



DERLEME / REVIEW

## Hidrosefali: Tanı, tedavi ve sınıflandırma

### Hydrocephalus: Diagnosis, treatment and classification

Murat Turhan<sup>1</sup>, Said Erbek<sup>1</sup>, Derviş Mansuri Yılmaz<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Çukurova Üniversitesi, Adana, Türkiye

#### Abstract

Hydrocephalus is a condition that can affect patients of all ages, can seriously affect the patient's life if left untreated, and can be caused by many different causes. Significant progress has been made in the diagnosis and treatment of hydrocephalus in the light of studies and knowledge gained in the last 100 years. Hydrocephalus is an increase in intracranial pressure caused by an increased amount of CSF. Hydrocephalus can be caused by congenital (primary) or acquired (secondary) causes. Primary hydrocephalus can also be caused by developmental disorders associated with birth defects in the central nervous system. Primary hydrocephalus can occur as a result of neural tube defects, arachnoid cysts, Dandy-Walker syndrome and Chiari malformation. As a different classification, it is possible to make a classification as communicating and non-communicating hydrocephalus. The most effective treatment of hydrocephalus currently used is shunting.

**Keywords:** Hydrocephalus, shunt, ventriculostomy, CSF, choroid plexus.

#### Öz

Hidrosefali her yaşta hastayı etkileyebilen, tedavi edilmediği takdirde hastanın yaşamını ciddi anlamda etkileyebilen, birçok farklı nedenden dolayı ortaya çıkabilen bir durumdur. Hidrosefalinin tanı ve tedavisinde son 100 yıl içerisinde yapılan çalışmalar ve edinilen bilgiler ışığında önemli ilerlemeler kaydedilmiştir. Kafa içi basıncının artan BOS miktarı yüzünden artmasına hidrosefali denir. Hidrosefali konjenital (primer) veya edinilmiş (sekonder) nedenlerle ortaya çıkabilmektedir. Primer hidrosefali, merkezi sinir sistemindeki doğum kusurlarıyla ilişkili gelişimsel bozukluklardan da kaynaklanabilir. Primer hidrosefali nöral tüp defektleri, araknoid kistleri, Dandy-Walker sendromu ve Chiari malformasyonu sonucu oluşabilir. Farklı bir sınıflandırma olarak komünike ve non-komünike hidrosefali şeklinde bir sınıflandırma yapmamız mümkündür. Hidrosefalinin günümüzde kullanılan en etkili tedavisi şant (shunt) yöntemidir.

**Anahtar kelimeler:** Hidrosefali, şant, ventrikülostomi, BOS, koroid pleksus.

## GİRİŞ

Makrosefali çocukların beyinlerinin etrafında "su" olduğuna dair bilinen ilk raporlar Hipokrat'tan gelmektedir, ancak "hidrosefali" terimi ilk defa MÖ 25 ila MS 50 yılları arasında Celsus'un yazıları ile ortaya atılmıştır<sup>1</sup>. Başlangıçta bu büyüleyici sorunun anatomisi ve fizyolojisi hakkında çok az şey bilinmesine rağmen, Galen ve Antyllus gibi anatomistler ilk ameliyatları denemiş ve beklenen kötü sonuçları almışlardır<sup>1</sup>. Bu durumun daha da aydınlatılması ise, Willis, Monroe, Magendie ve Luschka gibi on yedinci yüzyıl anatomistlerinin, ve diğer anatomistlerin beyindeki ventriküler boşlukların

ve geçiş yollarının mimarisini çözmeye başlamaları ile olmuştur<sup>1</sup>.

20. yüzyılın ikinci dekadında Dr. Walter E. Dandy (Johns Hopkins'te beyin ve sinir cerrahı), Dr. Kenneth D. Blackfan'ın (pediatrist) yardımıyla hidrosefalideki obstrüksiyon alanları ile ilgili bir köpek modeli geliştirdi<sup>2</sup>. Dandy, 1919 yılında hidrosefalinin doğası ve muhtemel tedavi seçenekleri üzerindeki 10 yıllık çalışmasının sonuçlarını yayınladı<sup>2</sup>. Bu çalışmanın öncesinde hidrosefalinin beyin omurilik sıvısı (BOS) akışının tıkanmasından kaynaklandığına dair şüpheler mevcuttu<sup>2</sup>. Walter Dandy'nin fenol sülfotalein enjeksiyonu ile oluşturduğu köpek modeli komünike ve non-

Yazışma Adresi/Address for Correspondence: Murat Turhan, Çukurova Üniversitesi Tıp Fakültesi, Adana, Türkiye

E-mail: turhanmurat47@gmail.com

Geliş tarihi/Received: 31.05.2024 Kabul tarihi/Accepted: 15.06.2024

komünike hidrocefali karşılaştırmasını modern olarak anlamamızı sağladı<sup>2</sup>.

Hidrocefali temelde intrakraniyal beyin omurilik sıvısı (BOS) sentezi, emilimi veya dolaşımındaki dengesizlik sonucu ortaya çıkar<sup>3,4</sup>. Erişkin bir kişi günde yaklaşık olarak 500 ml BOS sentezlemektedir ve günde 3-4 kez bir sirkadiyan ritmi vardır<sup>3,4,5</sup>. Bu BOS'un yaklaşık %80'i koroid pleksuslarda üretilir. Geri kalan %20-30 kadarı ise interstisyel sıvı (ekstrakoroidal) ve ependima tarafından yapılır<sup>3</sup>. Bu miktar emilerek kan dolaşımına geçen BOS miktarına eşittir<sup>4</sup>. Bu üretim ve emilim mekanizması hassas mekanizmalar ile kontrol altına alınır<sup>6</sup>. Hidrocefali, bu mekanizmalar ile kontrol edilen normal BOS dolaşım yollarında bir tıkanıklık olması (obstrüktif veya non-komünike hidrocefali) veya BOS yapımında artış, emiliminde azalma olması (komünike hidrocefali) sonucu artmış kafa içi basıncı (KİBAS) ile seyreden bir hastalıktır<sup>7</sup>. Normal basınçlı hidrocefalide ise (NPH) beyindeki ventriküller fazlasıyla genişlemiştir fakat KİBAS normal sınırlarda kalmaya devam eder<sup>8</sup>. Bu durum çoğunlukla BOS emiliminin bozuk olmasından kaynaklıdır<sup>8</sup>. İdiyopatik normal basınçlı hidrocefali (İNPH) şeklinde veya sekonder nedenlere bağlı olarak ortaya çıkabilir<sup>9</sup>.

