve çadıra benzeyen bir boşluktur. Bir tavanı, bir tabanı ve yan taraflarda recessus lateralis adındaki iki adet çıkmazı mevcuttur. En geniş bölümü recessus lateralis'ler arasında kalan bölümdür. Tavanı yukarıda pedunculus cerebellaris superior ve velum medullaris superior ile aşağıda ise velum medullaris inferior ile sınırlandırılır. Ventrikülün tabanını eşkenar dörtgene benzeyen fossa rhomboidea oluşturur. Fossa rhomboidea'nın üst

2/3'lük bölümü pons'ta alt 1/3'lük bölümü bulbus'ta yer alır. Dörtgenin üst köşesi aqueductus mesencephali seviyesinde iken alt köşesinde bulunan canalis centralis açıklığının bulunduğu yerdeki çukur alana obex denir. Buranın arkasında ise for. Magendie yer alır. Fossa rhomboidea sulcus medianus posterior ile simetrik olarak ikiye ayrılır. Bu oluğun her iki tarafında yine simetrik olarak sulcus limitans denilen oluklar mevcuttur. Sulcus limitans'ın lateralinde ise derininde vestibular çekirdeklerin yer aldığı area vestibularis bulunur.

Ventriculus quartus yukarda aqueductus mesencephali ile ventriculus tertius'a bağlanırken aşağıda canalis centralis ile devamlıdır. Yan taraflarda recessus lateralis'lere yakın olarak bulunan iki adet apertura lateralis ventriculi quarti (for. Luschka) ve arka orta hatta yer alan apertura mediana ventriculi quarti (for. Magendie) ile spatium subarachnoideum'un bir genişlemesi olan cisterna magna'ya açılır (3, 5, 7, 4,9).

2.4. Foramen interventriculare

For. interventriculare, ventriculus lateralis'leri ile ventriculus tertius'a bağlayan iki deliktir. Çapı 3-4 mm'dir ve arkaya doğru bir konkavlığa sahiptir. Foramen interventriculare'lerin büyüklüğü ve şekli ventriküllerin büyüklüğüne bağlıdır: Eğer ventriküller küçükse, her bir foramen önden fornixin içbükey eğrisi ve arkadan talamusun dışbükey ön tüberkülü ile sınırlanan hilal şeklinde bir açıklıktır. Ventriküller genişledikçe, her iki taraftaki foramen daha yuvarlak hale gelir. Foramenden, plexus choroideus, medial posterior koroidal arterlerin distal dalları ve talamostriat, superior koroidal ve septal venler geçer (5,6,7).

3. Cisternalar

Merkezi sinir sisteminin etrafı dışarıdan içeriye doğru sırasıyla dura mater, arachnoidea mater ve pia mater ile sarılıdır. Pia mater ve arachnoidea mater birlikte leptomeninkleri oluşturur. Arachnoidea mater, pia mater ile birlikte tüm beyin yüzeyini kaplar ancak pia mater'i sulcusların ve fissuraların derinliklerine kadar takip etmez. Bunun yerine, arachnoidea mater bu yapılar üzerinde seyrederek. Arachnoidea mater beynin bazal yüzeyinde, özellikle temporal loblar seviyesinde ve ponsun ön yüzeyinde daha kalındır. Ayrıca kranial sinir ve damarların, özellikle de a. carotis interna'nın ve vertebrozervikal kompleksin intrakranial segmentlerini kaplayan bir membran görevi görür (10)

Arachnoidea mater ile pia mater arasında kalan boşluk spatium subarachnoideum olarak isimlendirilir. Beyinde yer alan ventriküller hariç

beyin omurilik sıvısının dolaştığı ana bölümdür. Bu boşluk merkezi sinir sisteminin bazı bölümlerinde genişlemeler gösterir. Bu genişlemelere ise cisterna adı verilir (3,4).

3.1. Cisterna Cerebellomedullaris (Cisterna Magna)

Cerebellum ile bulbus arasındadır. Orta hatta yer alır ve atlas'ın üst yüzeyinden vermis cerebelli'ye kadar uzanır. BOS ventriculus quartus'tan bu boşluğa geçiş yapar. Bu boşlukta iki a. vertebralis, a. cerebelli inferior posterior, n. glossopharyngeus, n. vagus, n. accessorius, n. hypoglossus ve plexus choroideus bulunur (4,5).