Hidrocefali her yaşta hastayı etkileyebilen, tedavi edilmediği takdirde hastanın yaşamını ciddi anlamda etkileyebilen, birçok farklı nedenden dolayı ortaya çıkabilen bir durumdur<sup>10</sup>. Doğumsal (konjenital) hidrocefalinin görülme sıklığının birçok kaynaktan 1000 canlı doğumda 1-6 (%0.1-0.6) arasında değişen oranlarda olduğu belirtilmiştir<sup>3,4</sup>. Diğer konjenital nörolojik hastalıklar ve edinilmiş birçok intrakraniyal patolojiye bağlı olarak ortaya çıkan hidrocefali sıklığı değişebilmektedir<sup>5</sup>. Konjenital hidrocefali gelişimsel bozukluklar sonucu, konjenital akuaduktus stenozu, miyelomeningoseal, posterior fossa tümörleri, nöral tüp defektleri, araknoid kistler, Dandy Walker sendromu ve Chiari malformasyonu sonucu oluşabilir<sup>5</sup>. Edinilmiş hidrocefalinin nedenleri arasında ise subaraknoid veya intraventriküler hemoraji, enfeksiyon, koroid pleksus papillomaları ve diğer beyin tümörleri gösterilebilir<sup>5</sup>.

Hidrocefalinin tanı ve tedavisinde son 100 yıl içerisinde yapılan çalışmalar ve edinilen bilgiler ışığında önemli ilerlemeler kaydedilmiştir<sup>3</sup>. Modern görüntüleme teknikleri, BOS'nun bulunduğu boşlukların ve ventriküler sistemin anatomisinin ve BOS hidrodinamiğinin anlaşılmasında çok önemli rolü bulunmaktadır<sup>4</sup>. Tanı konulduktan sonra uygun tedavi yönteminin belirlenebilmesi ve tedavi

yönteminden kaynaklanan risklerin azaltılması amacıyla literatürde çeşitli yol gösterici çalışmalar mevcuttur<sup>1</sup>.

Bu derlemede amacımız hidrocefalinin sınıflandırılması, etiyolojisi, patofizyolojisi, tanısı ve tedavisi konusunda bu zamana kadar yapılmış ve özellikle son dönemlerde yayınlanmış olan çalışmaların güncel literatürde taramalarını yaparak incelemektir.

## VENTRİKÜL SİSTEMİ VE BOS ANATOMİSİ

Beyin omurilik sıvısı (BOS), santral sinir sistemi için dolduran, renksiz, kokusuz ve berrak bir sıvıdır<sup>11</sup>. BOS beyin ventrikülleri, kranial ve spinal subaraknoid bölgede bulunur. Ortalama bir insanda yaklaşık 150 ml bulunmaktadır. Bunun 25 ml'si ventriküllerde ve 125 ml'si subaraknoid boşluklarda bulunmaktadır<sup>12</sup>.

BOS üretimi temelde iki yolla olur. Birincisi kanın koroid pleksuslarda ultrafiltrasyonu sonucudur ve bu üretim serebrovasküler yatağın çeşitli perfüzyon parametrelerine bağlıdır<sup>13</sup>. İkincisi ise metabolik yönden aktif bir süreçtir<sup>13</sup>. Bu süreç sodyumun aktif transportu ve bikarbonat metabolizması ile yakın ilişkilidir<sup>13</sup>. Bu nedenle sodyum transportunu inhibe eden ilaçlar veya karbonik anhidraz enzimini bloke eden ajanlar BOS üretimini düşürür<sup>13</sup>.

BOS koroid pleksus tarafından salgılanır<sup>12</sup>. Ependim ve koroid pleksus kılcak damarları BOS üretimi ve salgısında etkin rol alır<sup>12</sup>. BOS dolaşımı arteriyel basınçla koreledir<sup>12,14</sup>. Solunum dalgaları, kişinin duruş pozisyonu, nabız basıncı ve fiziksel aktiflik gibi etkenler BOS dolaşımını modüle eder<sup>14</sup>.

Araknoid villuslar BOS için drenaj yolağını oluşturur. Venöz yapıyla bağlantılı olan bu yapılar 24 saatte yaklaşık 600 ml BOS tahliye eder<sup>12</sup>. Bazı deneysel çalışmalarda elde edilen veriler; spinal sinir kılıflarının, kribriform plakanın ve serebral arter adventisyalının BOS tahliyesine katkıda bulunduğu göstermektedir.

BOS 24 saatte bir yenilenmektedir. Devir hızının azalması veya tahliye yolağında aksaklık olması beyinde çeşitli birikimlere yol açmaktadır. Dinamik bir basınç sistemi olan BOS, kafa içi basıncının belirlenmesinde temel faktördür. Ortalama fizyolojik kafa içi basıncı bir yetişkin için 10-15 ml'dir. BOS tahliyesinin aksaması durumunda bu basınç artar.

## BOS DOLAŞIMI VE FİZYOLOJİSİ

BOS'un temel görevi kapalı bir kompartman içinde bulunan beyin ve omuriliğe bir yastık görevi yapmaktır<sup>15</sup>. BOS içeriğinin %99'u su olmakla birlikte kalan %1'lik oranda elektrolitler, proteinler, nörotransmitterler ve glukoz içerebilmektedir<sup>16</sup>. Bu özelliği neticesinde merkezi sinir sisteminin bazı metabolik ürünlerden temizlenmesinde ve bazı nörotransmitterlerin taşınmasında da rol oynadığı söylenebilir<sup>16</sup>.

BOS dolaşımı dinamik bir fenomendir ve serebral homeostazdan sorumludur<sup>12</sup>. BOS akışı salgı yerlerinden emilim bölgesine doğru ilerlerken ventriküler kavitelere tek yönlü rostrakaudal, subaraknoid boşluklarda çok yönlü bir akım gösterir<sup>12</sup>. BOS akımı pulsatildir ve koroidal arterlerdeki atımlara denk gelir<sup>12</sup>. Lateral ventriküllerde sentezlenen BOS buradan interventriküler foramen (foramen of Monro) aracılığıyla üçüncü ventriküle akar<sup>12</sup>. Buradan akuaduktus sylvii (cerebral aqueduct) aracılığıyla dördüncü ventriküle geçer<sup>12</sup>. Dördüncü ventrikülden foramen Luschka ve foramen Magendie aracılığı ile beyin ve omurilik etrafını çepeçevre saran bir boşluk görünümünde olan subaraknoid aralığa akar<sup>12</sup>.

BOS emilimi ise primer olarak araknoid villiler ve sinüsteki villiler (özellikle superior sagittal sinüs) tarafından yapılır<sup>3</sup>. Böylece BOS sistemik venöz dolaşıma dahil olur. Araknoid villi içerisinde bulunan özelleşmiş hücreler sinüs duvarının iç katmanıyla devam eden ve sıkı bağlantılar içeren endotel tabakası ile kaplıdır<sup>4</sup>. Bu sayede BOS basınç gradiyenti yönünde pasif emilime uğrar<sup>4</sup>. İntrakranial basınç belli bir eşik değerini üzerine çıkar ise emilim olur ve bu eşik altında emilim olmaz<sup>4</sup>. Az miktarda BOS'un olfaktör sinirler üzerindeki araknoid villiler aracılığıyla nazal submukozaya ve oradan da servikal lenf bezlerine drene oldukları gösterilmiştir<sup>4</sup>. Yine optik sinirler etrafında bulunan dura mater lenfatikleri aracılığıyla da servikal lenf bezlerine drene olabilmektedir<sup>4</sup>. Superior sagittal sinüs dışında kafa çiftlerinin etrafında da araknoid granülasyonlar bulunmaktadır ve bunlar da BOS'un lenfatik bezlere drene edilmesini sağlar<sup>4</sup>.