3.2. Cisterna Interpedicularis

Dorsum sellae ile her iki crus cerebri'ler arasında kalan boşluktur. Burada BOS ve Willis poligonu (circulus arteriosus cerebri) bulunur. Çatısı ventriculus tertius'un tabanı tarafından oluşturulur. Tabanını ise temporal loblar arasında bulunan arachnoidea mater oluşturur. Ön tarafta ise chiasma opticum'a kadar uzanır. Bu sisterna yukarıda cisterna chiasmatica aşağıda ise cisterna pontinus ile devamlıdır (4,11).

3.3. Cisterna cerebellomedullaris lateralis

Medulla oblongata ile cerebellum arasında lateral taraflarda bulunur. BOS, for. Luschka'lar aracılığıyla ventriculus quartus'tan bu sisternaya dökülür.

3.4. Cisterna pontocerebellaris (pontinus)

Pons'un ön ve yan yüzündedir. İçerisinde a. basilaris ve bazı dalları, n. abducens, a. cerebellaris anterior inferior ve a. cerebellaris superior yer alır (4,11).

3.5. Cisterna ambiens

Splenium corporis callosi ile cerebellum arasındadır. İçerisinde v. magna cerebri, corpus pineale, a. cerebri posterior, a. superior cerebelli ve n. trochlearis yer alır (3).

3.6. Cisterna chiasmatica

Üst tarafında chiasma opticum altında ise rostrum corporis callosi yer alır. İçerisinde n. opticus, hipofiz sapı, a. cerebri anterior'un kökeni ve a. communicans anterior'u içerir (3).

4. Beyin Omurilik Sıvısı

Uzun zaman boyunca BOS'un merkezi sinir sistemini koruyan bir sıvı katman olduğu düşünülmüştür. Yapılan bilimsel çalışmalar ile elde edilen son veriler, BOS'un beyin parankiminin interstisyel sıvısının homeostazında ve nöronal işleyişin düzenlenmesinde önemli bir rol oynadığını göstermektedir. BOS hidrodinamiği ve bileşimindeki bozukluklar, serebral fizyolojide gözlenen başlıca değişikliklerden sorumludur (12). BOS plexus choroideus denen yapılarda üretilir. plexus choroideus'lar ilk olarak ventriculus quartus'ta 41. günde ortaya çıkar. Bunun yanında ilk ne zaman BOS salgıladıkları net olarak ortaya konulmamıştır. Ependima ile devamlılık gösteren plexus choroideus'un epitelü tubus neuralis'ten, leptomeningeal axis ise paraksiyel mezodermden türemiştir (12,13).

BOS erişkinlerde ortalama olarak 150 ml civarındadır. Bu miktarında 125 ml spatium subarachnoideum'da, 25 ml ise ventriküllerde bulunur. Erişkinlerde BOS'un günlük olarak salgılandığı miktar 400 ila 600 ml arasında değişir. BOS'un %60-75'i ventriculus lateralis'lerin plexus choroideus'ları ve ventriculus tertius ve ventriculus quartus'un tela choroidea'ları tarafından üretilir. Minimal bir miktar ise ekstrakoroidal olarak ekstraselüler sıvıdan ve kan beyin bariyerinde yer alan serebral kılcal damarlardan üretilir. (12,14). BOS'un içeriğinin %99'u sudur. Kalan %1'lik kısımda proteinler, iyonlar, nörotransmitterler ve glukoz bulunur. Bu proteinlerin her birinin konsantrasyonu, toplam viskozite ve BOS yüzey gerilimi patolojiye göre değişir. (15,16,17)

5. Bos Dolaşımı

BOS ventriküler sistem boyunca iletilir. İletimine silli ependim hücreleri de yardımcı olur.(Roales-Buján ve ark., 2012) Ventriculus lateralis'lerde üretilen BOS her iki taraftaki for. Monro'lar aracılığıyla ventriculus tertius'a gelir. Daha sonra aquaductus mesencephali ile ventriculus quartus'a geçiş yapar. Ventriculus quartus aşağıda canalis centralis ile devamlıdır. Bu yüzden canalis centralis'te de BOS bulunur. Ventriculus quartus'ta bulunan for. Magendie ve for. Luschka'lar spatium subarachnoideum ile bağlantılıdır. Bu delikler aracılığı ile spatium subarachnoideum'a geçen BOS cisternaları da doldurduktan sonra cortex cerebri'nin üst bölümünde yer alan spatium subarachnoideum'a kadar gelir. Son olarak sinus sagittalis superior içerisinde yer alan granulario arachnoidea adındaki çıkıntılar tarafından emilir. Spatium subarachnoideum'daki basıncın venöz sistemdeki basınçtan yüksek olması da emilmeye yardımcı olmaktadır (18,19).