## HİDROSEFALİ EPİDEMİYOLOJİSİ

Hidrocefalinin insidans ve prevalansı bölgelere göre değişiklik göstermektedir ve genel popülasyondaki insidansı kesin olarak bilinmemektedir. Ancak izole

konjenital hidrocefalinin 1000 canlı doğumda 3-4 oranında görüldüğü bildirilirken başka bir hastalığa sekonder olarak ortaya çıkan hidrocefalinin 1000 canlı doğumda 1-1,5 oranında görüldüğü bildirilmiştir<sup>3</sup>. Semptomların belirsiz doğası nedeniyle normal basınçlı hidrocefalinin (NPH) prevalansını belirlemek zordur, ancak 70-79 yaş aralığındaki yaklaşık her 100.000 kişiden 181'inde olduğu tahmin edilmektedir<sup>5</sup>. Hidrocefali miyelomeningoseal (spina bifida) hastası bireylerde mortalite ve morbiditenin majör sebeplerinden biridir<sup>17</sup>.

Hidrocefali insidansındaki coğrafi bölgelere bağlı değişiklikler yapılan çalışmalar sonucunda gösterilmiştir. Sahra altı Afrika'da Warf ve ark. tarafından yapılan çalışmada yıllık insidansın infantlarda 225.000'in üstünde yeni hidrocefali vakası olarak görüldüğünü ve bunların çoğunun neonatal ve çocukluk çağı MSS (merkezi sinir sistemi) enfeksiyonlarından kaynaklandığını tahmin etmektedir<sup>10</sup>. Bu da yaklaşık olarak her 100.000 canlı doğumda 750 yeni hidrocefali vakasına denk gelmektedir. Buna karşılık Munch ve ark. Avrupa kohortunda yaptıkları çalışmada hidrocefalinin insidansını yakın zamanda her 100.000 canlı doğumda 110 yeni vaka olarak hesaplamıştır<sup>10</sup>.

Hidrocefalinin küresel anlamda topluma olan yükünün güvenilir bir şekilde ölçülmesi konusundaki belirsizliklerin nedenleri arasında halen nüfus temelli verilerin seyrek olması, tanımlama konusunda ortak bir tanıma varılmamış olması, yetersiz tanı ve raporlama, kaynak yetersizliği olan ortamlarda radyografik sınırlamaların olması yer almaktadır<sup>10</sup>. Ölçümü zor olmakla birlikte sorunun kapsamını anlamak, koordineli ve uluslararası bir halk sağlığı çabası gösterebilmek için önem arz etmektedir<sup>10</sup>. Bu özellikle çocukların yüksek risk altında olduğu ve toplumun büyük çoğunluğunu oluşturduğu düşük gelirli ülkeler için geçerlidir<sup>10</sup>.

## HİDROSEFALİ FİZYOPATOLOJİSİ

Erişkin bir bireyde günde yaklaşık 500 ml BOS üretilmektedir<sup>18</sup>. Yine aynı miktardaki BOS, tahliye mekanizmaları aracılığıyla tahliye edilmektedir. Bu mekanizmaların düzgün çalışmaması durumunda merkezi sinir sisteminde bulunan BOS miktarı artar. Bu da MSS basıncının artmasına sebep olur. Kafa içi basıncının artan BOS miktarı yüzünden artmasına hidrocefali denir.

Hidrocefali temelde üç yolla oluşur: (1) BOS dolaşım yollarında tıkanıklık, (2) BOS'nun aşırı üretimi, (3)

venöz drenajın ve emilimin bozulması<sup>18</sup>. BOS dolaşım yolları, ventriküler sistemde veya subaraknoid aralıkta tıkanabilir. Eğer ventriküler sistemde tıkanıklık olursa buna “nonkomünike hidrocefali”, subaraknoid mesafede tıkanıklık olursa buna “komünike hidrocefali” adı verilir<sup>19</sup>. Aşırı BOS üretimi ise genellikle koroid pleksus papillomlarında görülür. Papillomlar sadece BOS üretimini arttırarak değil aynı zamanda BOS dolaşım yollarını tıkayarak da hidrocefaliye neden olabilir. Venöz drenajın bozulması ise araknoid granülasyonlardaki basıncın artmasına ve dolayısıyla emilimin bozulması yoluyla hidrocefaliye neden olur<sup>20</sup>.

Salınım-emilim dengesi çoğunlukla bir tıkanıklığa bağlı olarak bozulmaktadır<sup>21</sup>. Tıkanıklığa sebep olarak enfeksiyon, tümör, kist veya skar dokusu sayılabilir<sup>21</sup>. Tahliye yollarının tıkanması sonucunda ventrikül basıncı artar ve ventrikül genişler<sup>21</sup>. Bu da kafa içi basıncının artmasına neden olur. Tıkanıklık en sık ventriküller arasındaki dar bağlantı noktalarında olur<sup>21</sup>. Örneğin akuaduktus sylvii oldukça dar bir kanal yapısına sahip olduğu için kolayca tıkanabilir ve hidrocefaliye neden olabilir<sup>21</sup>.

Konjenital olarak dördüncü ventrikül kanallarından biri yeterli miktarda gelişemeyebilir veya yanlış açılım gösterebilir. Bu nedenle BOS akışı bloke olur ve kontrol edilemez. Hidrocefalinin bu türüne “nonkomünike hidrocefali” denir<sup>5</sup>.

Konjenital olarak ventriküler aralıktan subaraknoid aralığa BOS geçişini kontrol eden mekanizma gelişemeyebilir. Bu durumda subaraknoid aralığa salınan BOS geri emileceği yüzeye ulaşamaz ve burada birikir. Bu hidrocefali türüne “komünike hidrocefali” denir<sup>5</sup>.

Hidrocefali beynin başka bir bölgesinde oluşan bir basınç farkı nedeniyle de oluşabilmektedir. Çoğunlukla çocuklarda görülen bu durumda en sık posterior fossaya yerleşen tümörlerin dördüncü ventriküle uyguladığı basınç sonucu kanalları sıkıştırdığı ve sekonder olarak hidrocefaliye neden olduğu görülmektedir.

## ETİYOLOJİ VE SINIFLANDIRMA

Hidrocefali konjenital (primer) veya edinilmiş (sekonder) nedenlerle ortaya çıkabilmektedir. Primer hidrocefali, merkezi sinir sistemindeki doğum kusurlarıyla ilişkili gelişimsel bozukluklardan da kaynaklanabilir. Primer hidrocefali nöral tüp

defektleri, araknoid kistleri, Dandy-Walker sendromu ve Chiari malformasyonu sonucu oluşabilir<sup>1</sup>.