Genel olarak kabul edilen bu akıştan farklı olarak hayvan çalışmaları ile elde edilen veriler BOS'un boyun bölgesindeki lenfatik yapılar ile de emilebileceğini ortaya çıkarmıştır. Bu yolla BOS kranial sinirlerin spatium subarachnoideum'ları boyunca uzanarak cisternalardan ekstrakranial lenfatik yapılara doğru akış gösterir (20,21) zellikle eforlu anlarda epidural venöz pleksus ile temas halindeki spinal sinirlerde bulunan granulatione arachnoidea'larda BOS emiliminin gerçekleştiği yollardan birisidir (12).

6. Klinik

6.1. Fetal Ventrikülomegali ve Hidrosefali

Fetal ventrikülomegali uterus'un beyin ventrikllerinin genişlemesine verilen isimdir ve doğumların 2/1000'inde görülür. Genellikle idiopatik olarak meydana gelir. Bunun yanında yapısal ve genetik faktörlerde bu durumun ortaya çıkmasında etkili olabilir (22)

Hidrosefali, ventriküler sistemi içinde beyin omurilik sıvısının birikmesi sonucu kafa içi basıncının yükselmesidir. Hastalık her yaşta görülebilir. Fakat etiyolojileri çok çeşitli olsa da, tedavisine yönelik standart adımlar her hastaya uygulanabilir. Hidrosefalinin çok büyük oranda meydana çıkma sebebi BOS dolaşım yollarında meydana gelen bir tıkanıklık ya da daralmadır. Minimal olarakta BOS'un aşır üretimi sonucu meydana gelir (23).

Kk ocuklarda hidrosefalinin önemli bir kısmı idiopatiktir. Daha büyüklerde ise tümörler sebebiyle hidrosefali meydana gelme ihtimali artar. Tümörler ilerleyen yaşlarda da hidrosefalinin nedenlerinden birisi olarak devam eder. Orta yaşlı kişilerde ise subaraknoid kanama ile hidrosefali görülme ihtimali artmaktadır. Bu durum geçici hidrosefali olarak değerlendirilir ve vakaların büyük bölümü BOS'un cerrahi mdeahale sonucu drenajı ile giderilir. Bir kısmına ise şant kullanımı gerekebilir. Yaşlılarda ise normal basıncılı hidrosefali gelişebilir. Bu durum yürüme bozukluğu, idrar kaşırma ve demans ile ilgili semptomlar verebilir. Bu hastalarda da şant uygulaması ile semptomlarda azalma görülebilir.

Hidrosefalisi olan 1000 kişi üzerinde yapılan bir incelemede vakaların %34'ünün idiopatik olduğu, bir sebebi olan hastalıkların ise %51'inin subaraknoid kanama (SAK), % 16'sının ise travmalar sonunu ortaya çıktığı ortaya koyulmuştur (24).

Hidrosefali tedavisinde şantlar kullanılır. şantlar ile ventriküllerde birikmiş olan BOS genellikle karın boşluğuna aktarılır. Bunun yanında atrium dexter'e, cavitas pleuralis'e ve cisterna magna'ya da fazla BOS boşaltılabilir.

Bu işlemlerde kullanılan şantlar kullanılan malzemeler, eğer varsa valflar ve valflerin programlanabilir olup olmadığı açısından farklılıklar gösterir(25).

6.2. Bos Kaçakları

BOS farklı sebeplerden dolayı içinde bulunduğu boşluktan sızıntı yapabilir. Bu olay bir travma sonucu gelişebileceği gibi herhangi bir travma olmadan da ortaya çıkabilir. BOS kaçağı, tüm kafa travmalarının %2'sinde görülür. Frontal veya etmoidal sinüsleri içeren kırıklar ve temporal kemik kırıkları BOS kaçağı ile en çok ilişkili olan durumlardır. Penetran kafa travması hem geçici hem de kalıcı BOS fistüllerinin öne çıkan bir nedenidir. Fakat künt kafa travması insidansının daha yüksek olması nedeniyle travmatik BOS sızıntılarının çoğu künt travma sonucu meydana gelir (26).

6.3. Spontan İntrakraniyal Hipotansiyon

Bu durum, belirgin bir neden olmaksızın BOS basıncının düşmesiyle karakterizedir. Genellikle BOS sızıntısına bağlı olarak ortaya çıkar ve baş ağrısı, bulantı, kusma gibi semptomlara neden olabilir. Spontan intrakraniyal hipotansiyonun sebebi tam olarak bilinmemektedir. Bunun yanında spinal meninkslerdeki fasyal dokuların yapısal olarak farklılığı bir sebep olarak kabul edilmektedir. Plexus choroideus'larda BOS'un salgılanmasının azalması veya BOS'un aşırı absorpsiyonu da göz önünde tutulan diğer mekanizmalardandır (27).

6.4. Cerrahi Girişimler İçin Ventriküllere Erişim Yolları

Kocher's noktası: Ventriküllere en yaygın erişim noktasıdır. Bu nokta sutura coronalis'in 1-2 cm anteriorunda ve orta hattın 3 cm lateralindedir. Ventriculus lateralis'e erişim sırasında Kocher noktası giriş noktası olarak işaretlenir ve primer motor kortekse zarar vermemek için sutura coronalis'in en az 1 cm anteriorunda olmasına dikkat edilmelidir. Ventrikülün ön boynuzuna 6 cm derinlikte "boşluk" hissi ile girilebilir (28,29)

Dandy's noktası: Bu nokta cornu posterior için yaygın bir giriş noktasıdır. Lokalizasyonu inionun 3 cm yukarısında ve 2 cm lateralinde olacak şekilde tanımlanır. Pediatrik popülasyonda bu nokta, midpapiller hattaki sutura lambdoidea ile ilişkili olabilir. Kateter yaklaşık 4-5 cm boyunca hafif sefalik bir yöne kortekse dik olarak yerleştirilir. Bu yörüngede görme bozukluğu riski daha yüksektir (28,30).

Frazier's noktası: Bu nokta sutura lambdoidea'nın parietal tarafında, os parietale ve os occipitale ile birleştiği yerde bulunur. İnion 6 cm yukarısında ve 4 cm lateralindedir. Kateterin ventriculus lateralis gövdesinden aşağıya

yerleştirilmesini sağlar Kateter yaklaşık 4 cm boyunca kortekse dik olarak yerleştirilir. Frazier'in noktası genellikle Dandy'nin noktası ile karıştırılır. Dandy'nin noktası temel olarak sutura lamboidea'nın üzerindedir ve topografik olarak Frazier'in noktasından daha aşağıda ve medialdedir. Frazier'in noktası kateterin ventriculus lateralis'in gövdesine daha kolay ilerlemesini sağlar (28,30).

Keen's noktası: Keen's veya posterior parietal nokta, helixin üst noktasının 2,5-3 cm posteriorunda ve 2,5- 3 cm yukarısında yer alır. Trigonum ventriculus lateralis'e ulaşmak için kateterin yerleştirildiği helixin üst noktası bir giriş noktası olarak kullanılır. Bu noktaya ulaşmak için kateter kortekse dik olarak, hafif sefalik bir yönle yaklaşık 4-5 cm boyunca yerleştirilir (28,31).

Tubb's noktası: Bu nokta ventriculus lateralis'in cornu frontalis'ine acil olarak transorbital yolla ulaşmak için tanımlanmıştır. Bu teknikte, orbitanın çatısı boyunca midpapiller noktanın hemen medialindeki bir noktadan cornu frontalis'e ulaşmayı amaçlamıştır. Yatay düzlemlle 45 derece ve vertikal düzlemlle 15-20 derecelik bir yörünge boyunca uygulama yapılır. Kateterin ciltten for. Monro seviyesine kadar yerleştirilme derinliği 7-8,5 cm arasında değişir(28).

6.5. Lumbal ponksiyon

Bu işlem genellikle tanı koymak için kullanılırken, bazen de tedavi için kullanılır. Tanı amacıyla alınan BOS örneği biyokimyasal ve mikrobiyolojik incelemeler için laboratuavara gönderilir. Tedavi amacıyla kullanılırken ise genellikle artmış kafa içi basıncını düşürmek için spatium subarachnoideum'dan BOS drenajı yapılır. Bu işlem yetişkinlerde L3-4 veya L4-5 vertebraların proc. spinosus'ları arasından yapılır. Bu işlem için sırasıyla deri-fascia superficialis-lig. supraspinale-lig. interspinale- lig. flavum- spatium epidurale- dura mater- arachnoidea mater-spatium subarachnoideum yapıları geçilir (3,4).