Sekonder hidrocefalinin sebepleri arasında enfeksiyon, hemoraji ve travmatik hasarlanmalar yer alabilmektedir. Gelişmiş ülkelerde post-hemorajik hidrocefali (PHH) pediatrik hastalardaki sekonder hidrocefalinin en sık nedenlerindedir. PHH ise en sık intraventriküler hemorajiden (IVH) kaynaklanır. IVH'nin gestasyonun 37. Haftasından erken doğan prematürlerin %40'ını etkilediği tahmin edilmektedir<sup>1</sup>. Bunun beynin gelişmekte olan germinal matriksi boyunca uzanan küçük, hassas damarların yırtılmaya eğilimli olmalarından kaynaklı olduğu düşünülmektedir. Ayrıca gelişmekte olan ülkelerde menenjit gibi merkezi sinir sisteminin enfeksiyonları ependimal katmanın ve subventriküler bölge hücrelerinin enflamasyonuna, meninklerdeki BOS drenaj yollarının skarlaşmasına ve BOS akışında obstrüksiyona neden olarak post-enfeksiyöz hidrocefali (PIH) ile sonuçlanır<sup>1</sup>. Kafa yaralanmalarında BOS yapımında, akışında ya da drenajında yer alan nöronlar, glial hücreler ve kan damarları hasar görebilirler<sup>1</sup>. Travmatik beyin hasarı mevcut veya eski asker ve ordu görevlilerinde sık görülür ve yetişkinlerdeki post-travmatik hidrocefali sayısını arttıran bir durumdur<sup>1</sup>.

BOS'un normal akışı lateral ventriküllerden foramen Monroe aracılığıyla üçüncü ventriküle, serebral akuaduktus yoluyla dördüncü ventriküle ve Luschka ve Magendie foramenleri aracılığıyla subaraknoid boşluğa ilerler<sup>12</sup>. Farklı bir sınıflandırma olarak komünike ve non-komünike hidrocefali şeklinde bir sınıflandırma yapmamız mümkündür<sup>2</sup>. Komünike hidrocefalide BOS akışında bir tıkanıklık veya problem yoktur<sup>5</sup>. BOS'un normal drenaj yollarından emilememesi veya aşırı üretimi nedeniyle BOS birikmesi sonucu oluşur<sup>5</sup>. Non-komünike hidrocefalide ise normal BOS akışında bir tıkanıklık söz konusudur<sup>5</sup>. Bu sınıflandırmaların yanında BOS üretiminin artması veya drenajının azalması ve ventriküllerde genişleme olmasıyla meydana gelen normal basınçlı hidrocefali (NPH) de görülebilir<sup>8</sup>. Bu hidrocefali türü pediatrik hastalardan çok ileri yaşta hastalarda görülmektedir<sup>8</sup>. Diğer sınıflandırmaların yanı sıra "komünike" ve "non-komünike" gibi görünüşte basit tanı kriterlerine rağmen, gerçek şu ki hidrocefali hastaları arasında klinik heterojenlik yükü devam etmektedir<sup>1</sup>. Hidrocefaliyi ayrı kategoriler halinde tanımlama ve sınıflandırma girişimleri, "konjenital" veya "edinsel" gibi popüler kategoriler

dikkate alındığında kayda değer bir örtüşme olduğu için genellikle karışıklıkla sonuçlanmıştır<sup>1</sup>.

### Non-komünike hidrosefali

Non-komünike hidrosefali genellikle obstrüktif hidrosefali olarak da bilinir. Normal BOS akışındaki yollardan birinde bir tıkanıklık meydana geldiğinde ortaya çıkar<sup>5</sup>. Foramen Monroe'ya komşu olan bölgelerde gelişen çeşitli lezyonlar obstrüktif hidrosefaliye neden olabilir<sup>4</sup>. Bunlar araknoid, kolloid, dermoid, epidermoid kistler, tümörler (ependimomlar, subependimomlar, santral nörositomlar ya da glial tümörler) gibi intra- ve periventriküler kistleri içerir<sup>4</sup>. Bu lezyonlar sıklıkla unilateral ventrikülomegaliye neden olabilir<sup>4</sup>. Ayrıca, orta hat kayması oluşturan tek taraflı kitle lezyonları, sonunda foramen Monroe'yu kontralateral tıkayarak ipsilateral ventriküler basıya neden olduğu gibi kontralateral ventriküler dilatasyona da neden olabilir<sup>4</sup>. Bu bölgedeki hidrosefaliye neden olan en yaygın patoloji, genellikle üçüncü ventrikülün anterior kısmında yer alan, yavaş büyüyen, benign kistik lezyonlar olan kolloid kisttir<sup>5</sup>. Akvaduktus, üçüncü ve dördüncü ventrikül arasında uzanan dar bir kanaldır<sup>12</sup>. Bu kanalda enfeksiyon, tümör veya kanama nedeniyle tıkanıklık gelişebilir<sup>1</sup>. Tıkanıklık sonucu sıvı daha üst kısımlarda birikerek hidrosefaliye neden olabilir<sup>1</sup>. Akvaduktal stenoz hem yetişkinlerde hem de çocuklarda obstrüktif hidrosefalinin en yaygın sebeplerinden biridir ve konjenital ve edinilmiş biçimlerde olabilmektedir<sup>5</sup>. En sık akvaduktal stenoz ile sonuçlanan edinilmiş lezyonlar pineal bölge tümörleri (pineal bez tümörleri, tektum-tegmentum gliomları, tentorial meninjiyomlar, metastazlar), serebral vasküler malformasyonlar (örneğin Galen ven anevrizması), komşu intrakranial hemorajiler ve enfeksiyonlardır (menenjit/ventrikülitler)<sup>5</sup>.

Konjenital nedenler akvaduktal ağlar veya diyaframlar olabilir. Akvaduktal ağ konjenital veya inflamasyon kaynaklı olabilen bir membran oluşumudur<sup>5</sup>. Dördüncü ventrikülün foramen Luschka ve Magendie ve akvaduktus gibi bütün BOS yollarının tıkanması dördüncü ventrikülün genişlemesine neden olur<sup>5</sup>. Ancak ağ benzeri membranlarla foramen Luschka ve Magendie'nin primer obstrüksiyonu, non-komünike hidrosefalinin nadir görülen bir sebebidir<sup>5</sup>.