6. 6. Sisternal Ponksiyon

BOS, tanı amacıyla, sisternal ponksiyon denen teknikle cisterna cerebellomedullaris posterior'dan edilebilir. Spatium subarachnoideum veya ventriküler sisteme BOS basıncını ölçmek veya izlemek, antibiyotik enjekte etmek veya radyografi için kontrast madde uygulamak için de uygulama gerçeleştirilebilir (32).

Kaynaklar

1. Denckla, M. B. (Ed.). (1989). Attention-deficit disorder, hyperactivity, and learning disabilities: Current theory and practical approaches: proceedings of a symposium held in honor of Dennis Whitehouse, M.D., June 16, 1988. CIBA-GEIGY Corp.
2. Lowery, L. A., & Sive, H. (2005). Initial formation of zebrafish brain ventricles occurs independently of circulation and requires the *nagie oko* and *snakehead/atp1a1a.1* gene products. *Development*, 132(9), 2057-2067. <https://doi.org/10.1242/dev.01791>
3. Arifoğlu, Y. (2019). *Her Yönüyle Anatomi* (3. bs). İstanbul Tıp Kitabevleri.
4. Standring, S. (Ed.). (2021). *Gray's Anatomy: The anatomical basis of clinical practice* (42nd edition). Elsevier.
5. Rhoton, A. L. (2002). The lateral and third ventricles. *Neurosurgery*, 51(4 Suppl), S207-271.
6. Le Gars, D., Lejeune, J. P., & Peltier, J. (2009). Surgical anatomy and surgical approaches to the lateral ventricles. J. D. Pickard, N. Akalan, C. Di Rocco, V. V. Dolenc, J. Lobo Antunes, J. J. A. Mooij, J. Schramm, & M. Sindou, *Advances and Technical Standards in Neurosurgery* (C. 34, ss. 147-187). Springer Vienna. https://doi.org/10.1007/978-3-211-78741-0_6
7. Snell, R. S., & Splittgerber, R. (2019). *Snell's clinical neuroanatomy* (Eighth edition). Wolters Kluwer
8. Singh, D. R. (2010). *Essentials of anatomy for dentistry students* (First edition). Wolters Kluwer India Pvt. Ltd.
9. Sufianov, R., Pitskhelauri, D., & Bykanov, A. (2022). Fourth Ventricle Tumors: A Review of Series Treated With Microsurgical Technique. *Frontiers in Surgery*, 9, 915253. <https://doi.org/10.3389/fsurg.2022.915253>
10. Altafulla, J., Bordes, S., Jenkins, S., Litvack, Z., Iwanaga, J., Loukas, M., & Tubbs, R. S. (2019). The Basal Subarachnoid Cisterns: Surgical and Anatomical Considerations. *World Neurosurgery*, 129, 190-199. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2019.05.087>
11. Shafique, S., & Rayi, A. (2023). *Anatomy, Head and Neck, Subarachnoid Space*. StatPearls. StatPearls Publishing. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK557521/>
12. Sakka, L., Coll, G., & Chazal, J. (2011). Anatomy and physiology of cerebrospinal fluid. *European Annals of Otorhinolaryngology, Head and Neck Diseases*, 128(6), 309-316. <https://doi.org/10.1016/j.anorl.2011.03.002>