### Komünike hidrosefali

Komünike hidrosefalide normal BOS dolaşımında bir tıkanıklık olmadığı, BOS'un aşırı üretimi veya BOS

emiliminin yetersiz olması sonucunda hidrosefaliye yol açtığı kabul görmektedir. Günümüzde ise komünike hidrosefalinin obstrüksiyon ile veya obstrüksiyonsuz şekillerde ortaya çıkabileceği bilinmektedir<sup>7</sup>. Örneğin tüberküloz menenjitinde bazal sisterna eksüdalari, araknoid granülasyonları doldurup normal BOS dolaşımını tıkayabilir<sup>7</sup>. Bu durumda obstrüksiyonlu komünike hidrosefali şeklinde sınıflandırmak eski sınıflandırmaya kıyasla daha uygun olmaktadır<sup>7</sup>. Obstrüksiyonsuz komünike hidrosefali, artmış BOS üretimi (örneğin koroid pleksus papillomu) ve normal basınçlı hidrosefaliyi (NPH) içermektedir<sup>7</sup>.

BOS aşırı üretimi komünike hidrosefalinin en çok bilinen sebepleri arasındadır<sup>7</sup>. Koroid pleksus tümörleri (papilloma ve karsinoma), koroidin diffüz villöz hiperplazisi ve koroid pleksus hipertrofisi buna neden olabilir<sup>7</sup>. Menenjit gibi kranial enfeksiyonlar da BOS aşırı üretimi ve hidrosefali ile sonuçlanabilmektedir<sup>9</sup>. Literatürde bazı idiyopatik BOS aşırı üretimi olan vakalar da bildirilmiştir<sup>7</sup>. BOS aşırı üretiminden genellikle koroid pleksustaki patolojiler sorumludur<sup>7</sup>.

### Normal basınçlı hidrosefali (NPH)

Normal basınçlı hidrosefali (NPH) terimi ilk kez Hakim, Adams ve ark. tarafından 1965 yılında kullanılmış ve tanımlanmıştır<sup>9</sup>. Klinik triadı yürüme bozukluğu, ilerleyici demans ve idrar inkontinansı olan bir ileri yaş hastalığıdır<sup>5</sup>. NPH prevalansının 70-79 yaş aralığında 100.000 insanın 181,7'sinde görüldüğü düşünülmektedir<sup>5</sup>. Vakaların %50 sinde menenjit, subaraknoid hemoraji ya da kranial travma gibi bilinen bir nedene sekonder ortaya çıktığı, %50 sinde ise idiyopatik (iNPH) olarak ortaya çıkmaktadır<sup>5</sup>. Genellikle hayatın yedinci dekadında görülmektedir<sup>8</sup>. Her iki durumda da kadın ve erkekler eşit etkilenmektedir<sup>8</sup>.

Araknoid granülasyonlara kadar olan BOS dolaşım yollarında hidrosefaliye neden olabilecek bir engel bulunmadığından komünikan hidrosefali görünümündedir<sup>9</sup>. NPH'de BOS emiliminin bozulması ile ventriküllerde genişleme ve normal BOS basıncı görülmektedir<sup>5,9</sup>. Kronik hipertansiyon ve beyaz cevher hastalığı (yaşlanan beyinde doğal olarak ortaya çıkabilir) ventrikül duvarının kompliyansını arttıran periventriküler iskemiyeye ve kademeli olarak ventrikül genişlemesine neden olabilir<sup>5</sup>. Ventriküllerdeki genişlemeye (ventrikülomegali) Evans İndeksi ile bakılır. Evans İndeksi>0.3 olması bize ventrikülomegaliyi

düşündürür ve NPH tanısına yaklaştırır<sup>8</sup>. Ventrikülomegali dışlandığı zaman NPH semptomları non-spesifik hale gelmektedir<sup>8</sup>. Sonuçta çeşitli nedenlerle oluşan demans 70 yaş üstü bireylerin %35'inde, üriner inkontinans 60 yaş üstündeki kadınların %40'ında ve erkeklerin %20 sinde, yürüme bozukluğu 75 yaş üstü bireylerin %20 sinde görülmektedir<sup>8</sup>. Dolayısıyla Alzheimer hastalığı, atipik Parkinsonizm, Lewy cisimcikli demans, progresif supranükleer palsy ve vasküler demansı ayırıcı tanıda düşünmek gerekmektedir<sup>8</sup>.

### Diğer nedenler

Santral sinir sistemi malformasyonları hidrocefalinin diğer sık rastlanan nedenlerindedir<sup>1,4</sup>. Santral sinir sisteminin etrafını saran kafatası, omurlar, kaslar, bağlar ve bunun gibi birçok destek dokusunda var olabilecek bozuk alanlar omuriliğin bu bölgede korunmasız kalmasına yol açabilir. Bozuk bölgede omurilik etrafını saran zar yapıları bir kese halinde dışarıya doğru uzanım gösterebilir ve kimi zaman omurilik de bu kese içerisinde yer alabilir. Bu durumların tümüne nöral tüp defekti denmektedir<sup>22</sup>. Sıklıkla nöral tüp defektlerinin eşlik ettiği Chiari malformasyonunda beyin sapı ve serebellum spinal kanalın servikal kısmına doğru herniasyon yapmaktadır<sup>4</sup>. Bu BOS'un posterior fossadaki akımını bozarak hidrocefaliye neden olur<sup>4</sup>.

Miyelomeningosele vakalarının çoğunda hidrocefali de bu hastalığa eşlik etmektedir. Etiyolojisinde dördüncü ventrikül obstrüksiyonu, Chiari tip II malformasyonu veya eşlik eden akuaduktal stenoz yer alabilir<sup>4</sup>. Miyelomeningoselde bazen omurilik nöral tüp defekti oluşan bölgede dışarıdan görülebilir ve genellikle BOS buradan dışarıya sızabilir<sup>23</sup>. Merkezi sinir sistemine önemli ölçüde hasar verebilir ve genellikle Chiari tip II malformasyonu ve hidrocefaliyle birlikte meydana gelir<sup>4</sup>.

Dandy-Walker malformasyonu da etiyojide dikkate alınması gereken bir durumdur. Dördüncü ventrikülde posterior fossa kisti ve serebellar vermisin tam veya parsiyel agenezisi görülmektedir<sup>4</sup>. Foramen Luschka ve Magendie'lerin atrezisine bağlı hastaların %70-90'ında hidrocefali gelişmektedir<sup>4</sup>.

Rubella, CMV, toksoplazma, sifiliz gibi intrauterin enfeksiyonlar hidrocefaliye neden olabilirler<sup>4</sup>. Buradaki mekanizma ventriküler sistemin ependimal tabakasının ve subaraknoid boşluktaki meninklerin inflamasyonudur. Bu, BOS'un emilim bozukluğuna

ve/veya akuadukt veya bazal sistemler düzeyinde BOS akımının obstrüksiyonuna yol açabilir<sup>4</sup>.

### KLİNİK BULGU VE BELİRTİLER

Hidrocefalideki belirti ve bulgular, KİBAS ve ventriküllerdeki genişlemeden kaynaklanmaktadır<sup>4</sup>. Belirtiler genellikle baş ağrısı, bulantı, kusma gibi non spesifik ve etiyojiden bağımsızdır<sup>4,24</sup>. Yenidoğanda ve süt çocuğunda en belirgin gösterge ise kafa çevresindeki anormal büyümedir<sup>24</sup>. Yenidoğanda ve çocuklarda kranial sütürlerin halen açık olması ve kranial kemiklerin esnek yapısı sayesinde intrakranial basınç artışı gelişmeden baş çevresinde büyüme görülebilir<sup>24</sup>. Buna bağlı olarak makrosefali ve baş çevresinde artış görülür. Baş çevresi artışının ilerleyen evrelerinde fontaneler belirginleşerek bombe yapmış bir görünüm alır, kafatası ince ve parlak bir yapı kazanır ve yüzeyinde yer alan damarlar belirginleşir<sup>24</sup>. Bunlara ek olarak bebekte sürekli bir huzursuzluk hali, uykuya eğilim ve gözlerde batan güneş manzarası görünümü varsa hidrocefali akla gelmelidir<sup>15,24</sup>.

Üç yaş ve üzeri çocuklarda ise hidrocefali, fontanel kapandıktan sonra geliştirse, baş çevresinde büyüme yavaşlayacağından baş ağrıları ve KİBAS sık belirtiler arasındadır<sup>24</sup>. KİBAS'a bağlı olarak mide bulantısı ve kusma da daha sık görülmektedir. Kranial sütürlerin kapanması ile hastanın kliniğinin gidişatı kötüleşerek şuuru kapanabilmekte herniasyona doğru gidebilmektedir<sup>15,24</sup>. Kronik hidrocefalide KİBAS'a bağlı denge kurma, konuşma, yürüme gibi mental ve motor disfonksiyonlar ortaya çıkabilir<sup>15</sup>. Aynı zamanda 3 yaş üzerinde de altıncı veya üçüncü kranial sinirlerin bası altında kalmasına bağlı olarak papil ödemi, bulanık görme, gözlerde kaymaya bağlı batan güneş manzarası ortaya çıkabilir<sup>4,24</sup>. Üçüncü ve altıncı sinirlerin bası altında kalması ekstraoküler kaslarda pareziye neden olarak diplopi yapabilir<sup>4</sup>.

Erişkinlerde görülen NPH ise apraksi (yürüme bozukluğu), demans ve idrar inkontinansını içeren karakteristik semptom triadı vardır<sup>9</sup>. Yürüyüş bozukluğu en erken ortaya çıkan bulgudur. Hastalar özellikle denge kurmada ve merdiven inip çıkmada zorlanabilmektedir<sup>9</sup>. NPH'deki nöronal dejenerasyon muhtemelen genişlemiş ventriküller, bozulmuş kan-beyin bariyeri ve  $\beta$ -amiloid ve tau-proteini gibi nörotoksinlerin birikmesine yol açan azalmış BOS klirensinden kaynaklanmaktadır<sup>8</sup>. Bu nöronal dejenerasyon ilerleyen zamanda Alzheimer hastalığına doğru gidebilmektedir<sup>8</sup>.

## HİDROSEFALİ TANISI

Hidrosefali tanısı konulurken beynin çeşitli görüntüleme tekniklerinden yararlanılabilir. Yeni doğanda ultrasonografi (USG), taşınabilir olması ve iyonize radyasyon içermemesi nedeniyle ilk değerlendirmelerde tercih edilen bir tetkiktir<sup>4</sup>. Kısa zamanda uygulanabilmesi, basit ve ucuz bir teknik olması nedeniyle de tercih edilmektedir. Henüz gelişimini yeni tamamlamakta olan kafa kemikleri nedeniyle var olan fontanelerden rahatlıkla geçebilen ses dalgaları ventriküllerin görüntülenmesinde, dolayısıyla hidrosefalinin doğum öncesi, yenidoğan, sütçocuğu dönemlerinde teşhis edilmesinde ve takipte oldukça etkin bir yöntemdir<sup>1,4,24</sup>. Daha ileri yaşlarda fontanelerin ve açıklıkların kapanması ve kafa kemiklerinin de sertleşmeleri nedeniyle hidrosefalinin USG'nin etkinliği azalmaktadır<sup>4</sup>.

Daha ileri yaşlardaki hastalarda hidrosefali şüphesinin teyit edilmesi amacıyla bilgisayarlı tomografi (BT) veya manyetik rezonans görüntüleme (MRI) kullanılmaktadır<sup>4,5</sup>. BT beyin dokusuna X ışınları gönderilerek bilgisayar ortamında değerlendirilmesine dayanan hızlı ve güvenilir bir tetkiktir. Fakat dezavantajı hastanın radyasyona maruz kalmasıdır. Bu açıdan MRI'da radyo dalgaları ve manyetik alan kullanılarak vücut alanlarının taranması ve X ışını kullanılmıyor olması daha avantajlıdır<sup>4,5</sup>. Aynı zamanda MRI'da BOS akımını, anatomisini ve dolaştığı sistemleri görüntülemeye daha üstün bir tekniktir<sup>4,5</sup>.

Herhangi bir hidrosefali çeşidinde görülebilen tipik radyolojik özellikler şunlardır<sup>5</sup>:

1. Ön ve arka ventriküler boynuzların balonlaşması ile subaraknoid boşluğa oranla ventriküllerin genişlemiş olması (Evans indeksi >0.3)
2. Temporal ventriküler boynuzların dilatasyonu
3. Üçüncü ventrikül girintilerinin dilatasyonu
4. Mamillopontin mesafenin azalması
5. Korpus kallozumun yukarı doğru eğilmesi ve incilmesi
6. Periventriküler ak maddede MRI'da hiperintens (CT'de hipodens) alanların görülmesi akut hidrosefaliye işaret eden özelliklerdir.

## HİDROSEFALİ TEDAVİSİ

Hidrosefalinin günümüzde kullanılan en etkili

tedavisi şant (shunt) yöntemidir<sup>1,25</sup>. Şant sistemi yeni, yapay bir kanalı ifade eder<sup>25</sup>. Şantın bir ucu ventriküllerden BOS drene edebilecek şekilde yerleştirilirken diğer ucu ise hastaların büyük bir kısmında karın boşluğuna açılacak şekilde, karın boşluğunda emilim problemi olan bir kısım hastalarda ise kalp, mesane, safra kesesi, ureter gibi organlara da yerleştirilebilmektedir<sup>15,25</sup>. Hidrosefalinin diğer bir cerrahi tedavi şekli ise dikkatli olarak seçilmiş bir kısım komünike hidrosefali hastalarında şant cihazı yerleştirilmesine gerek kalmadan endoskopik 3. Ventrikülostomi (ETV) diye isimlendirilen tedavi tekniği ile üçüncü ventrikülün tabanını subaraknoid boşluğa ağızlaştırmak suretiyle BOS döngüsünün fizyolojik bir şekilde sürdürülmesi sağlanarak hidrosefali tedavisi gerçekleştirilmektedir<sup>1,25</sup>. Endoskopik ventrikülostomi yöntemi gelişen görüntüleme tekniklerinin yardımıyla son yıllarda efektif bir tedavi yöntemi olarak kullanılmaya başlanmıştır<sup>1,25</sup>.