13. O'rahilly, R., & Möller, F. (1986). The Meninges in Human Development: *Journal of Neuropathology and Experimental Neurology*, 45(5), 588-608. <https://doi.org/10.1097/00005072-198609000-00008>
14. Pollay, M. (2010). The function and structure of the cerebrospinal fluid outflow system. *Cerebrospinal Fluid Research*, 7(1), 9. <https://doi.org/10.1186/1743-8454-7-9>
15. Brydon, H. L., Hayward, R., Harkness, W., & Bayston, R. (1995). Physical properties of cerebrospinal fluid of relevance to shunt function. 2: The effect of protein upon CSF surface tension and contact angle. *British Journal of Neurosurgery*, 9(5), 645-652. <https://doi.org/10.1080/02688699550040936>
16. Brydon, H. L., Hayward, R., Harkness, W., & Bayston, R. (1996). Does the cerebrospinal fluid protein concentration increase the risk of shunt complications? *British Journal of Neurosurgery*, 10(3), 267-274. <https://doi.org/10.1080/02688699650040124>
17. Bulat, M., & Klarica, M. (2011). Recent insights into a new hydrodynamics of the cerebrospinal fluid. *Brain Research Reviews*, 65(2), 99-112. <https://doi.org/10.1016/j.brainresrev.2010.08.002>
18. Czosnyka, Z., Czosnyka, M., Oowler, B., Momjian, S., Kasproicz, M., Schmidt, E. A., Smielewski, P., & Pickard, J. D. (2005). Clinical testing of CSF circulation in hydrocephalus. W. S. Poon, M. T. V. Chan, K. Y. C. Goh, J. M. K. Lam, S. C. P. Ng, A. Marmarou, C. J. J. Avezaat, J. D. Pickard, M. Czosnyka, P. J. A. Hutchinson, & Y. Katayama (Ed.), *Intracranial Pressure and Brain Monitoring XII* (C. 95, ss. 247-251). Springer Vienna. https://doi.org/10.1007/3-211-32318-X_50
19. Johanson, C. E., Duncan, J. A., Klinge, P. M., Brinker, T., Stopa, E. G., & Silverberg, G. D. (2008). Multiplicity of cerebrospinal fluid functions: New challenges in health and disease. *Cerebrospinal Fluid Research*, 5(1), 10. <https://doi.org/10.1186/1743-8454-5-10>
20. Brinker, T. Stopa, E., Morrison, J., & Klinge, P. (2014). A new look at cerebrospinal fluid circulation. *Fluids and Barriers of the CNS*, 11(1), 10. <https://doi.org/10.1186/2045-8118-11-10>
21. McComb, J. G. (1983). Recent research into the nature of cerebrospinal fluid formation and absorption. *Journal of Neurosurgery*, 59(3), 369-383. <https://doi.org/10.3171/jns.1983.59.3.0369>
22. Pisapia, J. M., Sinha, S., Zarnow, D. M., Johnson, M. P., & Heuer, G. G. (2017). Fetal ventriculomegaly: Diagnosis, treatment, and future directions. *Child's Nervous System*, 33(7), 1113-1123. <https://doi.org/10.1007/s00381-017-3441-y>
23. Thompson, D. N. P. (2009). Hydrocephalus. *Surgery (Oxford)*, 27(3), 130-134. <https://doi.org/10.1016/j.mpsur.2009.02.005>

24. Corns, R. & Martin, A. (2012). Hydrocephalus. *Surgery (Oxford)*, 30(3), 142-148. <https://doi.org/10.1016/j.mpsur.2011.12.010>
25. Bradley, W. G. Bahl, G., & Alksne, J. F. (2006). Idiopathic normal pressure hydrocephalus may be a “Two Hit” disease: Benign external hydrocephalus in infancy followed by deep white matter ischemia in late adulthood. *Journal of Magnetic Resonance Imaging*, 24(4), 747-755. <https://doi.org/10.1002/jmri.20684>
26. Friedman, J. A., Ebersold, M. J., & Quast, L. M. (2001). Post-traumatic Cerebrospinal Fluid Leakage. *World Journal of Surgery*, 25(8), 1062-1066. <https://doi.org/10.1007/s00268-001-0059-7>
27. Güven, B. B. Şimşek, U. B., Sezer, N. A., Güner, T., Yurtsever, F., & Ersoy, A. (2019). Repeated Blood Patch Treatment In A Patient With Spontaneous Intracranial Hypotension. *Journal of Anesthesiology and Reanimation Specialists’ Society*.
28. Mortazavi, M. M., Adeeb, N., Griessenauer, C. J., Sheikh, H., Shahidi, S., Tubbs, R. I., & Tubbs, R. S. (2014). The ventricular system of the brain: A comprehensive review of its history, anatomy, histology, embryology, and surgical considerations. *Child’s Nervous System*, 30(1), 19-35. <https://doi.org/10.1007/s00381-013-2321-3>
29. Taylor, D. A., Sherry, S. P., & Sing, R. F. (Ed.). (2021). *Interventional Critical Care: A Manual for Advanced Practice Providers*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-64661-5>
30. Morone, P. J. Dewan, M. C., Zuckerman, S. L., Tubbs, R. S., & Singer, R. J. (2020). Craniometrics and Ventricular Access: A Review of Kocher’s, Kaufman’s, Paine’s, Menovksy’s, Tubbs’, Keen’s, Frazier’s, Dandy’s, and Sanchez’s Points. *Operative Neurosurgery*, 18(5), 461-469. <https://doi.org/10.1093/ons/opz194>
31. Agarwal, A. Borley, N. R., & McLatchie, G. R. (Ed.). (2017). *Operative surgery (Third edition)*. Oxford University Press.
32. Moore, K. L. Dalley, A. F., & Agur, A. M. R. (2014). *Clinically oriented anatomy (7th ed)*. Wolters Kluwer/Lippincott Williams & Wilkins Health.