## Şant (shunt) yöntemi

Şant sistemi temelde üç parçadan oluşur. Bunlar ventrikül kateteri, valf sistemi ve distal kateterdir<sup>15</sup>. Bunlara ayrıca açma-kapama cihazı, anti-sifon sistemi ve rezervuar da eklenebilmektedir<sup>15</sup>. Ventriküler kateter genellikle silikondan imal edilmiştir ve baryum kaplı olduğu için radyopaktır<sup>15</sup>.

Hidrosefali olgularının çoğunluğunda V-P şant tercih edilirken, ikinci sıklıkla V-A şant sistemi kullanılmaktadır<sup>1,15</sup>. Hidrosefali hastalarının V-P şant tedavisi ameliyathane koşullarında ve genel anestezi altında uygulanır<sup>19</sup>. Ameliyattan önce profilaktik antibiyotik yapılır<sup>19</sup>. İşlemin yapılacağı cerrahi saha steril olarak hazırlanır<sup>19</sup>. Steril örtüler yerleştirilir ve kesiler yapılır<sup>19</sup>. Şant kateteri cilt altından, cilt altı yağ dokusu içerisinden ilerletilir<sup>19</sup>. Kafatasına açılacak küçük bir delik sonrasında açığa çıkan beyinin zarları da kesile açıldıktan sonra kateterin ventrikül ucu ventriküllere doğru ilerletilir<sup>19</sup>.

Peritoneal uç karına uygulanan kesinin ardından karın boşluğuna serbest olarak bırakılır. Artık BOS peritondan emilerek kana geçebilecektir<sup>19</sup>. Kesi bölgelerinin kapatılmasını takiben sterilite için yara pansuman edilir<sup>19</sup>.

Hastaların takibi beyin ve sinir cerrahları, yardımcı sağlık ekibi tarafından yoğun bakım koşullarında yapılmaktadır<sup>17</sup>. Şantın verimli çalışmaması neticesinde gelişebilecek kafa içi basınç artışını gösteren bulgulara karşı oldukça dikkatli olunması

gerekmektedir<sup>4</sup>. Süt çocukları ve yeni doğanda takip bilinç düzeyi, uykuya eğilimin olup olmaması, kusma ve fontaneldeki gerginliğin kontrolü ile yapılır<sup>24</sup>.

### Şant uygulaması ardından gelişebilecek komplikasyonlar

Şant ile ilgili karşılaşılabilecek en önemli durumlardan biri şantın görevini yerine getirmemesidir<sup>4</sup>. Şant fonksiyon bozukluğunun semptomları yenidoğan döneminde, çocukluk ve erişkinlerden farklılıklar gösterir<sup>24</sup>. Yenidoğan döneminde görülen belirgin semptomlar fontanellerdeki şişkinlik, kafa derisi içerisinde seyreden toplar damarlarda belirginleşme, baş çevresinde hızlı artışın devam etmesidir. Sık sık kusma, süreklilik gösteren huzursuzluk hali ya da uyku halinin olması, yeme alışkanlıklarındaki değişiklikler (gıda alınımının azalması, vb.) gözlenir<sup>24</sup>. Eğer hastada kafatası büyümesi durmuşsa, yani kafa kemikleri arasındaki açıklıklar kapanmışsa öne çıkan semptomlar, fişkirir tarzda kusma, baş ağrısı, huzursuzluk halidir<sup>15</sup>. Şant takılmış büyük çocuklarda ve erişkinlerde uyku halinin artması ve baş ağrısının ortaya çıkması bir an önce müdahale etmek gerekliliğini gösterir. Eğer müdahale gecikilirse hasta gittikçe kötüleşir ve tablo komaya kadar ilerleyebilir<sup>15</sup>. Ve hatta müdahale edilmezse bu durum hastanın hayatını kaybetmesine neden olabilir<sup>15</sup>. Şant takılan tüm hastalarda görülebilecek diğer komplikasyonlar, şant enfeksiyonu ve buna bağlı şant hattında şişlik ve kızarıklık, yine enfeksiyona bağlı ateş yükselmesi, şant kateterlerinde tıkanma, şant pompasının uyumlu çalışmaması, karın bölgesinde BOS emiliminin yetersiz olmasına bağlı karında şişlik olması gibi durumlardır<sup>25</sup>. Şant komplikasyonları erken teşhis edilip hızlı müdahale edilirse başarılı bir şekilde tedavi edilebilir<sup>4</sup>.

### Endoskopik girişim

Endoskopik girişim, hidrocefali tedavisinde yeni bir yöntemdir. Bu cerrahi teknikte BOS'nın üçüncü ventrikül tabanında oluşturulacak bir yol ile omurilik içerisinde dolaşan BOS ile ilişkilendirilerek dolaşımını, dolayısıyla da emilimini sağlamak amaçlanmaktadır<sup>17</sup>.

Endoskopik girişim tekniğinin obstrüktif hidrocefali olarak adlandırılan, dolaşımın bir noktada tıkanıklık nedeniyle engellenmesiyle gelişmiş olan hidrocefalide uygulanması uygundur<sup>25</sup>. Oysaki bu yöntemin non obstrüktif hidrocefali olarak tanımlanan, tıkanıklığa bağlı olmayıp diğer sebeplerden dolayı gelişmiş hidrocefalide uygulanması tartışmalıdır<sup>4</sup>. Endoskopik girişimin başarıyla uygulanabilmesi ventrikül

genişliğinin tahmini beyin dokusu genişliğine kadar ulaşmış olmasına bağlıdır<sup>26</sup>. Birçok nöroşirürjiyen endoskopik girişimi 2 yaş altındaki çocuklar için ilk seçilecek tedavi yöntemi olarak görmez, çünkü bu yaş grubunda tedavi sonrası komplikasyon gelişme riski diğer yaş gruplarındakilerden daha yüksektir<sup>26</sup>.

Endoskopik girişim uygulamasını takiben erken dönemde gelişen istenmeyen etkiler, şant uygulamasından sonra erken dönemde gelişen istenmeyen etkilerden fazladır<sup>26</sup>. Ancak başarıyla uygulanmış bir endoskopik girişim hidrocefalideki şant gereksinimini azaltır ve böylece şanta bağlı gelişebilecek komplikasyonların da önüne geçilmiş olur<sup>26</sup>. Obstrüktif tip hidrocefalide özellikle çocuk ileri yaşta ise endoskopik girişim uygulaması şant uygulamasına en iyi alternatif hatta birçok hasta için en iyi yöntemdir<sup>4,25</sup>. Hastaya endoskopik girişimin mi yoksa şantın mı daha fazla yarar sağlayacağını belirleyebilmek için her hasta ayrı ayrı değerlendirilmelidir<sup>26</sup>.

## SONUÇ

Hidrocefali multifaktöriyel olarak ortaya çıkabilen, etiolojideki sebebe göre farklı klinik seyir gösterebilen bir hastalıktır. Hidrocefalinin pediatrik ve yetişkinlerde sık görülen tipleri de değişiklik göstermektedir. Hastanın ve hastalığın nitelikleri göz önünde bulundurularak bir tedavi süreci planlanmalıdır. Tedavide en sık görülen uygulama, şant uygulamasıdır. Fakat şant uygulamasındaki ortaya çıkabilecek komplikasyonların varlığı nedeniyle dikkatli olunmalıdır. Ayrıca son zamanlarda geliştirilen üçüncü ventrikülostomi tedavisi de kullanılabilir<sup>26</sup>.

Hidrocefalinin tek bir sınıflandırmaya tabii tutulması mümkün değildir. Literatürde bu hastalıkla ilgili çeşitli sınıflandırmalar birbirlerine entegre bir şekilde kullanılmaktadır. Bu konudaki çalışmalar ileride hidrocefaliye medikal ve non invaziv tedaviler geliştirilebilmesi açısından kıymetlidir.

**Yazar Katkıları:** Çalışma konsepti/Tasarımı: MT, SE, DMY; Veri toplama:-; Veri analizi ve yorumlama: MT, SE, DMY; Yazı taslağı: MT, SE, DMY; İçeriğin eleştirel incelenmesi: MT, SE, DMY; Son onay ve sorumluluk: MT, SE, DMY; Teknik ve malzeme desteği: -; Süpervizyon: DMY; Fon sağlama (mevcut ise): yok.

**Etik onay:** Çalışma bir derleme çalışması olduğu için etik onaya ihtiyaç yoktur.

**Hakem Değerlendirmesi:** Dış bağımsız.

**Çıkar Çatışması:** Yazarlar çıkar çatışması beyan etmemişlerdir.

**Finansal Destek:** Yazarlar finansal destek beyan etmemişlerdir.



**KAYNAKLAR**

1. Hochstetler A, Raskin J, Blazer-Yost BL. Hydrocephalus: historical analysis and considerations for treatment. *Eur J Med Res.* 2022;27:168.
2. ReKate HL. Classifications of hydrocephalus based on Walter Dandy and his paradigm. *Childs Nerv Syst.* 2023;39:2701-8.
3. Göçmen S, Çolak A. Pediatrik hidrosefali sınıflaması ve patofizyoloji. *Türkiye Klinikleri J Neurosurg-Special Topics.* 2015;5:4-10.
4. Canaz H, Alataş İ, Batçık OE, Akdemir AO, Baydın S. Erken çocuklukta hidrosefali. *Kafkas Tıp Bilimleri Dergisi.* 2013;3:88-95.
5. Farb R, Rovira A. Hydrocephalus and CSF disorders. In *Diseases of the Brain, Head and Neck, Spine 2020–2023: Diagnostic Imaging* (Eds J Hodler, RA Kubik-Huch, GK von Schulthess):23-29. Cham (CH), Springer, 2020.
6. Zaksaitė T, Loveday C, Edginton T, Spiers HJ, Smith AD. Hydrocephalus: A neuropsychological and theoretical primer. *Cortex.* 2023;160:67-99.
7. Agarwal A, Bathla G, Kanekar S. Imaging of communicating hydrocephalus. *Semin Ultrasound CT MR.* 2016;37(2):8-100.
8. Oliveira LM, Nitrini R, Román GC. Normal-pressure hydrocephalus: A critical review. *Dement Neuropsychol.* 2019;13(2):133-143.
9. Taşkın MM. Normal basınçlı hidrosefali: yeni kavramlar. *Dusunen Adam.* 2008;21:45-58.
10. Dewan MC, Rattani A, Mekary R, Glancz LJ, Yunusa I, Baticulon RE et al. Global hydrocephalus epidemiology and incidence: systematic review and meta-analysis. *J Neurosurg.* 2018;130:1065-79.
11. Rakunt C, Şahin C. Beyin omurilik sıvısı. *Türkiye Klinikleri Tıp Bilimleri Dergisi.* 1987;7:73-80.
12. Sakka L, Coll G, Chazal J. Anatomy and physiology of cerebrospinal fluid. *Eur Ann Otorhinolaryngol Head Neck Dis.* 2011;128:309-16.
13. Magram G, Liakos AM. Cerebrospinal fluid flow through an implanted shunt. *Neurol Res.* 2000;22:43-50.
14. Ucuz G. 3 tesla MRG'de faz kontrast tekniği ile serebral akuaduktusun normal BOS akım dinamiklerinin magnet spesifik belirlenmesi (Uzmanlık Tezi). İzmir, Ege Üniversitesi, 2014.
15. İzci Y. Şant Fizyolojisi. *Türk Nöroşirürji Dergisi.* 2013;23:195-201.
16. Severson M, Schaurich CG, Strecker-McGraw MK. Cerebrospinal fluid leak. In *StatPearls Treasure Island, FL, StatPearls Publishing,* 2023.
17. Norkett W, McLone DG, Bowman R. Current management strategies of hydrocephalus in the child with open spina bifida. *Top Spinal Cord Inj Rehabil.* 2016;22:241-6.
18. Oi S, Matsumoto S. Pathophysiology of nonneoplastic obstruction of the foramen of Monro and progressive unilateral hydrocephalus. *Neurosurgery.* 1985;17:891–6.
19. Chapman PH. Hydrocephalus in childhood. In *Neurological Surgery 2nd edition* (Ed JR Youmans):1236-67. Philadelphia, PA, Saunders, 1990.
20. Post EM. Shunt systems. In *Neurosurgery, 2nd ed* (Eds RH Wilkins, SS Rengachary):3645-53. New York, McGraw-Hill, 1996.
21. Serlo W, von Wendt L, Heikkinen ES, Heikkinen ER. Ball and spring or slit and core valve for hydrocephalus shunting?. *Ann Clin Res.* 1986;18(Suppl 47):103-6.
22. Erdem Y, Gürol A. Nöral tüp defektleri, hidrosefali/şanlı çocuk. *Türkiye Klinikleri J Pediatr Nurs-Special Topics.* 2015;1(3):15-22.
23. Ntimani J, Kelly A, Lekgwara P. Myelomeningocele :a literature review. *Interdiscip Neurosurg.* 2020;19:100502.
24. Düzgün MV, Erdem Y. Hidrosefalili çocuğa sahip ebeveynlerin yaşam kalitesi ve hemşirenin rolü. *Balikesir Sağlık Bilimleri Dergisi.* 2019;8:111-6.
25. Pople IK. Hydrocephalus and shunts: what the neurologist should know. *J Neurol Neurosurg Psychiatry.* 2002;73(Suppl 1):17-22.
26. Yıldırım K. Endoskopik üçüncü ventrikülostominin hidrosefali tedavisindeki yeri ve etkinliği (Uzmanlık tezi). Adana, Çukurova Üniversitesi, 2019.